الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية طب الأسنان
قسم تقويم الفكين والأسنان

تحري مقاومة الميناء لتشكل البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية عند تطبيق ليزر CO2: تجربة سريرية مضبوطة معشاة.

Evaluation of Enamel Resistance to White Spot Lesions Formation around Orthodontic Brackets after CO2 Laser Irradiation: A Randomized Controlled Clinical Trial.

أطروحة قُدمت إلى جامعة دمشق لنيل درجة الماجستير في اختصاص تقويم الأسنان والفكين

إعداد الباحثة: تقى رشاد رغيس

إشراف:
أ.م.د. غياث محمود
رئيس قسم تقويم الأسنان والفكين

المشرف المشارك:
أ.م.د. عمر حمادة
أستاذ مساعد في قسم طب الفم

2018 /1439

بسم الله الرحمن الرحيم

"وما أوتيتم من العلم إلا قليلاً"

تصريح

لا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة تم أخذه بالكامل من عمل آخر أو أنجز للحصول على شهادة أخرى في هذه الجامعة أو في أية جامعة اخرى أو أي معهد تعليمي آخر.

إهداء:

إلى معلم البشرية وأستاذ الرحمة والإنسانية ...

(سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم)

إلى أستاذي الأول وصديقي الصدوق وناصحي الأمين... إلى الجبين الذي تصبب عرقاً ليفرح قلبي... إلى من أهداني ربيع عمره وسواد شعره الأسود...

(أبي)

إلى التي هي كل شيء وأنا لولاها لا شيء.. إلى شمعة حياتي ورفيقة روحي وأختي وابنتي.....إلى ضحكتي ودمعتي..

(أمي)

إلى بلسم روحي..... إلى سندي وعزوتي في البأساء والضراء..

(أخوتي)

إلى معلمي وقدوتي ...إلى من سرى إخلاصه ونهجه في حياتي ... إلى من زرع في نفسي ما أفخر به من العلم والمبادئ والقيم السامية

(أستاذي: أ.م.د. غياث محمود)

إلى الشموع التي تحترق لتضيء الآخرين...إلى كل من علمني حرفاً ..

(أساتذتي الكرام)

إلى رفاق دربي وأجمل ما في حياتي

(أصدقائي)

الشكر:

أتوجه بالشكر أولاً و آخراً لله عز وجل، فالحمد لله حمداً يليق بجلال وجه وعظيم سلطانه.....

ثم أتوجه بالشكر إلى من لا يوفيه الشكر حقه.. أستاذي و معلمي **الأستاذ المساعد الدكتور غياث محمود رئيس تقويم الأسنان والفكين بكلية طب الأسنان في جامعة دمشق** ،و الذي أفتخر بإشرافه على هذا البحث وكان هذا أفضل ما حدث لي خلال سنوات دراستي ، فلم يبخل في تقديم النصح والإرشاد وكل ما فيه فائدتي مهما أثقلت عليه ومهما أنهكه التعب، تعلمت منه الكثير علماً وعملاً وتعاملاً فله مني كل الشكر والمحبة والتقدير.

وأتوجه بالشكر إلى **الأستاذ المساعد الدكتور عمر حمادة نائب عميد المعهد العالي لبحوث الليزر وتطبيقاته** الذي تشرفت بمشاركته في الإشراف على هذا البحث و لم يبخل بعلمه و لا بوقته للمساعدة في تصحيح و تصويب مسار هذه الاطروحة وإغنائها بتفكيره العلمي المبدع فله مني كل الشكر والاحترام.

وأتوجه بالشكر إلى **الأستاذة المساعدة الدكتورة رانيه حداد نائب عميد الكلية للشؤون العلمية** من زينت كليتنا بوجودها وزرعت في نفسي الكثير من العلم والمبادئ بابتسامتها وإشراقها وأتشرف بقبولها تحكيم هذا البحث فلها مني كل المحبة والاحترام.. و أتوجه بالشكر الجزيل **إلى الأستاذ المساعد الدكتور إياد الحفار** وأتشرف بقبوله تحكيم هذا البحث وإغنائه بملاحظاته وآرائه فله مني كل الشكر والتقدير.

ولا يفوتني أن أشكر هذه النخبة الرائعة التي لن تتكرر من الأساتذة الكرام في قسم تقويم الأسنان والفكين في جامعة دمشق: **أ.د. محمد يوسف، أ.م.د. أحمد برهان، أم.د. محمد حجير، أ.م.د. موفق عجاج، م.د. ندى راجح،** وأفتخر بما قدموه لي خلال سنوات دراستي من علم لا ينسى فلهم مني فائق التقدير والاحترام.

وأوجه شكري واحترامي إلى إدارة كلية طب الأسنان في جامعة دمشق متمثلة**: بالأستاذ الدكتور سالم الركاب** عميد الكلية ،**والأستاذ المساعد الدكتورة رانيه حداد** نائب العميد للشؤون العلمية، **والأستاذ الدكتور أسامة الجبان** نائب العميد للشؤون الإدارية لما قدموه لنا من دعم لمسيرة البحث العلمي فلهم مني كل العرفان.

وأخيراً أتوجه بالشكر لأصدقائي في قسم تقويم الأسنان والفكين لما قدموه لي من عون وأخص منهم: إسراء عزام- خلود الجوجو- دانيه بركات- حنين خليف- داني أبو سمرة-أسامة أبو عياش- آلاء الفوال- دانية عبود- تالار زيتونيان- بتول الزبيبي- راما حواصلي- أصيل الذهبي-فاطمة ساكي. وزملائي رشيد النملي- ريما حافظ- طلاب دفعتي وكل من ساهم لو بكلمة في إنجاز هذا البحث.

فهرس المحتويات:

المقدمة Introduction:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

أهداف البحث Aims of study: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

1- المراجعة النظرية Literature review:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

1-1 تعريف آفات البقع البيضاء ونسبة انتشارها لدى مرضى التقويم:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

2-1 دور الأجهزة التقويمية في تشكل آفات البقع البيضاء:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

3-1 طرق تشخيص آفات البقع البيضاء:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

1-3-1 الفحص السريري Clinical examination:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

2-3-1 الفحص بالتصوير Photographic examination: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

3-3-1 الطرق البصرية غير المتألقة Optical Nonfluorescent Methods: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

4-3-1 الطرق البصرية المتألقة Optical Fluorescent Methods: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

5-3-1 جهاز مرقاب النخر الكهربائي Electrical Caries Monitor (ECM): .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

6-3-1 الطرق المجهرية Microscopic Methods:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

Caries Model: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

In situ caries model:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

4-1 طرق الوقاية من تشكل آفات البقع البيضاء لدى مرضى التقويم:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

1-4-1 إجراءات الصحة الفموية:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

2-4-1 تطبيق الفلورايد:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

3-4-1 تطبيق المادة السادة للشقوق والوهاد (السيلانت): .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

4-4-1 تطبيق Casein Phosphopeptides Amorphous Calcium Phosphate:خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

5-4-1 تطبيق الراتنج المرتشح (ICON®) : .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

6-4-1 الليزر: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

1-6-4-1 تفاعل الليزر مع النسج السنية: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

2-6-4-1 آلية تأثير الليزر في تثبيط نقص التمعدن: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

3-6-4-1 أنماط الليزرات المستخدمة في الوقاية من آفات نقص التمعدن: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

4-6-4-1 ليزر ثاني أكسيد الكربون CO2: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

5-6-4-1 آلية تأثير ليزر CO2 في زيادة مقاومة الميناء لنقص التمعدن:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

6-6-4-1 بارامترات ليزر CO2 المستخدمة في زيادة مقاومة الميناء لنقص التمعدن:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

7-6-4-1 تلخيص الدراسات السابقة وتبرير القيام بالبحث الحالي:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

2- المواد والطرائق: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

1-2 تصميم الدراسة Study design:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

2-2 مكان البحث Place of the study:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

2-3 عينة الدراسة Study sample:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-3-1 تقدير حجم العينة Estimation of the study sample:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-3-2 جمع العينة Sample Collection:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-3-3 معايير التضمين:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-3-4 معايير الإقصاء: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-3-5 التخصيص والتوزع العشوائي للعينة Allocation and Randomization of the sample: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-4 المواد المستخدمة في البحث Materials of the study:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-5 طرائق البحث Methods of the study: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-5-1 المتغيرات المدروسة لتقييم تشكل البقع البيضاء وطريقة قياسها: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-5-2 أزمنة تقييم المتغيرات المدروسة:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-5-3 التعمية Blinding:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-5-4 الدراسة الإحصائية Statistical analysis.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-5-4-1 الإحصاء الوصفي:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-5-4-2 فرضيات البحث:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2-5-4-3 الاختبارات الإحصائية:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3 – النتائج Results:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-1 مقارنة تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر:خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-1-1 نتائج تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة: . خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-1-2 دراسة تأثير المجموعة المدروسة على تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري في عينة البحث:خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-2 مقارنة تشكل البقع البيضاء بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر على الصور الفوتوغرافية:... خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-2-1 نتائج تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:.. خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-2-2 دراسة تأثير المجموعة المدروسة على تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية في عينة البحث:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-3 درجة تشكّل البقع البيضاء حسب Geiger في كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة: ..... خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-3-1 نتائج درجة تشكل البقع البيضاء حسب Geiger في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة: خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-3-2 دراسة دلالة الفروق بين درجات تشكل البقع البيضاء حسب مشعر Geiger في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:
.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-4 نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح السني المدروس على الصور الفوتوغرافية:خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

3-4-1 التأكد من دقة قياس نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-4-2 نتائج قياس مقدار نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-4-3 دراسة دلالة الفروق في نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-5) دراسة درجة انخساف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-5-1) نتائج درجة انخساف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة: ...خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3-5-2) دراسة دلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4- المناقشة Discussion:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4-1 مناقشة هدف البحث:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4-2 مناقشة طريقة العمل: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
قوة الدراسة:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4-3 مناقشة نتائج الدراسة: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4-3-1 دراسة تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4-3-2 دراسة تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4-3-3 دراسة درجة البقع البيضاء حسب Geiger على الصور الفوتوغرافية:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4-3-4 دراسة نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح السني المدروس على الصور الفوتوغرافية: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4-3-5 دراسة درجة انخساف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent Pen:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
5- الاستنتاجات Conclusions:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
6-1 المقترحات Suggestions: .....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
6-2 التوصيات Recommendations:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
7- المراجع Refferences:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
8- الملخص:.....خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

قائمة الجداول:

جدول رقم 2 1: يبين بارامترات ليزر CO2 المستخدم في البحث. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 2 2: يبين دلالة القراءات الرقمية لجهاز DIAGNOdent: .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 1: يبين الإحصاء الوصفي لتشكل البقع البيضاء في الفحص السريري في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.. **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 2: يبين نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياً بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة خلال أزمنة المراقبة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 3: يبين نتائج اختبار كاي مربع لدلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياً بين المجموعتين لكل من الجهتين اليمنى واليسرى خلال أزمنة المراقبة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 4: يبين نتائج اختبار كاي مربع لدلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياً بين المجموعتين لكل من الفكين العلوي والسفلي خلال أزمنة المراقبة.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 5: نتائج اختبار Cochran's Q للعينات المترابطة لدراسة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياُ بين أزمنة المراقبة في كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 6:) نتائج اختبار دان بتصحيح بونفيروني للمقارنات الثنائية لدراسة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياً بين أزمنة المراقبة في كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 7: يبين الإحصاء الوصفي لتشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة...**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 8: يبين نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة خلال أزمنة المراقبة .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 9:) يبين نتائج اختبار كاي مربع لدلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية بين المجموعتين لكل من الجهتين اليمنى واليسرى خلال أزمنة المراقبة.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 10: يبين نتائج اختبار كاي مربع لدلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية بين المجموعتين لكل من الفكين العلوي والسفلي خلال أزمنة المراقبة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 11: نتائج اختبار Cochran's Q للعينات المترابطة لدراسة الفروق في تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين أزمنة المراقبة في كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

جدول رقم 3- 12: نتائج اختبار دان بتصحيح بونفيروني للمقارنات الثنائية لدراسة الفروق في تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين أزمنة المراقبة في كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 13: يبين الإحصاء الوصفي لدرجة تشكل البقع البيضاء حسب Geiger في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 14: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر خلال أزمنة المراقبة.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 15: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U للعينات المستقلة لدلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في كل من الجهتين اليمنى واليسرى خلال أزمنة المراقبة.**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 16: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U للعينات المستقلة لدلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر في كل من الفكين العلوي والسفلي خلال أزمنة المراقبة.**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 17: يبين نتائج اختبار Friedman للعينات المترابطة لدلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين أزمنة المراقبة في المجموعتين.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 18: يبين نتائج المقارنات الثنائية بتصحيح بونفيروني لدلالة الفروق في درجات البقع البيضاء حسب Geiger بين أزمنة المراقبة في المجموعتين. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 19: يبين نتائج حساب معامل الارتباط البيني ICC بين قيم نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في القراءتين الأولى والثانية. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 20: يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 21: يبين نتائج اختبار Kolmogorov-Smirnov لمعرفة طبيعة توزع قيم نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 22: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في نسب مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 23: يبين نتائج اختبارMann-Whitney U لدلالة الفروق في نسب مساحة البقع البيضاء بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في كل من الجهتين اليمنى واليسرى.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 24: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في نسبة مساحة البقع البيضاء بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في كل من الفكين العلوي والسفلي. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 25: يبين نتائج اختبار Friedman للعينات المترابطة لدلالة الفروق في نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السن على الصور الفوتوغرافية بين المجموعتين خلال أزمنة المراقبة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 26: يبين نتائج المقارنات الثنائية بتصحيح بونفيروني لدلالة الفروق في نسب مساحة البقع البيضاء بين أزمنة المراقبة في المجموعتين. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 27: يبين الإحصاء الوصفي لدرجات خسف الملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

جدول رقم 3- 28: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent بين المجموعتين خلال أزمنة المراقبة.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 29: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في الجهتين اليمنى واليسرى بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 30: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في الفكين العلوي والسفلي بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 31: يبين نتائج اختبار Friedman للعينات المترابطة لدلالة الفروق في درجة خسف الأملاح بين فترات المراقبة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 32: يبين نتائج المقارنات الثنائية لدراسة الفروق في درجة خسف الأملاح بين أزمنة المراقبة في المجموعة الشاهدة. ..**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
جدول رقم 3- 33: يبين نتائج المقارنات الثنائية لدراسة الفروق في درجة خسف الأملاح بين أزمنة المراقبة في مجموعة الليزر.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

قائمة الأشكال:

شكل رقم 1- 1: يبين آفات البقع البيضاء التي تعبر عن نقص تمعدن الميناء على السطوح الدهليزية للقواطع العلوية حول أماكن الحاصرات التقويمية بعد انتهاء المعالجة (McCabe et al., 2011). .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 1- 2: A) وجود آفات بقع بيضاء قبل البدء بالمعالجة التقويمية رغم الصحة الفموية الجيدة. B) تطور آفات بقع بيضاء جديدة خلال المعالجة التقويمية (Heymann and Grauer 2013). .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 1- 3: درجات تطور الآفة النخرية حسب مشعر ICDAS (Topping and Pitts 2009)**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 1- 4: درجات تطور الآفة حسب مشعرICDAS وارتباطها بالتطور النسيجي (Topping and Pitts 2009)**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 1- 5: مشعر ICDAS و Nyvad المستخدمة في الفحص السريري (Nogueira and Bussaneli 2017).**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 1- 6 : مشعر Gorelick لتحديد شدة آفات البقع البيضاء بالاعتماد على الامتداد السريري للآفة (Torlakovic et al., 2012) .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 1- 7: مشعر Geiger لتحديد وجود وشدة آفات البقع البيضاء بالاعتماد على المساحة السريرية للآفة (Geiger et al., 1988). .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 1- 8: A) الكاميرا الرقمية المستخدمة للتصوير مع الفلاتر ثنائية الأقطاب لتقليل انعكاس الفلاش على السطح السني. B) صورة ملتقطة للقواطع العلوية بدون استخدام الفلاتر حيث يظهر انعكاس الفلاش على سطح الأسنان والذي يمكن أن يُشخص بشكل خاطئ على أنه آفة ظليلة.C) صورة ملتقطة لنفس القواطع العلوية مع استخدام الفلاتر ثنائية الأقطاب (Benson 2008).**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

شكل رقم 1- 9: مثال لصور FOPTI: A) لايوجد ظلالية ، B) ظلالية رمادية ضيقة ضمن الميناء، C) ظلالية واسعة ضمن الميناء،D) ظلالية لنخر أقل من 2 ملم ضمن العاج، E) ظلالية لنخر أكبر من 2 ملم ضمن العاج (Gomez 2015).**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 1- 10 :جهاز DIAGNOdent لشركة kavo الألمانية. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 1- 11: جهاز DIAGNOdent Pen لشركة Kavo الألمانية. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 1- 12: A) جهاز QLF المصدر الضوئي ومعدات التصوير المرافقة. B) صورة ملتقطة لضاحك مقلوع بواسطة QLF حيث تظهر المناطق الأقل امتصاص للضوء كبقع داكنة (الحاصرة وآفات نقص التمعدن حولها) (Benson 2008).**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 1- 13: يبين صور ملتقطة بال QLF وارتباطها مع التطور النسيجي للآفة (Gomez 2015).**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 1- 14: يبين صور الQLF الملتقطة قبل وبعد نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية، حيث يظهر نقص تمعدن واضح حول الكومبوزيت التقليدي (المجموعة الشاهدة) ونقص تمعدن أصغري حول الاسمنتات اللاصقة لمحررة للفلور (McCabe et al., 2011).
.....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 1: تقدير حجم العينة باستخدام برنامج G power .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 2: الأدوات التقويمية المستخدمة خلال البحث. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 3: القبضة بظيئة السرعة وفراشي تنظيف السطوح السنية المستخدمة في البحث. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 4: حاصرات Votion المستخدمة في البحث. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 5: الحمض المخرش المستخدم في البحث. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 6: كومبوزيت إلصاق الحاصرات المستخدم في البحث. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 7: جهاز ليزر CO2 والبارامترات المستخدمة في البحث. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 8: a) النظارات الواقية للعين، b) القبضة المستخدمة لتوصيل أشعة الليزر. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 9: الكاميرا الرقمية المستخدمة في البحث. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 10: جهاز DIAGNOdent Pen 2190 المستخدم في البحث. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 11: يوضح القيمة اللحظية Moment Value والقيمة الذروية Peak Value لجهاز DIAGNOdent Pen المستخدم في البحث. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 12: طريقة المسح الليزري الموصوفة من قبل (Esteves-Oliveira et al., 2017) لتشعيع سطح الميناء ببقع متجاورة متراكبة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 13: توجيه قبضة الليزر عمودياً على السطح الدهليزي والتشعيع بطريقة المسح الليزري باتجاه عقارب الساعة مع تغطية كامل سطح الميناء المحيط بالحاصرات. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 14: يبين مشعر Geiger لتقييم درجة البقع البيضاء المتشكلة في الصور الضوئية. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 15: a) البقع البيضاء المتشكلة على السطح الدهليزي ل 43، b) مساحة البقعة البيضاء المحددة باستخدام برنامج AutoCAD 2014, c) مساحة السطح الدهليزي للسن المدروس. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
شكل رقم 2 16: الفحص بواسطة جهاز DIAGNOdent Pen. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

شكل رقم 3- 1:صورة لمريض من عينة البحث عند زمن التقييم T3. a) آفات البقع البيضاء المتشكلة على الناب السفلي الأيمن والضاحك الأول السفلي الأيمن في المجموعة الشاهدة. B) الأسنان السليمة في الجفك السفلي الأيسر لدى نفس المريض في مجموعة الليزر..
.....**خطأ!**
الإشارة المرجعية غير معرّفة.

قائمة المخططات:

مخطط رقم 2 1: يبين المخطط التدفقي لتوزع مرضى عينة البحث. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
مخطط رقم 2 2: يمثل النسبة المئوية لتوزع مرضى عينة البحث وفقاً لجنس المريض. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
مخطط رقم 2 3: يمثل المتوسط الحسابي لأعمار المرضى في عينة البحث وفقاً لجنس المريض. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
مخطط رقم 2 4: يمثل النسبة المئوية لتوزع الأسنان المشمولة في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
مخطط رقم 2 5: يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً لجهة التوضع (يمين/يسار) والمجموعة المدروسة.**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
مخطط رقم 2 6: يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً لمكان التوضع (علوي/ سفلي) والمجموعة المدروسة.**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

مخطط رقم 3- 1: يمثل نتائج تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري في عينة البحث خلال أزمنة المراقبة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

مخطط رقم 3- 2: يمثل نتائج تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث خلال أزمنة المراقبة.**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

مخطط رقم 3- 3: يبين النسبة المئوية لدرجة تشكل البقع البيضاء حسب Geiger في المجموعة الشاهدة خلال أزمنة المراقبة**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

مخطط رقم 3- 4: يمثل النسبة المئوية لدرجة تشكل البقع البيضاء حسب Geiger في مجموعة الليزر خلال أزمنة المراقبة.**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

مخطط رقم 3- 5: يمثل المتوسط الحسابي لنسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

مخطط رقم 3- 6: يمثل نتائج درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في المجموعة الشاهدة خلال أزمنة المراقبة. .....**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

مخطط رقم 3- 7: يمثل نتائج درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في مجموعة الليزر خلال أزمنة المراقبة. .**خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

قائمة الاختصارات:

RCT	تجربة مضبوطة معشاة Randomized Contrololled Trial

WSLs	آفات البقع البيضاء White Spot Lesions
ICDAS	المشعر الدولي لكشف وتقييم النخر International Caries Detection and Assessment System
OCM	جهاز مرقاب النخر البصري Optical Caries Monitor
FOPTI	Fiber Optic Transillumination
QLF	التألق الكمي المحدث بالضوء Quantitative Light Induced Fluorescence
ECM	مرقاب النخر الكهربائي Electrical Caries Monitor
TMR	التصوير المجهري المستعرض Transverse Micro Radiography
PLM	المجهر الضوئي المستقطب Polarized Light Microscopy
SEM	المجهر الالكتروني الماسح Scanning Electron Microscopy
CAP-ACP	casein phosphopeptides- amorphous calcium phosphate
ICON	الراتنج المرتشح
PS-OCT	polarization-sensitive optical coherence tomography
FT	Fourier transform - Raman Spectroscopy
SMH	اختبار القساوة المجهرية السطحية Surface Micro-Hardness
CLSM	Confocal Laser Scanning Microscopy
EDS	energy dispersive X-ray spectrometry
EDXRF	Energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry Measurements
XRD	انكسار الأشعة X-Ray Diffraction

المقدمة

Introduction

المقدمة Introduction:

إن نقص تمعدن الميناء أو تشكل آفات البقع البيضاء White spot lesions (WSLs) يعتبر أحد الآثار الجانبية الأكثر شيوعاً للمعالجة التقويمية الثابتة. وهي تظهر كخطوط بيضاء أو كسطوح واسعة من نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية، وفي حال لم يُعاد تمعدنها تبقى كندبات واضحة على سطوح الأسنان بعد إنهاء المعالجة التقويمية مما يخيب آمال المريض ويؤثر على نتائج المعالجة التقويمية التي تهدف بالأساس إلى تحسين الناحية الجمالية للمريض (Zabokova-Bilbilova et al., 2014).

يمتلك معظم مرضى التقويم أماكن مثبتة للويحة بسبب سوء ارتصاف الأسنان كما أن وجود الحاصرات والأطواق والأسلاك التقويمية يصعب على المريض الوصول إلى جميع سطوح الأسنان لتنظيفها مما يسبب تراكم اللويحة المطول على سطوح الأسنان ويعيق العناية الفموية المنزلية المناسبة ويتفاقم الوضع في حال عدم وجود تعاون وعناية فموية كافية من قبل المريض (Lopatiene et al., 2016).

تتشكل البقع البيضاء خلال شهر من بدء المعالجة التقويمية في حال غياب العناية الفموية الجيدة (Øgaard 2008) حيث يكون تشكلها متسارعاً خلال الأشهر الستة الأولى من المعالجة ثم تصبح أبطأ بعد ذلك (Tufekci et al., 2011)، لذا تعتبر الوقاية المبكرة من تشكل البقع البيضاء أحد أهم أهداف المعالجة التقويمية الحديثة (Lopatiene et al., 2016).

قامت العديد من المحاولات للوقاية من تشكل البقع البيضاء خلال المعالجة التقويمية إلا أن الأبحاث السريرية والمراجعات المنهجية المذكورة في الأدبيات فشلت في الوصول إلى دليل كافٍ حول التطبيق الوقائي الأكثر فعالية باستثناء الفلورايد (Bergstrand and Twetman 2011). لكن بالرغم من الفعالية المثبتة للمضامض ومعاجين الأسنان الحاوية على الفلورايد، إلا أن اعتمادها على تعاون المريض يحد من فعاليتها، لذا تعتبر الطرق الوقائية التي لا تعتمد على تعاون المريض هي الأكثر فعالية (Mirhashemi et al., 2016). من أجل ذلك ركزت الأبحاث السريرية على التطبيق الموضعي للفلورايد دون الاعتماد على تعاون المريض وأثبتت دوره كإجراء وقائي فعال خلال المعالجة التقويمية (Bergstrand and Twetman 2011) ، إلا أن الفلورايد الموضعي كي يكون فعالاً في تثبيط نقص التمعدن يجب أن يحافظ على تركيز ثابت ضمن الحفرة الفموية (Tenuta et al., 2008) مما يتطلب المتابعة الدورية.

ركزت الأبحاث في الفترة الأخيرة على تطبيق الليزر للوقاية من نقص التمعدن كونه يعتمد في دوره الوقائي على تعديل بنية السن وجعله أكثر مقاومة للحموض دون أي اعتماد على تعاون المريض، وطُبق في هذا المجال عدة أنماط من حزم الليزر إلا أن ليزر CO2 يعتبر الأكثر فعالية بينها بسبب امتصاصه العالي من

قبل الهيدروكسي أباتيت في النسج السنية (Rodrigues et al., 2004). وقد أثبتت فعاليته في تثبيط نقص التمعدن في الدراسات المخبرية بنسبة عالية وصلت إلى 98% (Hsu et al., 2000)، إلا أن الدراسات السريرية التي أجريت حول فعاليته في تثبيط نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية اقتصرت على الضواحك المعدة للقلع حيث تحرت تأثيره بطرق مخبرية كقياس القساوة المجهرية أو قياس مقدار خسارة الأملاح.

حسب المعلومات المتوفرة، لا توجد دراسة سريرية حتى الآن تحرت فعالية ليزرCO2 بالطرق السريرية في الوقاية من تشكل البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية.

أهداف البحث

Aims of study

أهداف البحث Aims of study:

يهدف البحث إلى تحري الفعالية السريرية لليزر CO2 في تثبيط تشكل البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية من خلال دراسة ما يلي:

1) تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري.
2) تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية.
3) درجة تشكل البقع البيضاء حسب مشعر Geiger في الصور الفوتوغرافية.
4) نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح السني الدهليزي للسن المدروس في الصور الفوتوغرافية.
5) درجة انخساف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent Pen.

وذلك بمقارنة مجموعة الأسنان التي تم تشعيعها بالليزر (المجموعة التجريبية) مع مجموعة الأسنان الشاهدة لدى نفس المريض باتباع طريقة شطر الفم Split mouth technique.

الباب الأول

المراجعة النظرية

Literature review

1- المراجعة النظرية Literature review:

1-1 تعريف آفات البقع البيضاء ونسبة انتشارها لدى مرضى التقويم:

عُرِف مصطلح آفات البقع البيضاء white spot lesions لأول مرة من قبل Fejerskov على أنها "المظهر البدئي لتشكل الآفة النخرية في الميناء والتي يمكن رؤيتها بالعين المجردة" (Kidd and Fejerskov 2004).

تعرف أيضاً آفات البقع البيضاء على أنها "زيادة مسامية الطبقة تحت السطحية للميناء الناجمة عن انخساف الأملاح النخري" والتي تظهر" كظلالية بيضاء حليبية "عندما تتوضع على السطوح الملساء. وهي مناطق من نقص التمعدن الموضعي للميناء دون تشكل تجاويف (Sundararaj et al., 2015). (الشكل رقم 1-1).



شكل رقم 1- 1: يبين آفات البقع البيضاء التي تعبر عن نقص تمعدن الميناء على السطوح الدهليزية للقواطع العلوية حول أماكن الحاصرات التقويمية بعد انتهاء المعالجة (McCabe et al., 2011).

تظهر الآفات النخرية البدئية في الميناء سريرياً كبقع بيضاء ظليلة وتكون هذه المنطقة أكثر طراوة بقليل من الميناء المجاور السليم. حيث لوحظ أن انخساف الأملاح الميناني البدئي يحدث على مرحلتين (Sundararaj et al., 2015):

المرحلة الأولى: نقص قساوة السطح: وتتصف هذه المرحلة بانحلال المادة بين الموشورية حيث تكون خسارة الأملاح واضحة في سطح الميناء.

المرحلة الثانية: الآفة تحت السطحية: يحدث الانحلال بشكل أساسي في الجزء العميق من الميناء. حيث يغطى جسم الآفة منخسف الأملاح بطبقات مسامية لكن مازالت متمعدنة. أي تعتبر آفات البقع البيضاء هي مرحلة سابقة للنخر الميناني الصريح (Sundararaj et al., 2015).

يُفسر المظهر الأبيض لهذه الآفات بظاهرة بصرية ناجمة عن خسارة الأملاح في الطبقة السطحية وتحت السطحية للميناء، حيث يبدأ انحلال البلورات المينائية بانخساف أملاح الطبقة تحت السطحية للميناء مما يخلق مسامات بين المواشير المينائية. إن التبدل في انعكاسية المنطقة المصابة ناتج عن كل من خشونة السطح وفقدان لمعان السطح واختلاف الانعكاسية الداخلية مما يؤدي إلى زيادة مرئية في ظلالية الميناء عندما تبعثر مسامات الميناء المصاب الضوء أكثر من الميناء السليم (Gorelick et al., 1982; Ogaard 1989).

يمكن لآفات البقع البيضاء أن تظهر حول الحاصرات التقويمية بشكل مبكر خلال شهر من إلصاق الحاصرات على الرغم من أن تشكل النخر الصريح يحدث عادة خلال ستة أشهر. تظهر هذه الآفات عادة على السطوح الدهليزية للأسنان حول الحاصرات التقويمية خاصة في المنطقة اللثوية (Mattousch et al., 2007) ، حيث يعتبر الثلث اللثوي من السطح الدهليزي للرباعيات العلوية هو الأكثر إصابة بالبقع البيضاء، بينما يعتبر القطاع الخلفي العلوي الأقل تأثراً، كما أن نسبة انتشارها لدى المرضى الذكور أكثر من الإناث (Chapman et al., 2010).

ذكر Tufekci وآخرون في دراسته السريرية أن عدد البقع البيضاء المتشكلة يزداد بشكل متسارع خلال الأشهر الستة الأولى من المعالجة التقويمية ليستمر في الازدياد بشكل أبطأ بعد ذلك حتى 12 شهر، لذا يعتبر التقييم الدوري للصحة الفموية ضرورياً خلال الأشهر الأولى من المعالجة (Tufekci et al., 2011).

بينما ذكر Mizrahi وآخرون أن البقع البيضاء يمكن أن تتشكل على كل من السطوح الدهليزية واللسانية للأسنان وتوجد زيادة واضحة في نسبة تشكلها على الثلثين اللثوي والمتوسط من تيجان الأسنان. تظهر البقع البيضاء غالباً على الضواحك العلوية والسفلية، الأرحاء الأولى، الرباعيات العلوية والسفلية والأنياب السفلية حول قاعدة الحاصرات أو بين الحاصرات والأطواق والحفاف اللثوي في الثلث اللثوي والثلث المتوسط من الأسنان (Mizrahi 1982).

إن تواتر تشكل آفات البقع البيضاء لدى مرضى التقويم بالترتيب التالي: الرباعيات العلوية، الأنياب، الضواحك الأولى، الضواحك الثانية، القواطع المركزية. وأظهرت الدراسات الأخرى السابقة نتائج مشابهة ماعدا بعض الدراسات التي ذكرت أن تشكل البقع البيضاء على القواطع المركزية العلوية أكثر تواتراً من الضواحك الثانية العلوية. ولم يُذكر وجود فروق جوهرية في تشكل وانتشار البقع البيضاء بين الجهتين اليمنى واليسرى للفكين العلوي والسفلي (Ogaard et al., 1988; Adebayo et al., 2008).

يوجد تباين واضح في نسبة انتشار آفات البقع البيضاء المذكورة بين الدراسات حيث تتراوح النسبة الإجمالية لانتشارها لدى مرضى التقويم بين 2% إلى 96% ويُعزى هذا التباين إلى اختلاف طريقة التشخيص المستخدمة (Mitchell 1992; Mizrahi 1982).

ذكر Gorelick وزملاؤه باستخدام الفحص البصري أن 50% من المرضى لديهم آفة أو أكثر عند انتهاء المعالجة التقويمية (Gorelick et al., 1982).

بينما ذكر Boersma وزملاؤه مستخدمين التألق الكمي المحدث بالضوء لتحري نسبة انتشار البقع البيضاء عند انتهاء المعالجة التقويمية أن 97% من المرضى لديهم آفة أو أكثر (Boersma et al., 2005).

وفي دراسة ل Julien وآخرين حيث قاموا بتحليل الصور الرقمية للأسنان الأمامية للمرضى قبل وبعد المعالجة التقويمية ووجدوا أن ما يقارب 25% من المرضى تشكلت لديهم آفة أو أكثر دون وجود فروق جوهرية بين الذكور والإناث، واعتبروا أن مدة المعالجة التقويمية وامتدادها لأكثر من 36 شهر، ووجود بقع بيضاء قبل المعالجة التقويمية والصحة الفموية السيئة هي عوامل خطورة يجب الانتباه لها عند تحديد خطة المعالجة (Julien et al., 2013).

وفي مراجعة منهجية شملت 14 دراسة سريرية ل Sundararaj وآخرين استنتجت أن 45.8% من المرضى تشكلت لديهم آفات بيضاء جديدة وكانت نسبة الانتشار بين المرضى الخاضعين للمعالجة التقويمية الثابتة 68.4% وهي نسبة عالية ومهددة يجب أخذها بعين الاعتبار من قبل أخصائي التقويم واتخاذ تدابير وقائية خاصة للحد من ظهورها (Sundararaj et al., 2015).

يمكن أن نستنتج في ضوء هذه الدراسات أن نقص التمعدن أو تشكل آفات البقع البيضاء هو مشكلة سريرية شائعة جداً لدى مرضى التقويم وتظهر بشكل غير مقبول جمالياً وفي بعض الحالات الشديدة قد تتطلب المعالجة الترميمية (Zabokova-Bilbilova et al., 2014).

2-1 دور الأجهزة التقويمية في تشكل آفات البقع البيضاء:

بمجرد إلصاق الأجهزة التقويمية الثابتة ضمن الحفرة الفموية يحدث تبدل سريع في النبيت الجرثومي الموجود في اللويحة. حيث يزداد معدل الجراثيم المنتجة للحموض ضمن اللويحة وبشكل أكثر شيوعاً المكورات العقدية الطافرة والعصيات اللبنية. يُسبب وجود المستويات العالية من هذه الجراثيم لدى مرضى التقويم إنقاص PH اللعاب لمقدار أقل مقارنة مع المرضى غير المعالجين بالتقويم. لذا فإن تطور النخور يحدث بشكل أسرع لدى مرضى التقويم (Lundstrom and Krasse 1987).

من المتعارف عليه أن تطبيق الأجهزة التقويمية الثابتة يخلق أماكن مثبتة للويحة ويجعل تنظيف الأسنان أصعب فالسطوح غير النظامية للحاصرات، الأطواق، الأسلاك والوصلات الأخرى يعيق آليات التنظيف

الغريزي كحركة المخاطية الفموية واللعاب. هذا بدوره يؤدي إلى خفض PH اللويحة بوجود الكربوهيدرات ويسرع معدل تراكم اللويحة ونضجها. هذه التغيرات في البيئة الفموية تعزز استعمار الجراثيم الحامضية كالمكورات العقدية الطافرة والعصيات اللبنية (Rosenbloom and Tinanoff 1991).

من المذكور سابقاً أن مستويات المكورات العقدية الطافرة يمكن أن تزداد لخمسة أضعاف خلال المعالجة التقويمية. لكن وُجد أن هذه المستويات الجرثومية تناقصت بشكل جوهري إلى مستويات قريبة من المجموعة الشاهدة بنفس العمر بعد 6- 15 أسبوع خلال مرحلة التثبيت بعد إزالة الأجهزة التقويمية الثابتة (Rosenbloom and Tinanoff 1991).

توجد عدة عوامل تؤثر على تشكل البقع البيضاء لدى مرضى التقويم (Sundararaj et al., 2015):

1- **الجنس:** وجد Khalaf في دراسته أن نسبة حدوث البقع البيضاء لدى الذكور كانت أعلى بثلاث مرات تقريباً من الإناث (Khalaf, 2014). وفي دراسة Boresma استنتج حدوث نقص تمعدن في 40% من السطوح الدهليزية لدى الذكور مقارنة مع 22% لدى الإناث (Boersma et al., 2005). ووجد Julein وزملاؤه أن نسبة المرضى الذكور الذين تطورت لديهم بقع بيضاء خلال المعالجة كانت أعلى (25%) مقارنة مع الإناث (22%) (Julien et al., 2013). وذكر Tufekci وزملاؤه أن 76% من المرضى الذين تشكلت لديهم آفة بقع بيضاء على الأقل هم ذكور (Tufekci et al., 2011b). ووجد Lucchese و Gherlone أن 55% من المرضى الذين لديهم على الأقل آفة بقع بيضاء مرئية هم ذكور و 44% إناث (Lucchese and Gherlone 2013). وذكر Enaia وآخرون أن آفات البقع البيضاء لدى المرضى الذكور تميل إلى كونها أكثر شدة مقارنة مع المرضى الإناث (Enaia et al., 2011).

بينما ابتعد Sagarkia عن قاعدة الانحياز الجنسي في نقص تمعدن الميناء (Sagarika et al., 2012). وذكر Mizrahi عدم وجود فروق بين الجنسين في انتشار البقع البيضاء بعد المعالجة التقويمية بالرغم من وجود اختلاف في شدة الظلالية حيث كانت أعلى عند الذكور (Mizrahi 1982).

تُفسر الاختلافات بين الجنسين بكون إجراءات الصحة الفموية أفضل عند الإناث مقارنة مع الذكور (Alcouffe 1989).

2- **العمر:** ذكر Khalaf أن المرضى اليافعين لديهم استعداد لتشكل آفات البقع البيضاء أعلى بمرتين من المرضى البالغين (Khalaf 2014). كما ذكر Richter أن عمر المريض عند بداية المعالجة التقويمية والصحة الفموية هي عوامل جوهرية في تطور آفات البقع البيضاء وكلما زاد عمر المريض يميل تشكل البقع البيضاء إلى التناقص بمقدار 0.59 آفة لكل مجموعة عمرية (Richter et al., 2011).

يمكن أن يُفسر ذلك بأن المرضى البالغين يمكنهم الحفاظ على صحة فموية أفضل مقارنة مع اليافعين (Richter et al., 2011).

3- **تدفق اللعاب:** وجد Gorelick وزملاؤه أن حدوث البقع البيضاء على السطوح اللسانية للقواطع الملصق عليها تثبيت من الناب إلى الناب شبه معدوم وفسروا ذلك بغزارة تدفق اللعاب في هذه المنطقة وهذا قد يكون عاملاً هاماً في الوقاية من نفص تمعدن السطح المينائي (Gorelick et al., 1982).

4- **مدة المعالجة:** إن مدة المعالجة التقويمية تعتبر عامل خطورة لتشكل آفات البقع البيضاء، فقد وُجد أن احتمال تشكل البقع البيضاء يمكن أن يرتفع 3.65 ضعفاً عندما تزداد مدة المعالجة التقويمية من 24 شهراً إلى 36 شهراً (Khalaf 2014). كما وُجد أن نسبة انتشار البقع البيضاء لدى المرضى الخاضعين للمعالجة التقويمية تتراوح بين 38% - 40% عندما يتم إنهاء المعالجة خلال ستة أشهر وتزداد إلى 43% - 46% عندما تطول مدة المعالجة إلى 12 شهرا (Lucchese and Gherlone 2013;Tufekci et al., 2011b; Julien et al., 2013).

وفقاً ل Richter وزملائه، كلما ازدادت مدة المعالجة يزداد تشكل البقع البيضاء حيث أظهرت تحاليل الانحدار المتعدد أن كل شهر من المعالجة بالأجهزة التقويمية الثابتة يزداد عدد البقع البيضاء بمعدل 0.08 آفة / شهر، وتستمر البقع البيضاء بالتطور وفق معدل ثابت، فبعد 22 شهراً من المعالجة تتطور البقع البيضاء بمعدل 3.01 من السطوح السنية، وبعد 33 شهراً يرتفع معدل الخطورة إلى 5.28 آفة جديدة (Richter et al., 2011).

ويمكن تفسير ذلك بأنه كلما طالت مدة بقاء الأجهزة التقويمية الثابتة تتعرض الأسنان لتحدٍ مسبب للنخر ناجم عن زيادة تراكم اللويحة لفترة أطول (Sundararaj et al., 2015).

5- **تطبيق الفلورايد خلال المعالجة:** إن الاستعمال المنتظم لمضامض الفلورايد خلال المعالجة التقويمية يُنقص من تطور آفات البقع البيضاء بنسبة تتراوح بين 27% إلى 59% (Khalaf 2014; Stratemann and Shannon 1974). كما ذكر Geiger وزملاؤه حدوث تناقص في انتشار آفات البقع البيضاء بمقدار 30% وتناقص في معدل حدوث آفات البقع البيضاء بمقدار 25% عندما استخدم مرضى التقويم مضامض الفلورايد (Geiger et al., 1988).

بينما وجد Sagarika وزملاؤه أنه بالرغم من وصف مضامض 0.5% acidulated phosphofloride للمرضى قبل التقويم في المجموعة التجريبية كان من المفاجئ ملاحظة نسبة انتشار عالية لآفات البقع البيضاء (Sagarika et al., 2012).

إن تطبيق الفلورايد خلال المعالجة التقويمية يُنقص من حدوث آفات البقع البيضاء لكنه يعتمد بشكل كبير على تعاون المريض (Sundararaj et al., 2015).

6- **الأسنان المعنية:** ذكر Khalaf أن الأسنان الأمامية العلوية أكثر إصابة من الأسنان الأمامية السفلية، وأن الأنياب العلوية هي الأكثر إصابة تليها الرباعيات العلوية وأن الأسنان الخلفية (الأرحاء والضواحك) هي الأكثر إصابة في الفك السفي (Khalaf 2014). و ذكر Gorelick أن آفات البقع البيضاء أكثر ظهوراً على الرباعيات العلوية (Gorelick et al., 1982). وذكر Geiger أن الرباعيات العلوية والأنياب هي الأكثر إصابة بآفات البقع البيضاء (Geiger et al., 1988).بينما وجد Sagarika أن آفات البقع البيضاء تكون أكثر ظهوراً على القواطع العلوية تليها الأنياب ثم الضواحك العلوية والسفلية (Sagarika et al., 2012). ووجد Julien أن تكرار ظهور آفات البقع البيضاء أعلى ب 2.5 مرة في الفك العلوي منها في الفك السفلي وأنها تظهر بشكل أكثر شيوعاً على الرباعيات العلوية، الأنياب العلوية، والأنياب السفلية (Julien et al., 2013). بينما استنتج Lucchese و Gherlone أن معدل انتشار آفات البقع البيضاء يكون مرتفعاً على الأرحاء الأولى والضواحك الثانية السفلية تليها بالترتيب نحو الأقل تواتراً الضواحك الأولى، الأنياب، الرباعيات، والقواطع المركزية (Lucchese and Gherlone 2013).

وفقاً ل Enaia إن الرباعيات العلوية أظهرت نسبة انتشار أعلى لآفات البقع البيضاء منها في القواطع المركزية العلوية (Enaia et al., 2011). ووجد Gorelick أن نسبة الحدوث الأعلى لآفات البقع البيضاء كانت في القواطع الأربعة العلوية والأرحاء السفلية (Gorelick et al., 1982).

بينما ذكر Tufekci عدم وجود فروق بين الأسنان المشمولة بالتقويم ربما يعود ذلك إلى أن المرضى المشمولين في عينته قد تم فحصهم خلال المعالجة ووجود الأجهزة التقويمية على الأسنان يجعل من التحري الدقيق لآفات البقع البيضاء أكثر صعوبةً (Tufekci et al., 2011a).

يمكن أن يُنسب معدل الحدوث المرتفع لآفات البقع البيضاء في الرباعيات العلوية إلى صغر مساحة السطح السني بين اللثة والحاصرة مما يسمح بتراكم اللويحة والفضلات الذي بدوره يؤدي إلى نقص التمعدن في هذه المنطقة (Sundararaj et al., 2015).

يمكن أن يُفسر نموذج انتشار آفات البقع البيضاء المُلاحظ في الفك العلوي والسفلي بتعرض الأسنان الأمامية العلوية لمقدار مختلف من اللعاب على عكس باقي الأسنان، أو ببساطة بطريقة تفريش الأسنان الخاطئة التي ينتج عنها عدم تنظيف كافٍ لأسنان معينة (Sundararaj et al., 2015).

7- <u>السطوح السنية:</u> ذكر Khalaf أن آفات البقع البيضاء تظهر في كل سطوح الأسنان العلوية بينما تقريباً جميع آفات البقع البيضاء المذكورة في الأسنان السفلية كانت في الثلث اللثوي (Khalaf 2014). على أية حال إن الأجزاء اللثوية هي المواقع الأكثر تواتراً لظهور آفات البقع البيضاء في كل من الأسنان العلوية والسفلية (Khalaf 2014).

<u>كما أن عوامل أخرى</u> مثل الموقع الجغرافي والوضع الاجتماعي والاقتصادي يمكن لها أن تساهم في الاختلافات في انتشار آفات البقع البيضاء لدى مرضى التقويم.

بمجرد انتهاء المعالجة وإزالة الأجهزة التقويمية لن تستمر آفات البقع البيضاء بالتطور لأن التحدي المسبب للنخر قد تم إيقافه (Reynolds 1997). في بعض الحالات تبدأ آفات البقع البيضاء بالتناقص خلال السنة الأولى بعد نزع الحاصرات (Al-Khateeb et al., 1998). وفقاً لنتائج دراسة Backer Dricks من المفترض أن عمليات إعادة التمعدن هي السبب وراء اختفاء آفات البقع البيضاء، أيضاً يمكن أن يُعزى ذلك إلى التآكل الحاصل عبر السحل الوظيفي وتفريش الأسنان حيث يمكن لها أن تتناقص و تزول نهائياً مع مرور السنين (Backer 1966). في هذا الصدد ذكر Atrun و Thylstrup أن التناقص التدريجي لآفات البقع البيضاء بعد نزع الحاصرات التقويمية يمكن أن يعود إلى "سحل السطح السني في المقام الأول مع بعض إعادة توضع الأملاح مما يسبب زوال النسج المسامية" (Artun and Thylstrup 1986).

رغم معدل الحدوث المرتفع لآفات البقع البيضاء لدى مرضى التقويم فإن نسبة قليلة منها تتطور بسرعة إلى نخر صريح بحيث تحتاج إلى ترميم بعد المعالجة التقويمية، فبعد إزالة الأجهزة التقويمية يُعيد التعرض للعاب التوازن الفيزيولوجي ويُحرض إعادة التمعدن الطبيعي (Sundararaj et al., 2015).

بالرغم من تطور المعالجات التقويمية في الفترة الأخيرة مازالت مشكلة الانتشار الكبير لآفات البقع البيضاء تواجه أطباء التقويم ولا يزال التدبير السريري الأفضل لهذه الآفات خلال المعالجة التقويمية أمراً مبهماً (Sundararaj et al., 2015).

<u>3-1 طرق تشخيص آفات البقع البيضاء:</u>

1-3-1 الفحص السريري Clinical examination:

يعتمد الفحص السريري على الخواص البصرية لآفات البقع البيضاء فهي تبدو أكثر ظلالية نتيجة لزيادة تبعثر الضوء في الطبقة تحت السطحية المسامية.

إن العلامة الأولى لنقص التمعدن هي التغير في الشفافية وانعكاسية الضوء في الميناء المصاب والتي يمكن رؤيتها فقط بعد تجفيف السطح بالهواء لفترة قصيرة. عند استمرار نقص التمعدن وزيادة خسارة الأملاح يحدث نقص أكبر في انعكاسية الميناء مما يجعل الآفات قابلة للرؤية دون الحاجة إلى تجفيف السطح. أي أن

الآفات التي يمكن رؤيتها مع وجود اللعاب على سطح الميناء تمثل مرحلة أكثر تطوراً من النخر السني من تلك الآفات التي تُرى فقط عند تجفيف السطح الميناني، لذا يجب التجفيف بالهواء المضغوط عند إجراء الفحص السريري للتمكن من كشف المراحل الأولى لنقص التمعدن الميناني (Topping and Pitts 2009). إن الشرط الآخر لكشف نقص التمعدن الميناني هو إزالة اللويحة عن السطوح السنية عبر فرشاة الأسنان أو برؤوس خاصة مطاطية يتم تركيبها على القبضات السنية إضافة إلى تنظيف السطوح الملاصقة بالخيوط السنية قبل إجراء الفحص السريري وذلك لأن النخر السني يحدث في أماكن ركود اللويحة وبالتالي يمكن للويحة المتراكمة أن تُخفي الآفات البدئية (Topping and Pitts 2009).

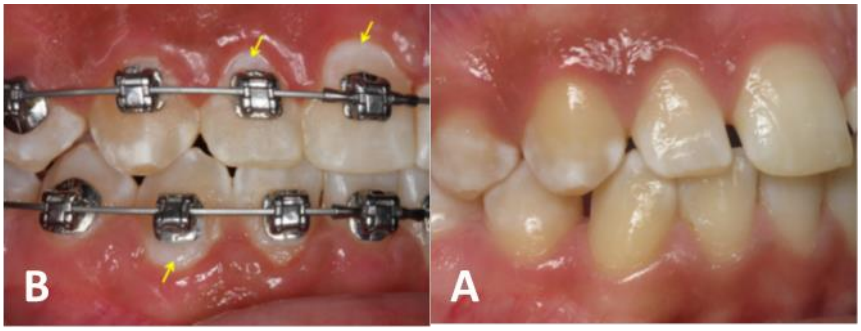
يمكن الاستعانة بمسبر كليل لإزالة اللويحة المتبقية والفضلات وللتأكد من عدم حدوث تجاويف نخرية، ومن غير المنصوح به استخدام المسابر الحادة التي يمكن لها أن تُخرب السطح الميناني المغطي للآفات البدئية (Bergman and Linden 1969).

يجب تمييز الآفات البدئية عن التبقع الفلوري فآفات البقع البيضاء تكون محددة ذات شكل واضح ويمكن بسهولة تمييزها عن الميناء المجاور السليم، بينما البقع الفلورية تكون غير محددة الحواف ذات لون مائل للبني وتتوزع بشكل متناظر في الفم (Russell 1961).

يجب أن يتم الفحص السريري لتحري وجود آفات البقع البيضاء قبل البدء بالمعالجة التقويمية، فوجود هذه الآفات لدى المرضى دون قصة معالجة تقويمية سابقة وبغياب الأجهزة التقويمية يجعلهم أكثر خطورة لتطوير آفات بقع بيضاء جديدة خلال المعالجة التقويمية (Heymann and Grauer 2013) (الشكل رقم 1-2).

كما يجب إجراء الفحص السريري للمرضى الخاضعين للمعالجة التقويمية الثابتة عند كل زيارة من أجل الكشف المبكر عن الآفات الجديدة التي يمكن لها أن تتطور بين المواعيد وبالتالي التدبير المبكر لها (Heymann and Grauer 2013).

إن وجود الأسلاك التقويمية، أسلاك الربط ، المطاط السلسلي والوصلات الأخرى يمكن أن يحجب رؤية الآفات بسهولة، كما أن الالتهاب اللثوي وضخامة الحليمات اللثوية بين الحاصرات يمكن أن تغطي الميناء بين الحاصرة والحفاف اللثوي مما يُصعِب تشخيص الآفات، لذا فإن الكثير من آفات البقع البيضاء يمكن أن يُغفل عنها ولا تُكتشف إلا بعد انتهاء المعالجة التقويمية (Heymann and Grauer 2013).



شكل رقم 1- 2: A) وجود آفات بقع بيضاء قبل البدء بالمعالجة التقويمية رغم الصحة الفموية الجيدة. B) تطور آفات بقع بيضاء جديدة خلال المعالجة التقويمية (Heymann and Grauer 2013).

يتميز الفحص السريري بأنه طريقة غير جائحة، بسيطة، سريعة، غير مكلفة، ذات فعالية جيدة في التشخيص (Gimenez et al., 2015) وتستخدم بشكل روتيني في الممارسة السريرية (Heinrich-Weltzien et al., 2005) وتعتبر المعيار الذهبي لتشخيص الآفات النخرية البدئية (Gomez 2015).

استُخدم الفحص البصري في العديد من الأبحاث السريرية في الأدبيات الطبية وذلك لتقييم نسبة انتشار آفات البقع البيضاء خلال المعالجة التقويمية وبعد الانتهاء من المعالجة أو لتقييم فعالية الإجراءات الوقائية المطبقة المختلفة (Mizrahi 1982; Geiger et al., 1988; Gorelick et al., 1982; Ogaard 1989; Øgaard 2008; Ogaard et al., 1988; Tufekci et al., 2011a; Tufekci et al., 2014).

إلا أن من محدودياته أن درجة الحساسية والموثوقية منخفضة بسبب اعتمادها على التقييم الشخصي للآفات النخرية (Bader et al., 2002; Pitts 1993; Benson 2008).

لذلك اتجهت الأبحاث نحو الطرق الكمية لكشف ومراقبة الآفات البدئية كونها تتميز عن الطرق الكيفية التقليدية التي تحدد وجود أو غياب الآفات فقط بأنها (Gomez 2015):

1- تسمح بكشف أبكر للآفات النخرية البدئية مقارنة مع الطرق التقليدية.

2- الطرق الكمية أكثر موثوقية وقابلة للتكرار مقارنة مع الطرق الكيفية.

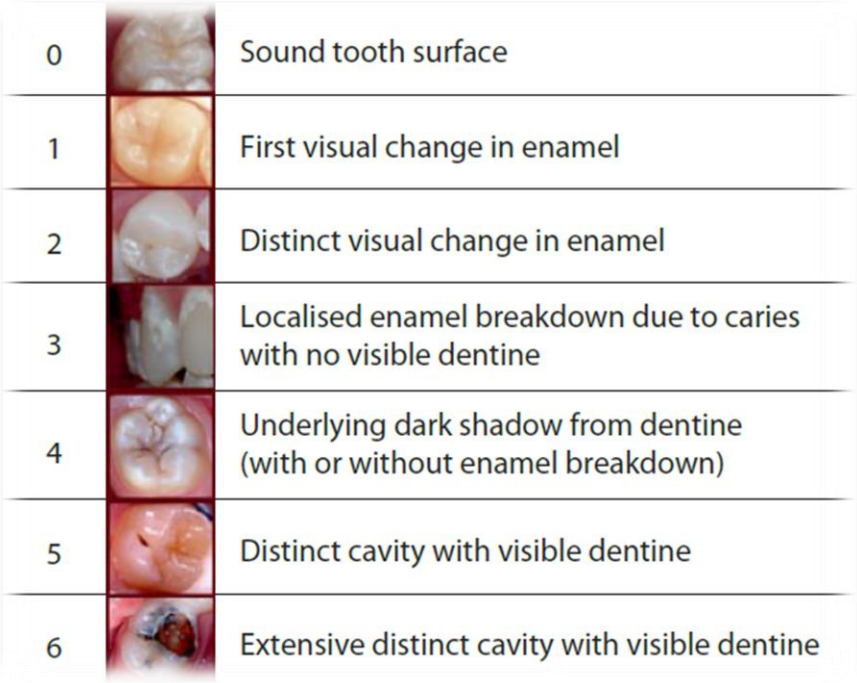
3- التقييم الكمي يسمح بمراقبة سير المرض.

4- كما يسمح بتحري فعالية الإجراءات العلاجية أو الوقائية بشكل أكثر دقة مقارنة مع الطرق الكيفية.

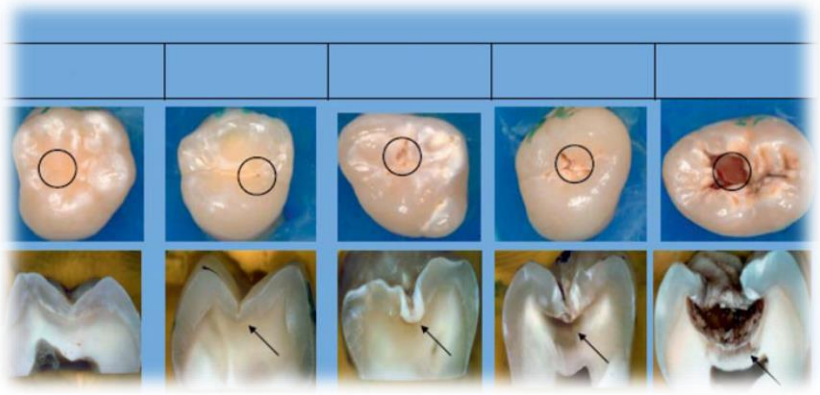
<u>ومن الطرق الكمية:</u>

<u>المشعر الدولي لكشف وتقييم النخر</u> International Caries Detection and Assessment System (ICDAS) الذي وضع عام 2001 من قبل عدة باحثين بهدف إيجاد طريقة موحدة لتقييم مراحل تطور الآفة النخرية، فهو يضع نقاط للمرحلة النخرية بالاعتماد على الخواص الفيزيائية للآفة التي تتم مشاهدتها

في الفحص السريري البصري مع الاستعانة بمسبر كليل بعد تنظيف وتجفيف الأسنان، حيث تم تحديد هذه المراحل عبر الربط بين المظهر السريري والتطور النسيجي للآفة وهي تتراوح بين التغيرات في الميناء إلى النخر الموضع، النخر الصريح والنخر الشديد (Ismail et al., 2007) (الشكل رقم 1-3 و 1-4).

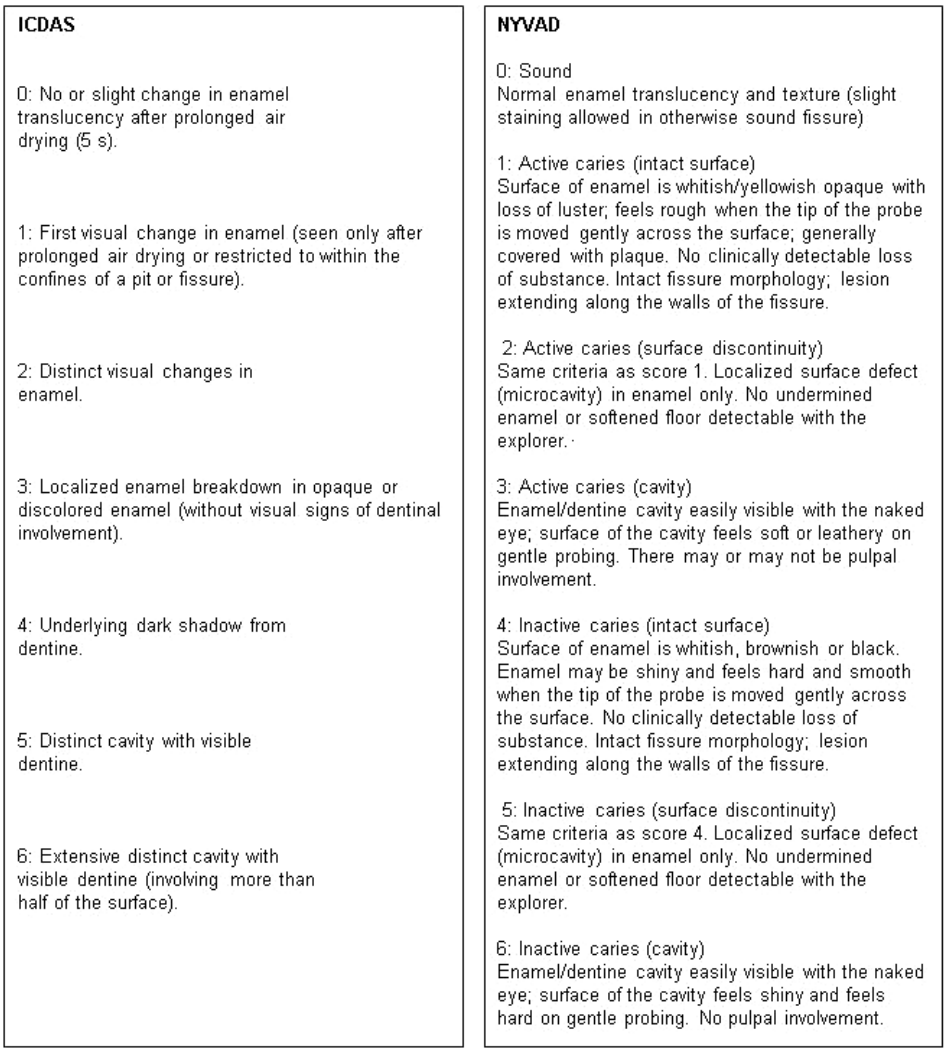


شكل رقم 1- 3: درجات تطور الآفة النخرية حسب مشعر ICDAS (Topping and Pitts 2009)



شكل رقم 1- 4: درجات تطور الآفة حسب مشعرICDAS وارتباطها بالتطور النسيجي (Topping and Pitts 2009)

مشعر Nyvad الذي يقيم نشاط الآفة النخرية إضافة إلى خواصها الفيزيائية كعمق التجويف النخري وتمييز نشاط الآفة عبر درجة اللمعان/ الظلالية، ملمس السطح، ومكان ركود اللويحة (Nyvad et al., 1999) (الشكل رقم 1-5).



شكل رقم 1- 5: مشعر ICDAS و Nyvad المستخدمة في الفحص السريري (Nogueira and Bussaneli 2017).

أظهر كلا المشعران فعالية وموثوقية جيدة في الأسنان المؤقتة والدائمة كما أن تقييم نشاط الافة النخرية وتحديد خواصها الفيزيائية يعد أمراً هاماً لتحديد خطة المعالجة (Nogueira and Bussaneli 2017)، إلا أنها تفيد في تشخيص الآفات النخرية الأكثر تطوراً، أما آفات البقع البيضاء التي تعد مرحلة سابقة للنخر المينائي الصريح تُعد مرحلة ضمن هذين المشعرين دون إمكانية التحديد الدقيق لشدة هذه الآفات وهذا أمر هام خاصة في التجارب السريرية المطبقة لتحري فعالية الإجراءات الوقائية الجديدة ،حيث يعتمد التشخيص الدقيق لآفات البقع البيضاء على كل من اكتشاف وجود هذه الآفات وتحديد شدتها التي تختلف وفقاً للعمق المجهري للآفة ومقدار خسارة الأملاح (Benson 2008) ويمكن الكشف عن شدة الآفات سريرياً بتحري امتداد الآفة (Benson 2008) أو تحري درجة ابيضاض الآفة (Torlakovic et al., 2012).

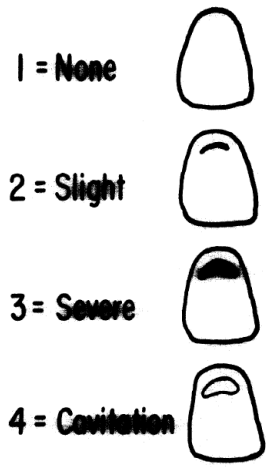
طور Gorelick مشعراً سريرياً لتقييم شدة آفات البقع البيضاء المُشخَصة من خلال الفحص السريري بعد تجفيف الأسنان، حيث تم إعطاء الآفات قيماً بصرية بالاعتماد على امتداد (مساحة) البقعة الظاهرة على السن (Gorelick et al., 1982) واستُخدم بشكل كبير في الأبحاث السريرية (Torlakovic et al., 2012) (الشكل رقم 1-6)



شكل رقم 1- 6 : مشعر Gorelick لتحديد شدة آفات البقع البيضاء بالاعتماد على الامتداد السريري للآفة (Torlakovic et al., 2012)

أيضاً طور Geiger وزملاؤه مشعراً سريرياً لتحديد شدة آفات البقع البيضاء بإعطائها قيماً بصرية بالاعتماد على مساحة الآفة المحددة عبر الفحص البصري بعد التجفيف النسبي وعزل المنطقة وفق الآتي: (Geiger et al., 1988; Geiger et al., 1992) (الشكل رقم 1-7)

1: عدم وجود آفات بقع بيضاء.
2: وجود آفات بقع بيضاء خفيفة.
3: وجود آفات بقع بيضاء شديدة.
4: وجود تجاويف نخرية.



شكل رقم 1- 7: مشعر Geiger لتحديد وجود وشدة آفات البقع البيضاء بالاعتماد على المساحة السريرية للآفة (Geiger et al., 1988).

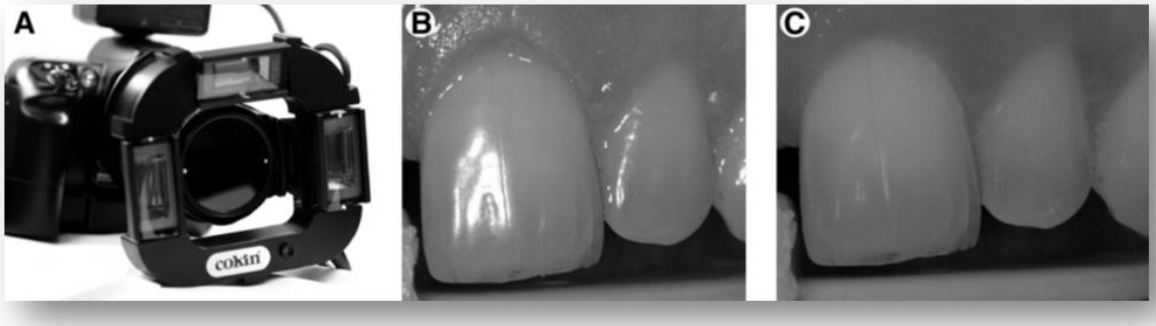
2-3-1 الفحص بالتصوير PHOTOGRAPHIC EXAMINATION:

وهي كما في الفحص السريري تعتمد على الخواص البصرية لآفات البقع البيضاء التي تبدو أكثر ظلالية من من الميناء السليم. استُخدم الفحص بالتصوير بشكل واسع في الدراسات السريرية المُنجزة لتحري نسبة انتشار آفات البقع البيضاء (Cochran et al., 2004a; Houwink and Wagg 1979)، كما أن العديد من الأبحاث السريرية استخدمت الفحص بالتصوير لتقييم نقص التمعدن قبل، خلال أو بعد انتهاء المعالجة التقويمية (Mattick et al., 2001; Sonis and Snell 1989; Torlakovic et al., 2012, Kim et al., 2016b; Almosa et al., 2014)، حيث يتميز الفحص بالتصوير الفوتوغرافي بأنه (Benson 2008):

- يُجرى التصوير الفوتوغرافي من قبل العديد من أطباء التقويم بشكل روتيني عند جمع السجلات التشخيصية للمريض، وبالتالي يمكن للممارس السريري أن يُنجز الفحص بالتصوير بسهولة وفعالية، كما يمكن توحيد الطريقة المتبعة في التصوير وبالتالي إنقاص المتغيرات في الظروف السريرية التي تواجه التشخيص السريري.
- تزود الصور الفوتوغرافية بسجلات دائمة وبالتالي تسمح بالتقييم الأولي وإعادة التقييم بعد فترة زمنية معينة لتحديد قابلية إعادة التكرار.
- من السهل تعمية معلومات المريض عن الباحث خلال تقييم الصور الفوتوغرافية وبالتالي يتم التقييم وفق ترتيب عشوائي مما يقلل من خطر الانحياز.
- يمكن التقاط الصور الفوتوغرافية من قبل عدة باحثين ثم تقييمها من قبل باحث واحد خارجي لإزالة تأثير اختلاف الباحثين.
- الفحص بالتصوير متعدد الاستعمالات مقارنة مع الفحص البصري حيث يمكن استخدامه لتحري وجود أو غياب آفات البقع البيضاء من قبل عدة خبراء لزيادة الموثوقية.
- كما يمكن أن يتم تحليل الصور الرقمية باستخدام برامج حاسوبية من أجل التحديد الدقيق لشدة الآفات عبر قياس مساحة الآفة أو قياس درجة ابيضاض الآفة (Benson et al., 2003a; Benson et al., 2003b; Torlakovic et al., 2012).

إلا أن من مساوئ هذه التقنية: أن الكاميرا يمكن أن تُظهر تفاصيل تختلف عن ما يتم رؤيته بالعين المجردة، حيث أن انعكاس وميض الكاميرا (الفلاش) على سطح السن يمكن أن يُشخص بشكل خاطئ على أنه آفة ظليلة (Benson 2008)، يمكن الحد من مشاكل الإضاءة الخارجية بإمالة الكاميرا قليلاً (Cochran et

(Robertson and Toumba 1999) أو فلترة الفلاش باستخدام الفلاتر ثنائية الأقطاب (al., 2004b (الشكل رقم 1-8). إضافة إلى صعوبة توحيد إجراءات التصوير خاصة فيما يتعلق برطوبة سطح السن، وظروف الإضاءة المحيطة، كما يمكن أن يختلف نوع أو طريقة معالجة الفيلم المستخدم في التصوير التقليدي، ونوع الكاميرا الرقمية المستخدمة. أيضاً إن تكلفة المعدات أعلى من أن يتم استخدامها بشكل روتيني ضمن العيادة أو في الأبحاث (Benson et al., 2005).



شكل رقم 1- 8: A) الكاميرا الرقمية المستخدمة للتصوير مع الفلاتر ثنائية الأقطاب لتقليل انعكاس الفلاش على السطح السني. B) صورة ملتقطة للقواطع العلوية بدون استخدام الفلاتر حيث يظهر انعكاس الفلاش على سطح الأسنان والذي يمكن أن يُشخص بشكل خاطئ على أنه آفة ظليلة.C) صورة ملتقطة لنفس القواطع العلوية مع استخدام الفلاتر ثنائية الأقطاب (Benson 2008).

1-3-3 الطرق البصرية غير المتألقة OPTICAL NONFLUORESCENT METHODS:

<u>تبعثر الضوء Light scattering</u>

كما ذكر سابقاً، ينتج عن نقص التمعدن زيادة تبعثر الضوء الداخل إلى الميناء، ويؤدي التبعثر إلى الإزاحة الجانبية لحزمة الضوء التي يمكن أن تُقاس باستخدام **جهاز مرقاب النخر البصري Optical Caries Monitor (OCM)** الذي وصف لأول مرة من قبل Ten Bosch ومساعديه (Ten Bosch et al., 1980; Borsboom&Ten Bosch 1982) حيث استخدموا مصدراً ضوئياً يصدر ضوء أبيض باستطاعة 100 W ثم يتم قياس الضوء المتبعثر عبر مقياس الكثافة الضوئية densitometer، وأظهرت قراءات جهاز OCM ارتباطاً جيداً مع مقدار خسارة الأملاح المقاسة بالطرق المخبرية (ten Bosch et al., 1984). تتميز هذه التقنية بأنها مريحة، غير جائحة، تسمح بالتقييم الكمي لنقص التمعدن، يمكن تطبيقها في الظروف السريرية، وترتبط مع الطرق التي تقيس مقدار خسارة الأملاح (Ogaard and Ten Bosch 1994). لكن من مساوئها أنها تقنية حساسة ويمكن لنتائجها أن تختلف باختلاف درجة رطوبة أو جفاف السطح السني (Benson 2008).

1-3-4 الطرق البصرية المتألقة Optical Fluorescent Methods:

إن التألق الضوئي هو ظاهرة بصرية ناجمة عن امتصاص الضوء فالمادة التي تمتص الضوء بشكل أكبر تظهر بشكل أكثر تألقاً من المادة التي تعكس الضوء. ينجم عن نقص التمعدن زيادة عكس وتبعثر الضوء ضمن الميناء المصاب وبالتالي امتصاص أقل للضوء وشدة تألق أقل، لذلك تظهر الآفة النخرية كمنطقة عاتمة عند تطبيق التقنيات البصرية المتألقة المختلفة ومنها (Benson 2008; Gomez 2015):

1-4-3-1 Fluorescent Dye Uptake:

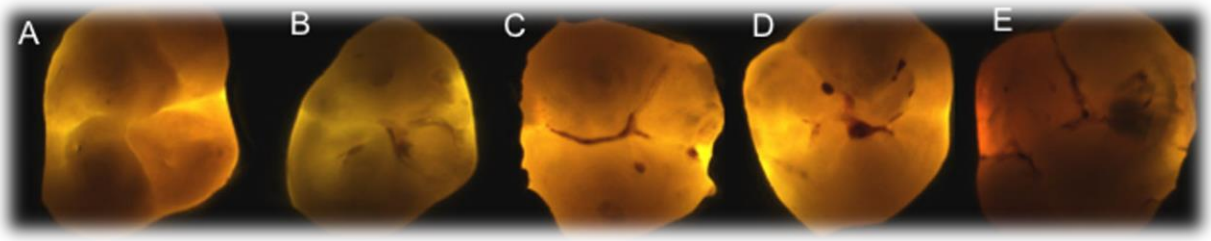
طبقت المواد الصباغية بالطرق المتألقة وغير المتألقة بهدف إظهار الميناء المصاب بالنخر (Rawls and Owen 1978)، فبعد تطبيق المادة الصباغية المتألقة يتم فحص الميناء تحت مصدر ضوئي مناسب. إلا أن من مساوئ هذه الطريقة أن الاختلافات البسيطة في تطبيق الإجراء ينتج عنها اختلافات واسعة في امتصاص المادة الصباغية. وهي تستخدم بشكل أساسي في تشخيص وإزالة النخر العاجي (Hosoya et al., 2007).

1-4-3-2 الأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet:

استخدمت الدراسات السابقة الأشعة فوق البنفسجية ذات طول الموجة الأقصر من الضوء المرئي (أقصر من 400 نانومتر) للكشف المبكر عن الآفات النخرية على السطوح الملساء (Shrestha 1980). إلا أنها تتطلب أخذ احتياطات خاصة لحماية المريض والطبيب لأنها مؤذية للعين والجلد (Benson 2008). لذلك طورت طرق أكثر أماناً باستخدام مصادر ضوئية ذات أطوال موجية أكبر.

1-4-3-3 Fiber Optic Transillumination (FOPTI):

يعتمد على ظاهرة تبعثر الضوء في زيادة قرينة الانكسار بين الميناء السليمة والميناء مخسوفة الأملاح . تتألف الميناء السليمة من بلورات الهيدروكسي أباتيت المرتصفة بشكل كثيف لتشكل تقريباً هيكلاً متمادياً ،بينما يظهر العاج بلون برتقالي، بني أو رمادي تحت الميناء مما يسمح بالتمييز بين الآفة المينائية والآفة العاجية. هذه الطريقة يمكن أن تساعد في وضع خطة المعالجة لكنها لا تسمح بمراقبة تطور الآفة النخرية (Gomez 2015) (شكل رقم 1-9).



شكل رقم 1- 9: مثال لصور FOPTI: A) لايوجد ظلالية ، B) ظلالية رمادية ضيقة ضمن الميناء، C) ظلالية واسعة ضمن الميناء،D) ظلالية لنخر أقل من 2 ملم ضمن العاج، E) ظلالية لنخر أكبر من 2 ملم ضمن العاج (Gomez 2015).

1-4-3-4 التألق الليزري Laser Fluorescence :

✓ **ليزر الأرغون:**

استخدم Bjelkhagen و Coworkers ليزر الأرغون لأول مرة لإظهار التباين في التألق بين الميناء السليم والمصاب بالنخر في دراسة مخبرية (Bjelkhagen et al., 1982). ثم طور De Josselin de Jong وزملاؤه تقنية التقييم الكمي لليزر المتألق ليتم تطبيقها في الفم (de Josselin de Jong et al., 1995)، حيث استخدموا ليزر الأرغون الذي يصدر ضوءاً ضمن المجال الأزرق- الأخضر من الطيف الكهرومغناطيسي (440 - 570 نانومتر) مع تطبيق مرشح أصفر يوضع على جهاز الكشف يسمح باختراق سريع للضوء ويمنع مرور الضوء ذي الطول الموجي الأقصر من 520 نانومتر (الضوء الأزرق والمجال الأصغر من الضوء الأخضر) وذلك للتأكد من أن ضوء الليزر الأزرق المتبعثر من قبل السن لا يصل إلى جهاز الكشف إنما يتألق ضمن المجال الأصفر (الطول الموجي 565- 590 نانومتر) وهو الذي يتم قياسه. وكما في كل الطرق التألقية تظهر آفة نقص التمعدن كمنطقة عاتمة (ذات تألق أقل أو امتصاص أقل للضوء) ويقوم الجهاز بحساب الاختلافات في مقدار التألق بين منطقة نقص التمعدن والميناء السليم المجاور وبالتالي التقييم الكمي لخسارة الأملاح وامتداد الآفة (Benson 2008).

استُخدم التألق الكمي المحدث بالليزر لمراقبة تغيرات التألق مع الزمن في الأسنان المصابة بآفات البقع البيضاء بعد انتهاء المعالجة التقويمية وأظهرت النتائج أن مستويات التألق قد ازدادت ومساحة معظم الآفات قد تناقصت مما يشير إلى إعادة التمعدن (Al-Khateeb et al., 1998).

✓ **جهاز DIAGNOdent:**

هو جهاز ليزر تألقي من شركة Kavo الألمانية يصدر ضوء ليزري بطول موجي 655 نانومتر أو عند نهاية المجال الأحمر من الطيف الكهرومغناطيسي عبر رأس أو حساس يمكنه تحديد مقدار التألق المتبعثر المنعكس على سطح السن، حيث يتم امتصاص الضوء الليزري من قبل البورفرين الناتج عن الاستقلاب

الجرثومي، وتظهر شدة الضوء المتألق على شكل قراءة رقمية تتراوح بين 0 إلى 99 مما يسمح بالتقييم الكمي للآفة النخرية ومراقبة تطور الآفة (Gomez 2015). (الشكل رقم 1-10)



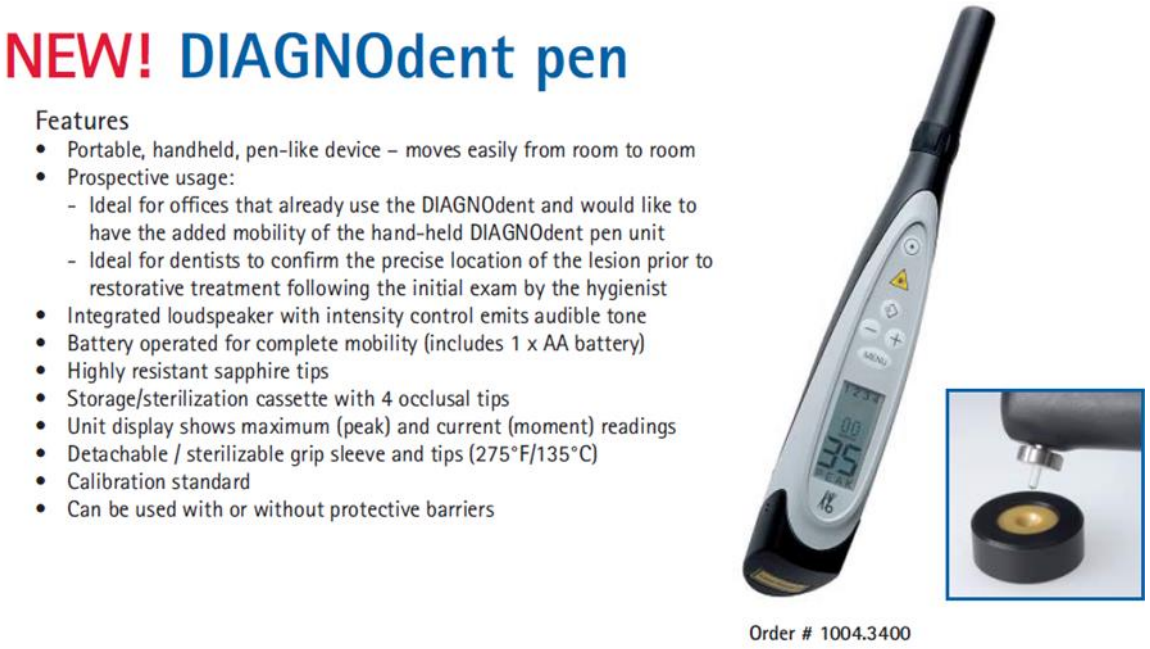
شكل رقم 1- 10 :جهاز DIAGNOdent لشركة kavo الألمانية.

دُرست موثوقية جهاز DIAGNOdent في التقييم الكمي للآفات البدئية في العديد من الأبحاث منها:

دراسة Aljehani وزملاؤه السريرية التي تحرت موثوقية الدياغنودينت في تحري آفات البقع البيضاء بعد المعالجة التقويمية على السطوح الملساء عبر تقييم نفس الآفة مرتين بفاصل أسبوع بين القراءتين ومن قبل ثلاثة فاحصين وأظهرت النتائج ارتباطاً جيدا بين قراءات الباحثين وبين قراءتي كل باحث مما يدل على أن موثوقية الدياغنودينت في تشخيص آفات البقع البيضاء التقويمية على السطوح الملساء تعتبر جيدة (Aljehani et al., 2006).

أيضاً دراسة Tranaeus وزملاؤه السريرية التي استنتجت وجود ارتباط ضعيف بين قراءة الدياغنودينت والعمق النسيجي في الآفات الإطباقية رغم وجود ارتباط قوي بين قراءات الباحثين المختلفين، أما في آفات السطوح الملساء كان الارتباط قوياً بين قراءة الدياغنودينت ودرجة تطور الآفة وبين قراءات الباحثين، مما يدل على أن موثوقية جهاز الدياغنودينت أعلى في تشخيص آفات السطوح الملساء منها في تشخيص آفات السطوح الإطباقية (Tranaeus et al., 2004).

يتميز الشكل الأحدث من الجهاز DIAGNOdent Pen بأنه متحرك وحاوٍ على بطارية مما يسمح بسهولة وصول أكبر لمختلف الآفات وتشخيصها بنفس مبدأ الجهاز التقليدي، وأظهر هذه الجهاز فعالية وموثوقية جيدة في التقييم الكمي لآفات السطوح الملساء مشابهة لفعالية وموثوقية الجهاز التقليدي (Aljehani et al., 2007). (الشكل رقم 1-11)



شكل رقم 1- 11: جهاز DIAGNOdent Pen لشركة Kavo الألمانية.

من مساوئ جهاز الدياغنودينت أنه قد يعطي قراءات إيجابية كاذبة نتيجة وجود بعض العوامل المشوشة التي تؤثر على شدة التألق ومنها: وجود اللويحة، القلح، التصبغات على سطوح الأسنان ودرجة جفاف النسج السنية (Shi et al., 2001).

لذلك يجب استخدام جهاز الدياغنودينت في الممارسة السريرية بالتزامن مع الفحص البصري فهو يعتبر وسيلة متممة فعالة تسمح بالتشخيص المبكر والكمي لانخساف الأملاح، إلا أن الاعتماد عليه فقط من أجل وضع خطة المعالجة يعتبر غير كافٍ (Nokhbatolfoghahaie et al., 2013).

1-3-4-5 التألق الكمي المحدث بالضوء Quantitative Light Induced Fluorescence :QLF

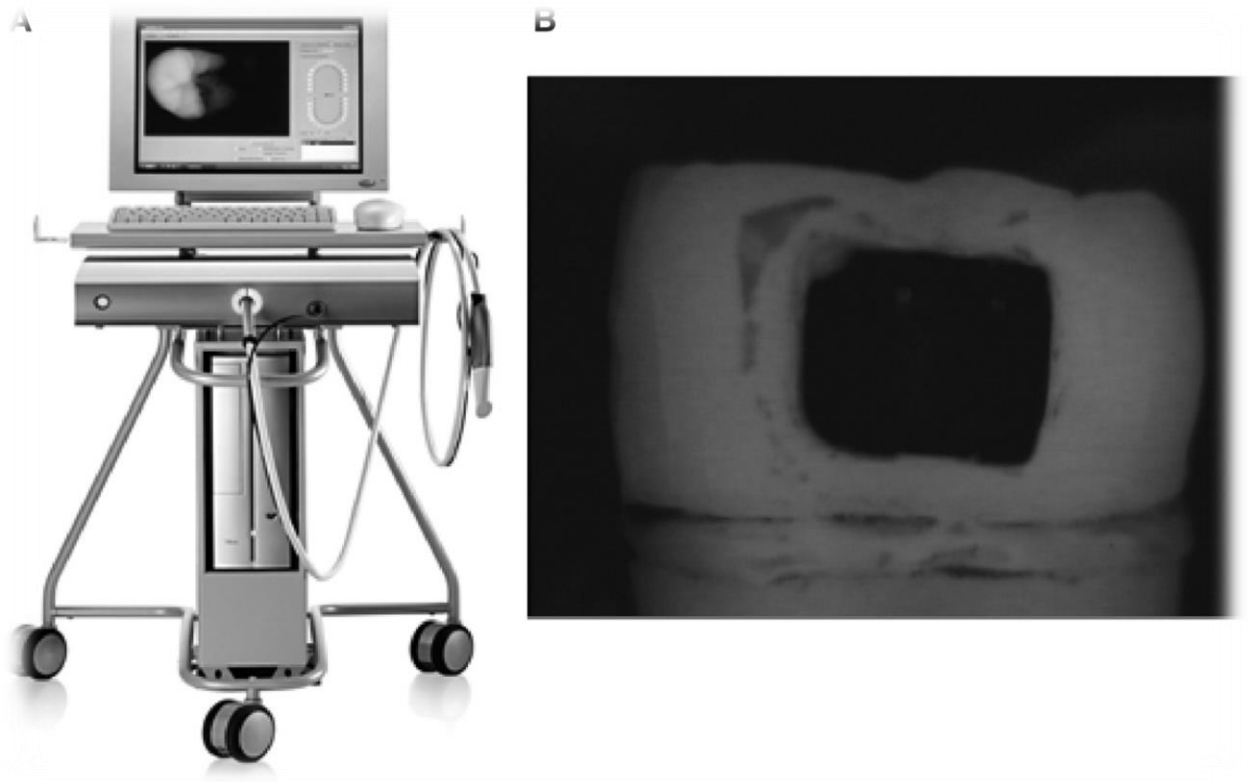
هو جهاز متنقل مزود بمصدر ضوئي ونظام فلترة تم تطويره كبديل عن أنظمة الليزر المتألقة ليناسب الاستعمال داخل الفموي، ويُعتبر من أكثر أنظمة التألق الواعدة في التقييم الكمي لنقص التمعدن في الفترة الأخيرة (al-Khateeb et al., 1997). يتألف الجهاز من مصباح قوسي يطلق ضوءً مرشداً بكثافة منخفضة (370 نانومتر) يعبر من خلال فلتر أزرق يوضع أمام المصباح، بينما يوضع فلتر أصفر يسمح بمرور الأطوال الموجية العالية (540 نانومتر) أمام الكاميرا الكاشفة كي يمنع مرور الضوء الأزرق المتبعثر ويتم تجميع الضوء بالشكل الأمثل بحيث لا تحدث انعكاسات (Benson 2008) (الشكل رقم 1-12).

يعتمد مبدأ هذه التقنية على تشعيع السن بالضوء الأزرق (370 نانومتر) مما يجعله يتألق ضمن المجال الطيفي الأصفر- الأخضر. عند وجود آفة نقص تمعدن تحدث زيادة في تبعثر الضوء مما يجعل هذه الآفة تظهر كبقعة عاتمة على خلفية خضراء لامعة (الشكل رقم 1-13)، يمكن الحساب الكمي لمقدار نقص التألق في الصور الملتقطة عبر المقارنة مع النسج المحيطة السليمة (van der Veen and de Josselin de Jong 2000). حيث يتم حفظ الصور الملتقطة ومعالجتها رقمياً ثم يتم تحليلها كمياً بوساطة برنامج حاسوبي مخصص يقوم بحساب مقدار نقص التألق عبر إعادة تركيب صورة التألق مع صورة تألق الميناء السليم بافتراضه يساوي 100% ثم يتم تحديد مقدار نقص التألق بحساب نسبة الاختلاف بين تألق السطح الحقيقي وتألق السطح المعاد تركيبه، وأي آفة بمقدار نقص تألق أكبر من 5% تعتبر آفة نقص تمعدن (de Josselin de Jong et al., 1995). كما يسمح هذا البرنامج بالتأكد من قابلية تكرار (مطابقة) الصور التي تم التقاطها للسن عبر فترات زمنية مختلفة (Benson 2008).

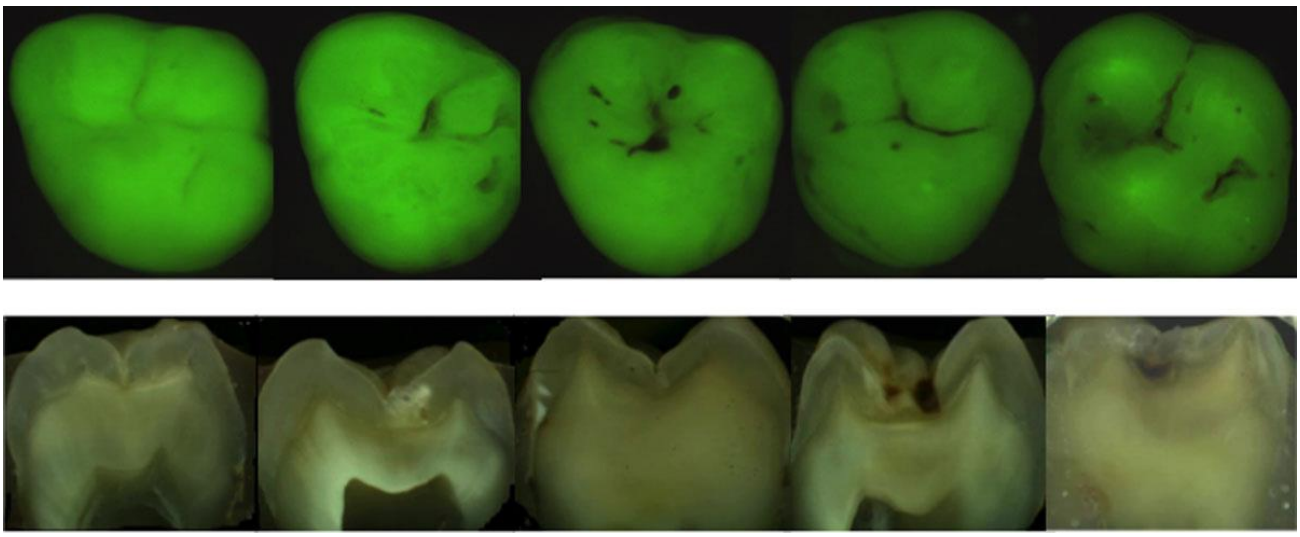
تم اختبار موثوقية جهاز QLF في العديد من الأبحاث المخبرية التي أظهرت فعاليته العالية في الكشف المبكر والتقييم الكمي الدقيق لآفات نقص التمعدن خلال المعالجة التقويمية إضافة إلى تقييم التغيرات في خسارة الأملاح وحجم الآفات خلال الزمن (Aljehani et al., 2004; Pretty et al., 2003; Benson et al., 2003a; Benson et al., 2003b).

كما أظهر موثوقية عالية في الكشف والتقييم الكمي السريري للآفات النخرية البدئية على السطوح الملساء (Tranaeus et al., 2001).

كما تم استخدامه في دراسة سريرية طولانية لمراقبة التغيرات في التألق ل 406 سطح سني مصاب بآفات نقص تمعدن تالية للمعالجة التقويمية لدى 55 مريض واستنتجت أن 61% من الآفات لم تتغير خلال فترة متابعة ستة أشهر بعد إزالة الأجهزة الثابتة ،و29% من الآفات أظهرت تحسناً، بينما 10% فقط من الآفات أصبحت أسوأ (Van Der Veen et al., 2007).



شكل رقم 1- 12: A) جهاز QLF المصدر الضوئي ومعدات التصوير المرافقة. B) صورة ملتقطة لضاحك مقلوع بواسطة QLF حيث تظهر المناطق الأقل امتصاص للضوء كبقع داكنة (الحاصرة وآفات نقص التمعدن حولها) (Benson 2008).



شكل رقم 1- 13: يبين صور ملتقطة بال QLF وارتباطها مع التطور النسيجي للآفة (Gomez 2015).

1-3-5 جهاز مرقاب النخر الكهربائي ELECTRICAL CARIES MONITOR (ECM):

وهي طريقة أخرى لتحري النخور تعتمد على تحري التبدلات في الناقلية الكهربائية للنسج السنية، بما أن نقص التمعدن يسبب تشكل فجوات ضمن البنية السنية تمتلئ هذه الفجوات بالماء والشوارد القادمة من اللعاب مسببة تبدلات في الناقلية الكهربائية (Ricketts et al., 1996). يطبق جهازECM تياراً كهربائياً متناوباً بتردد ثابت حيث يقوم بقياس المقاومة الكتلية للنسج السنية (Longbottom and Huysmans 2004) وتُحدد درجة الناقلية الكهربائية بخواص البنية السنية والتي تشمل المسامية، منطقة التماس، ثخانة النسج، المحتوى المائي للميناء والمحتوى الشاردي للسوائل السنية (Neuhaus et al., 2009). أظهرت هذه الطريقة نتائج أفضل مقارنةً مع FOPTI والتصوير الشعاعي في تشخيص الآفات النخرية المبكرة (Gomez et al., 2013)، لكن ذكرت بعض الدراسات السابقة سلبية وجود التصبغات كعامل مضلل (Cortes et al., 2003) أيضاً ذُكر حدوث اختلاف واسع عند تكرار الفحص ربما بسبب التماس المختلف للمسبر مع سطح السن مما يقلل من موثوقيته (Huysmans and Longbottom 2004).

1-3-6 الطرق المجهرية MICROSCOPIC METHODS:

تسمح الطرق المجهرية بالقياس الدقيق والمباشر لمقدار انخساف الأملاح و تحديد عمق آفات البقع البيضاء وذلك عبر إحداث آفات نخرية صنعية بتعريض الأسنان المقلوعة لدورات الPH ثم مقارنة مقدار نقص التمعدن مع الأسنان الشاهدة، ومن هذه الطرق:

التصوير المجهري المستعرض Transverse Micro Radiography (TMR).

المجهر الضوئي المستقطب Polarized Light Microscopy (PLM):

استُخدم المجهر المستقطب في عدة دراسات من أجل التقييم الكمي لشدة آفات البقع البيضاء المتشكلة من خلال قياس عمق الآفات (Benson et al., 1999; Hicks et al., 2004; Blankenau et al., 1999, Anderson et al., 2002; Zero 1995).

المجهر الالكتروني الماسح Scanning Electron Microscopy (SEM):

يمكن من خلال استخدام المجهر الإلكتروني الماسح تحديد البنية المورفولوجية لسطح السن وتغيراتها بالإضافة إلى إمكانية التحليل المعدني الكمي. وله عدة فوائد تميزه عن المجهر الضوئي:

للمجهر الإلكتروني حقل عميق و واسع يسمح بفحص عدد كبير من العينات في آن واحد، كما يُظهر المجهر الماسح الإلكتروني صورة عالية التصميم، و يسمح بفحص التفاصيل الدقيقة وبنسب تكبير عالية. كما يعتبر تحضير العينات سهلاً نسبياً (Goldstein 2003).

استُخدم المجهر الالكتروني الماسح في الأبحاث التي تحرت تأثير التشعيع بالليزر في الوقاية من نقص التمعدن من خلال تحري التغيرات في البنية المجهرية للنسج السنية (Miresmaeili et al., 2014).

يحد من الطرق المجهرية عدم إمكانية تطبيقها في التقييم السريري واقتصارها على الأسنان المقلوعة، إضافة إلى تكلفتها العالية، كما أن قواعد البحث الحالية تقترح عدم إمكانية تأسيس دليل طبي كافٍ حول فعالية أي إجراء علاجي تم تطبيقه في الظروف المخبرية دون أن تُختبر فعاليته في التجارب السريرية المضبوطة المعشاة، لهذا الهدف طُورت طرق تسمح بتطبيق الإجراءات الجديدة في الظروف السريرية ثم تحليلها بطرق مجهرية للتأكد من فعاليتها قبل أن تُطبق مباشرة على المرضى وذلك من خلال النماذج النخرية (Benson 2008):

:CARIES MODEL

يستخدم الباحثون النماذج النخرية لتقييم نقص التمعدن وإعادة التمعدن داخل الفم. وعادة ما تشمل النماذج النخرية التقويمية تطبيق أطواق مثبتة للويحة (Hals and Simonsen 1972;Anderson et al., 2002; Blankenau et al.,1999; Hicks et al., 2004; Melrose et al., 1996) (الطوخي 2015) أو حاصرات قد يُضاف إليها وسائل مثبتة للويحة (Miresmaeili et al., 2014; Rechmann et al., 2011; O'Reilly and Featherstone 1987) على الأسنان المعدة للقلع، حيث يتم قلع السن المعني بعد تطبيق النماذج النخرية لفترة من الزمن ضمن الفم، ثم يتم فحصه بأحد الطرق المخبرية التي تقيس مقدار خسارة الأملاح أو عمق الآفات كاختبار القساوة المجهرية Microhardness testing، المجهر الضوئي المستقطب Polarized Light Microscopy PLM، أو التصوير المجهري Microradiograph (Ogaard et al., 1986; Pascotto et al., 2004).

تم اعتماد هذه الطريقة في العديد من التجارب السريرية فتقنية الإلصاق السريري للأطواق تسمح بالقياس المباشر لخسارة الأملاح او عمق الآفة ضمن الميناء، لكن لها العديد من المساوئ منها (Mellberg 1992): إمكانية عدم توفر الأسنان، اقتصار المشاركين في الأبحاث على المرضى المرشحين للقلع، لا توجد إمكانية لمراقبة قابلية التكرار للآفات، إضافة إلى بعض التقييدات المتعلقة بتوضع الآفات، ولا تبدأ المعالجة التقويمية حتى يتم قلع الأسنان المعنية وبالتالي فإن الامتداد الزمني للجزء السريري محدود وإلا ستطول معالجة المريض دون مبرر.

:IN SITU CARIES MODEL

وهي تقنية تسمح بتقييم نقص أو إعادة التمعدن. تتضمن استعمال شرائح مينائية يتم وضعها ضمن جهاز متحرك ليتم ارتداؤه من قبل مرضى متطوعين أو تُلصق إلى السطح السني، أو تُربط عبر حامل خاص إلى

الأسلاك التقويمية. وبعد أن يتم تطبيق التداخل العلاجي أو بعد انتهاء فترة المراقبة اللازمة تتم إزالة الشرائح وفحصها (Benson et al., 1999).

لهذه التقنية عدة ميزات تتفوق بها على النماذج النخرية من الأسنان المعدة للقلع ومنها (Zero 1995): تمثل آلية تطور النخر الطبيعي دون أن تسبب أذية غير ردودة للمريض، يمكن إبقاء الشرائح المينائية لنفس السن كعينة شاهدة مما يسمح بالتقييم الدقيق للتغيرات الحاصلة، إمكانية إحداث آفات نخرية صنعية في الشرائح قبل وضعها في الفم ليتم تقييم إعادة التمعدن أو زيادة نقص التمعدن، يمكن فحص الشرائح المينائية بطرق أكثر دقة تقيس خسارة الأملاح أو عمق الآفات كالتصوير الشعاعي المجهري، كما أنها لا تؤثر على المعالجة التقويمية ويمكن لها أن تنجز خلال المعالجة.

استُخدمت هذه التقنية في العديد من الأبحاث التي تحرت فعالية الإجراءات الوقائية الجديدة للتأكد من فعاليتها قبل أن تُطبق بشكل مباشر في التجارب السريرية (Ogaard et al., 1991; Strang et al., 1987; Wefel et al., 2002; Chimello et al., 2008; Apel et al., 2004; Cai et al., 2003; Alcantara et al., 2014; Souza-Gabriel et al., 2015).

أما السلبية الأساسية هي أنها مستهلكة للوقت خاصة في التحضير المخبري للشرائح وعند تحليلها، لذلك عادة ما يكون عدد المتطوعين في هذه التجارب محدوداً بين (5 – 40 مريض) مما يثير الشك حول إمكانية تمثيل أفراد العينة للمجتمع العياني (Benson 2008).

بشكل عام للوصول إلى تشخيص أفضل للآفات النخرية البدئية خاصة في التجارب السريرية المتضمنة تحري فعالية الإجراءات الوقائية يجب مشاركة الفحص السريري البصري (المعيار الذهبي) مع أحد طرق التشخيص الكمية مثل: ECM, QLF, FOPTI و DIAGNOdent (Gomez et al., 2013).

4-1 طرق الوقاية من تشكل آفات البقع البيضاء لدى مرضى التقويم:

1-4-1 إجراءات الصحة الفموية:

يجب أن تبدأ الإجراءات الوقائية من تثقيف المريض وتشجيعه على الحفاظ على صحة فموية جيدة والالتزام بنظام غذائي غير مسبب للنخر. فتأسيس الصحة الفموية هو حجر الأساس للإجراءات الوقائية خلال المعالجة التقويمية بالأجهزة الثابتة (Khoroushi and Kachuie 2017). إن الإزالة الميكانيكية للويحة المتراكمة عبر تفريش الأسنان بمعاجين أسنان حاوية على الفلورايد على الأقل مرتين يومياً خاصة في الأماكن المثبتة للويحة هو أمر موصى به بشدة. ويجب إعادة تقييم تعاون المريض وإعادة إعطاء تعليمات الصحة الفموية والنظام الغذائي خلال الزيارات الدورية (Sudjalim et al., 2006). كما أن التنظيف الوقائي ضمن العيادة يُنقص من الحمل الجرثومي ويزيد من فعالية التفريش ويُسهل التنظيف على المريض عبر استعمال معاجين حاوية على الفلورايد مع أقماع مطاطية متدرجة الخشونة لتلميع السطوح التاجية للأسنان مما يقلل من تثبيتها للويحة وذلك مرتين أو ثلاث مرات في السنة للحفاظ على صحة فموية جيدة وإنقاص خطورة النخر السني (Øgaard 2001).

2-4-1 تطبيق الفلورايد:

تم توثيق دور الفلورايد في الوقاية من آفات البقع البيضاء خلال المعالجة التقويمية عبر تطبيقه من خلال: الغسولات الفموية الفلورية، الهلام الفلوري، معاجين الأسنان الحاوية على الفلورايد، الفرنيش الفلوري، المواد اللاصقة المحررة للفلورايد، ومطاط الربط التقويمي المحرر للفلورايد (Khoroushi and Kachuie, 2017).

يعتبر الفلورايد بمنتجاته المختلفة هو المعيار الذهبي في الوقاية من تشكل الآفات النخرية البدئية خلال المعالجة التقويمية (Khoroushi and Kachuie 2017)، ولا يوجد دليل طبي كافٍ في الأدبيات حتى الآن حول وجود إجراء وقائي فعال يمكن أن يكون بديلاً عن الفلورايد (Fontana 2016).

حيث تقوم شوارد الفلورايد بتثبيط تشكل النخر عبر (Davidson and Bekke-Hoekstra 1980):

1) تعديل الاستقلاب الجرثومي ضمن اللويحة السنية بتثبيط بعض العمليات الأنزيمية.

2) تثبيط إنتاج الحموض عبر تغيير النبيت الجرثومي و/ أو الفعالية الاستقلابية للعضويات الدقيقة.

3) تثبيط نقص التمعدن وتعزيز تمعدن الآفات النخرية البدئية خاصة عندما يُطبق بتراكيز منخفضة وثابتة.

1-2-4-1 معاجين الأسنان الحاوية على الفلورايد:

يجب أن يكون تركيز الفلورايد المستخدم ضمن معاجين الأسنان (بصيغة فلورايد الصوديوم، أحادي فلور الفوسفات أو الفلورايد القصديري) فوق 1000ppm كي يكون أكثر فعالية (Zabokova-Bilbilova et

al., 2014; Marinho 2009; Walsh et al., 2010). ويوصى بتطبيق المعاجين السنية ذات تركيز الفلورايد العالي (5000 ppm) مرتين يومياً لدى المرضى ذوي الخطورة النخرية العالية كونه أكثر فعالية من التركيز التقليدي، لكن لا يُنصح بوصفه للأعمار أقل من 16 سنة (Bergstrand and Twetman 2011; Feng and Chu 2013; Al-Mulla et al., 2010).

لكن بالرغم من ذلك، إن استعمال معاجين الأسنان الحاوية على الفلورايد لوحدها غير فعال في الوقاية من آفات البقع البيضاء لدى معظم المرضى حتى في حال وجود صحة فموية جيدة (Richter et al., 2011)، لذا يوصى باستعمال مصادر أخرى محررة للفلورايد.

1-4-2-2 المضامض الفلورية:

إن الاستعمال اليومي للمضامض الفموية الحاوية على فلورايد الصوديوم أظهر تناقصاً جوهرياً في تطور الآفات النخرية حول وتحت الأطواق التقويمية. كما أُضيفت المضادات الجرثومية إلى الغسولات الفموية كالكلورهكسيدين، التريكلوسان، أو الزنك لتعزيز تأثيرها المضاد للنخور (Zabokova-Bilbilova et al., 2014).

أوصى Benson في مراجعته المنهجية بالاستعمال اليومي لمضامض فلورايد الصوديوم 0.05% للوقاية من نقص التمعدن المينائي خلال المعالجة التقويمية الثابتة (Benson et al., 2003a).

كما يوصى بالاستعمال اليومي للغسولات الفموية الحاوية على فلورايد الصوديوم (0.05% أو 0.2%) و/أو الغسولات الفموية الحاوية على α-1 فيتوبروتين 1.2% مرة أسبوعياً لإنقاص حدوث خسارة في التمعدن خلال المعالجة التقويمية (Khoroushi and Kachuie 2017).

1-4-2-3 الفرنيش الفلوري:

ذكرت فعالية الفرنيش الفلوري المطبق 2-4 مرات سنوياً في إنقاص حدوث النخر في كل من الأسنان المؤقتة والدائمة (Marinho et al., 2013). يتميز الفرنيش الفلوري بأنه طريقة آمنة تقوم بحماية الميناء دون أن تعتمد على تعاون المريض وتحرر الفلورايد بشكل مستمر خلال فترة زمنية طويلة (Khoroushi and Kachuie 2017). حيث يؤدي تطبيق الفرنيش الفلوري إلى إنقاص آفات البقع البيضاء لدى المرضى الخاضعين للمعالجة التقويمية بمقدار 44.3% (Zabokova-Bilbilova et al., 2014).

ذكر Azarpazhooh وLimbbeback بعد فترة متابعة امتدت لثلاث سنوات أن تطبيق الفرنيش الفلوري كل ستة أشهر هو إجراء فعال للمجموعات ذات الخطورة النخرية المتوسطة والعالية، كما استنتجا أن الفرنيش يحرر الفلورايد بمعدل منخفض حتى ستة أشهر ويكون مقدار التحرر الأكبر للفلورايد خلال الثلاثة أسابيع الأولى ثم يتناقص تدريجياً لذا يوصى بتطبيق الفرنيش مرة كل ستة أشهر للحصول على تأثير وقائي

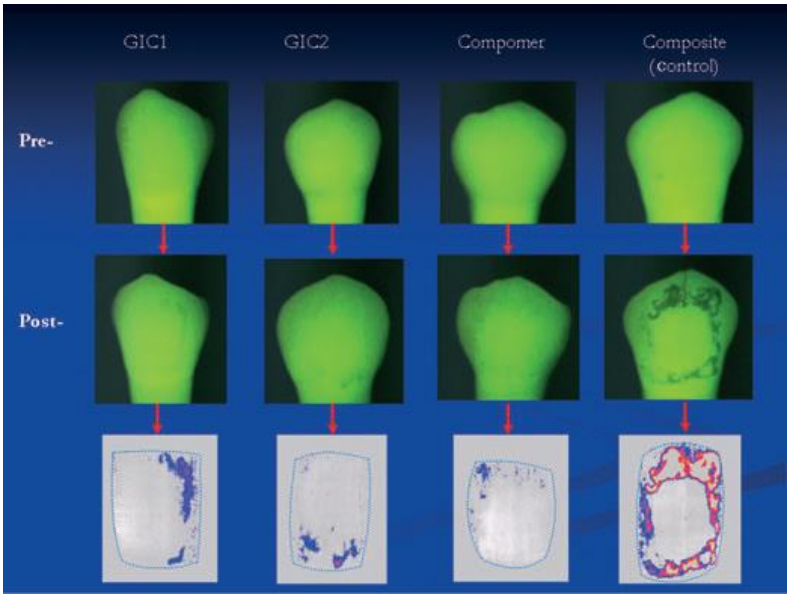
فعال (Azarpazhooh and Limeback 2008)، بينما أوصت بعض الدراسات أن يتم تطبيق الفرنيش كل 90 يوم (كل ثلاثة أشهر) للوصول إلى تأثير وقائي كافٍ (Vivaldi-Rodrigues et al., 2006).

استنتج Perrini وزملاؤه في دراسة سريرية حديثة أن التطبيق الدوري للفرنيش الفلوري لدى المرضى المعالجين بالأجهزة التقويمية الثابتة يمكن أن يُقدم بعض التأثير الواقي من تشكل آفات البقع البيضاء لكنه قد لا يكون جوهرياً في حالات الصحة الفموية الجيدة (Perrini et al., 2016).

كما أن تطبيق الفرنيش الفلوري لمرة واحدة قبل المعالجة التقويمية قد لا يقدم أي تأثير وقائي إضافي من تشكل البقع البيضاء إلى معاجين الأسنان الحاوية على الفلورايد خاصة في حالات الخطورة النخرية العالية والمتوسطة ولا تزال فعالية هذه التقنية غير واضحة حتى الآن (Kirschneck et al., 2016).

4-2-4-1 المواد اللاصقة المحررة للفلورايد:

قامت العديد من المحاولات للاستفادة من المواد التي تحرر الفلورايد مع الزمن نظراً لنقص فعالية الإجراءات الوقائية المعتمدة على تعاون المريض، ومنها الأنظمة اللاصقة التي تحرر الفلورايد بشكل مستمر حول قاعدة الحاصرات (Khoroushi and Kachuie 2017). فقد تبين لدى دراسة المواد اللاصقة المحررة للفلورايد باستخدام التألق الكمي المحدث بالضوء QLF أنها تملك تأثيراً ملحوظاً في تثبيط نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية مقارنة مع الكومبوزيت التقليدي (McCabe et al., 2011) (شكل رقم 1-14).



شكل رقم 1- 14: يبين صور الQLF الملتقطة قبل وبعد نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية، حيث يظهر نقص تمعدن واضح حول الكومبوزيت التقليدي (المجموعة الشاهدة) ونقص تمعدن أصغري حول الاسمنتات اللاصقة لمحررة للفلور (McCabe et al., 2011).

أظهرت نتائج الدراسات المخبرية أن تطبيق اسمنتات الإلصاق المحررة للفلورايد المختلفة يثبط حدوث نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية وأوصت بتطبيقها لدى مرضى التقويم ذوي الخطورة النخرية العالية (Passalini et al., 2010)، فعند مقارنة مقدار تحرر الفلورايد ومقدار نقص التمعدن باستخدام QLF بين اسمنتات الإلصاق المحررة للفلورايد (الاسمنت الزجاجي الشاردي، الاسمنت الزجاجي الشاردي المعدل بالراتنج، والكومبوميرر) والكومبوزيت التقليدي كمجموعة شاهدة وجد أن مقدار تحرر الفلورايد كان شبه معدوم في المجموعة الشاهدة، بينما كان مقدار تحرر الفلورايد أعلى بشكل دال إحصائياً ومقدار نقص التمعدن أقل بشكل دال إحصائياً في مجموعات اسمنتات الإلصاق المحررة للفلورايد منها في المجموعة الشاهدة دون وجود فروق جوهرية بين مجموعات الاسمنتات المحررة للفلورايد (Mahmoud et al., 2007).

إلا أن الأداء السريري للمواد اللاصقة المحررة للفلورايد في تثبيط نقص التمعدن خلال المعالجة التقويمية لم يكن ناجحاً، قد يعود ذلك إلى أن هذه المواد تحرر الفلورايد بشكل قفزي في اليوم الأول ثم يتناقص مقدار التحرر بشكل حاد خلال أسبوع، وهي قابلة لإعادة الشحن وتحرير الفلورايد بتركيز منخفض ومستمر عندما يتم تعريضها لمصادر الفلورايد الخارجية وهذا ما لا يمكن ضبطه لدى المرضى في الأبحاث السريرية (McCabe et al., 2011).

ذكرت بعض الأبحاث السريرية دور المواد اللاصقة المحررة للفلورايد في تثبيط تشكل البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية (Marcusson et al., 1997; Shungin et al., 2010) إلا أن فعاليتها في تثبيط نقص التمعدن في الظروف السريرية لم تثبت حتى الآن (Banks et al., 1997; Turner 1993; Mitchell 1992; Alabdullah et al., 2017; Khoroushi and Kachuie 2017).

1-4-2-5 مطاط الربط المحرر للفلورايد:

إن الفلورايد المتحرر من مواد الربط المطاطية قد يساعد في تخفيض نسبة حدوث نقص التمعدن (Banks et al., 2000)، لكن دمج الفلورايد مع المواد المطاطية قد يسبب في تغير خواصها الفيزيائية مما يسرع من تخربها ضمن الحفرة الفموية (Mattick et al., 2001; Miethke 1997).

وفقاً ل Benson وزملائه في مراجعته المنهجية حول دور الفلورايد في تثبيط تشكل البقع البيضاء نتيجة المعالجة التقويمية، لم يوصَ باستخدام المواد اللاصقة أو مواد الربط المحررة للفلورايد وذلك ضمن معايير التضمين للدراسات السريرية التي طبقت منتجات الفلورايد المختلفة (Benson et al., 2013).

1-4-3 تطبيق المادة السادة للشقوق والوهاد (السيلانت):

إن تطبيق السيلانت المصلب ضوئياً على السطوح الدهليزية للأسنان حول الحاصرات التقويمية الملصقة أظهر فعالية عالية في تثبيط نقص التمعدن (بمقدار 80%) خلال المعالجة التقويمية دون الاعتماد على تعاون المريض (Benham et al., 2009, Khoroushi and Kachuie, 2017).

كما أن تطبيق السيلانت الحاوي على الفلورايد (Pro Seal selant) على السطوح الدهليزية فعال في الوقاية من تطور الآفات النخرية حول الحاصرات التقويمية حيث أظهرت الدراسة المخبرية ل Pithon وزملائه أن السيلانت لوحده أو مع تفريش الأسنان و/أو التفريش مع الغسولات الفموية الحاوية على الفلورايد كانت أكثر فعالية في حماية الميناء مقارنة مع التفريش فقط (Pithon et al., 2015).

1-4-4 تطبيق CASEIN PHOSPHOPEPTIDES AMORPHOUS CALCIUM PHOSPHATE:

إن تطبيق المنتجات الحاوية على casein phosphopeptides- amorphous calcium phosphate (CAP-ACP) يمكن أن يثبط نقص التمعدن الميناني حيث يتم امتصاصه من قبل سطح الميناء ليؤثر في عمليات نقص وإعادة التمعدن (Reynolds, 2009). حيث يقوم بدوره من خلال بروتين يدعى الكاسين يرمز له ب CAP والذي يحافظ على شوارد الكالسيوم والفوسفات ملتصقة به على شكل APP (Shen et al., 2001). هذا المعقد CAP-APP يحرر شوارد الكالسيوم والفوسفات. تعتمد الفعالية المضادة للنخر لمركب CAP-APP على اندخال المعقدات ضمن اللويحة وعلى السطح السني مما يسمح لها أن تزود بشوارد الكالسيوم والفوسفات وتحافظ عليها (Cross et al., 2004). في حالة الهجوم الحمضي تتحرر شوارد الكالسيوم والفوسفات حتى الوصول إلى حالة فوق الإشباع للعاب بالشوارد ثم يتم تثبيت روابط الكالسيوم- فوسفات على السطح السني المعرض (Iijima et al., 2004)، إضافة لذلك يؤدي تحطم مركب CPP إلى زيادة الPH (فعل دارئ) عبر إنتاج الأمونيا، كما أنه قد يمنع التصاق الجراثيم إلى السطح السني (Cochrane et al., 2010).

أظهرCAP-APP فعالية في إعادة تمعدن البقع البيضاء بعد انتهاء المعالجة التقويمية فعند تعريض هذه الآفات إلى تراكيز عالية من الفلورايد تحدث إعادة تمعدن في السطح فقط دون تمعدن جسم الآفة مما يؤدي إلى بقاء هذه الآفات المتوقفة بمظهر غير مقبول جمالياً (Beerens et al., 2010)، بينما مركب CAP-APP يسمح باختراق الأيونات إلى طبقات أكثر عمقاً من آفة نقص التمعدن مما يؤدي إلى تمعدن جسم الآفة وتحسن المظهر الجمالي لها (Brochner et al., 2011). لذلك أظهرت الدراسات أن CAP-APP قد يكون أكثر فعالية من الفلورايد في معالجة البقع البيضاء بعد المعالجة التقويمية (Andersson et al., 2007; Kecik et al., 2008; Uysal et al., 2010b; Lopatiene et al., 2016).

أما دورCAP-APP في تثبيط تشكل البقع البيضاء خلال المعالجة التقويمية فقد ذكر في بعض الدراسات السريرية (Robertson et al., 2011; Uysal et al., 2010a; He et al., 2010) إلا أنه لم يوضح بعد على المدى الطويل، كما أن الدراسات السريرية حول فعاليته الوقائية ليست قوية بما يكفي للوصول إلى توصيات موثوقة بتطبيقه الروتيني خلال المعالجة التقويمية (Morrier 2014; Khoroushi and Kachuie 2017).

1-4-5 تطبيق الراتنج المرتشح (ICON®) :

طبق حديثاً للوقاية من تشكل البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية في دراسة مخبرية حيث تم تطبيقه على الجزء اللثوي للميناء حول الحاصرات التقويمية الملصقة على ضواحك مقلوعة وتم تعريضها لدورات نقص وإعادة تمعدن ومقارنتها مع المجموعة الشاهدة غير المعالجة. وأظهرت النتائج أن استخدام ICON® يثبط تشكل البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية، حيث كانت نسبة البقع البيضاء في مجموعة ICON® الملاحظة على الصور الرقمية 13.33% ومتوسط مساحتها 0.234 ملم^2، وبلغ متوسط درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent 4.1. أما في المجموعة الشاهدة فشوهدت البقع البيضاء على الصور الرقمية بنسبة 100% ومتوسط مساحتها 5.353 ملم^2، وبلغ متوسط درجة خسف الأملاح المعدنية 12.8(حرب 2016).

1-4-6 الليزر:

يعود التطبيق السريري لليزر في مجال طب الأسنان إلى 1960، استنتج Stern وزملاؤه لأول مرة عام 1972 أن تطبيق الليزر قد يؤدي إلى تثبيط حدوث نقص التمعدن وكان أول ليزر طُبِّق في هذا المجال هو ليزرCO2 (Stern et al., 1972).

حيث لوحظ أن تشعيع الميناء بالليزر يزيد من قساوته المجهرية ويجعله أكثر مقاومة للحموض وذلك عبر تعديل البنية المورفولوجية لسطح للميناء مع الحفاظ عليه سليماً، مما يسمح بالحصول على تأثير وقائي فعال وطويل الأمد دون أي اعتماد على تعاون المريض، وهذا يفيد في حالات الخطورة النخرية العالية كالنخور الجائحة، المرضى غير القادرين على الالتزام بإجراءات الصحة الفموية، أو المرضى الخاضعين لمعالجة تقويمية بالأجهزة الثابتة المراكمة للويحة (Karandish 2014; Khoroushi and Kachuie 2017).

وبالرغم من أن التأثير الوقائي الناجم عن التشعيع بالليزر قد أثبت في الأبحاث المخبرية منذ أكثر من 50 عاماً إلا أن الدراسات السريرية حوله لاتزال قليلة مما يحد من إمكانية تطبيقه الروتيني سريرياً (Rodrigues et al., 2015).

1-4-6-1 تفاعل الليزر مع النسج السنية:

إن تفاعل الليزر مع النسيج يعتمد على بارامترات الليزر (الطول الموجي، التردد، طاقة النبضة، زمن النبضة، نوع الإصدار (مستمر/نبضي)، أبعاد الحزمة، طرق التوصيل)، وعلى الخواص الضوئية والحرارية للنسيج المتعرض (Wigdor 1997).

لذا قبل تطبيق الليزر لإحداث الأثر المرغوب، يجب فهم المصطلحات التي تتعلق بمقدار تعرض النسيج المستهدف لليزر وأخذها بعين الاعتبار وهي كثيراً ما تذكر في الأبحاث المطبقة حول الليزر (Rodrigues et al., 2004):

طول الموجة Wave length: هو المسافة بين قمتي موجتين متتاليتين.

الواط Watt: هو واحدة قياس الاستطاعة وهي تعبر عن كثافة الطاقة المنتجة أي معدل الطاقة المنتجة خلال واحدة الزمن (watt = 1J/S).

الجول Joule: هو واحدة قياس الطاقة.

كثافة الطاقة Energy Density: وهي الكمية الإجمالية للطاقة في واحدة المساحة ويعبر عنها بالجول/سم^2 (J/cm^2).

الهرتز Hertz: وهي واحدة قياس التردد (لليزر النبضي).

يعتمد التأثير النهائي لليزر على مقدار الطاقة المنتشرة داخل النسيج حيث ينتج عن هذه الطاقة المنتشرة ارتفاع درجة الحرارة في المنطقة المعرضة، ومقدار ارتفاع الحرارة هو الذي يحدد امتداد التغيرات في البنية المورفولوجية والكيميائية للنسج المشعة (Wigdor 1997; Featherstone 2000).

عند توضع الحرارة المتولدة من مصدر التشعيع على سطح السن فإن **زمن التعرض** مهم أيضاً إضافة إلى الطاقة المُنتجة. لشرح ذلك يجب فهم مصطلح **زمن الاسترخاء الحراري Thermal relaxation time:** وهو الزمن المطلوب لتصل الحرارة إلى العمق المحدد والتي تقدر تقريباً ب84% من مقدار الحرارة المتولدة عند السطح، كما يمكن تعريفه بأنه الزمن المقدر لتتناقص الحرارة المنتشرة في النسيج ذي السماكة المعينة إلى ما يقارب النصف (Wigdor et al., 1995; Zuerlein et al., 1999).

لذلك فإن **زمن النبضة** هام جداً لتحديد التفاعل بين الليزر والنسيج المُعرض، فإذا كان زمن النبضة لليزر المطبق مشابه أو أقل قليلاً من زمن الاسترخاء الحراري للنسيج فإن الطاقة ستبقى بنفس مقدارها عندما يتم امتصاصها مما يؤدي لارتفاع الحرارة عند السطح مع بقاء الطاقة منخفضة. أما عندما يكون زمن النبضة أطول من زمن الاسترخاء الحراري فإن الطاقة الحرارية ستنتشر باتجاه مركز السن مما يؤدي إلى تسخين مقدار أكبر من النسيج أي أن جزء كبير من طاقة الليزر الممتصة سينتشر بعيداً عن سطح الميناء مما يؤدي

إلى تسخين غير كافٍ للسطح وإمكانية أذية اللب السني. ومن جهة أخرى إذا كان زمن النبضة أقل بكثير من زمن الاسترخاء الحراري للنسيج فإن كثافة الطاقة المتوضعة على السطح ستكون عالية جداً مما يسبب كشط وإزالة النسج بدلاً من حدوث التسخين المرغوب والانصهار (Wigdor et al., 1995; Zuerlein et al., 1999).

لذلك يجب اختيار بارامترات الليزر وفقاً للإجراء المطلوب إنجازه، فعند الحاجة لتعديل تركيب وانحلالية النسيج عبر الحرارة لتصبح أكثر مقاومة لنقص التمعدن يجب أن تُمتص طاقة الليزر بشكل جيد من قبل السطح لتتحول إلى حرارة دون أذية اللب السني (Featherstone 2000).

2-6-4-1 آلية تأثير الليزر في تثبيط نقص التمعدن:

اقتُرحت العديد من الفرضيات في الأبحاث لتفسير زيادة مقاومة المينـاء للنخور بعد تشعيعه بالليزر إلا أن الآلية الدقيقة لذلك لا تزال غير واضحة حتى الآن (Khoroushi and Kachuie 2017)، ومن هذه الفرضيات (Karandish 2014):

- افترض البعض حدوث انصهار في السطح المينائي وتشكل فجوات على شكل ثقوب مجهرية بقطر 1-20 mμ، حيث أن النخر البدئي يحدث على مرحلتين: المرحلة الأولى: انحلال بلورات الهيدروكسي أباتيت المينائية، المرحلة الثانية: انتشار الأيونات من الهيدروكسي أباتيت كالكالسيوم والفوسفات والهيدروجين خارج سطح الميناء (Chen and Huang 2009) . عند تشعيع الميناء بالليزر تقوم الثقوب المجهرية الناجمة عن التشعيع باحتجاز الشوارد المنحلة لتبدأ بإعادة تمعدن السطح المينائي (Khoroushi and Kachuie 2017)، إن إعادة التمعدن هي المسؤولة عن التغيرات في قرينة انكسار الميناء المشعع بالليزر بعد تعرضه للوسط الحمضي. هذه الفرضية لوحظت في مجموعات الأسنان المشععة بليزر CO2 وليزر Nd:YAG (Chen and Huang 2009).
- لوحظ أيضاً تعزيز البنية الكريستالية المينائية بعد تطبيق ليزر Er:YAG (Kwon et al., 2005). إضافة إلى زيادة القبض الفلوري وإنقاص الانحلال الحمضي (Schmidlin et al., 2007). كما لوحظ بعد تطبيق ليزر Er;Cr:YSGG عدم حدوث تغير جوهري في نسبة وزن P/Ca، إزالة طبقة اللطاخة المينائية والعاجية تاركة سطوح مجهرية غير نظامية مختلفة، وفتح القنيات العاجية دون ملاحظة حدوث انصهار أو تبخر(Qiao et al., 2005).
- إضافة إلى حدوث تبدلات ميكانيكية مختلفة في السطح السني المعرض لليزر مثل: إنقاص انحلالية الميناء دون حدوث تبدلات مينائية شديدة (Cecchini et al., 2005)، كما لوحظ عند مقارنة تدفقات مختلفة من ليزر Er:YAG أنه بالإضافة إلى اختلاف حجم الصدوع لوحظ حدوث تبدلات مورفولوجية

وكيميائية كما لوحظت خشونة السطوح الداخلية للصدوع (Rodriguez-Vilchis et al., 2011)، بينما وجدت دراسة أخرى أن تطبيق ليزرات الإريبيوم ينجم عنه تشكل صدوع مينائية دقيقة تشكل نقطة بداية للهجوم الحمضي وتسبب نقص تمعدن عميق وهذا بدوره ينقص من التأثير الإيجابي لليزر في الوقاية من النخر (Apel et al., 2005).على النقيض من ذلك وجدت دراسة أخرى أن تطبيق ليزر Er;Cr:YSGG بكثافة 125 جول/سم^2 يؤثر على الطبقات السطحية للميناء ويجعلها أكثر مقاومة للهجوم الحمضي. أيضاً ذكرت أن وجود الطبقات المينائية الطرية مخسوفة الأملاح ضمن الآفات النخرية كان أقل وضوحاً في العينات المشععة بالليزر (Geraldo-Martins et al., 2013).

- اتجه الرأي المعاصر نحو التأثير التآزري لليزر والفلورايد الموضعي في الوقاية من نقص التمعدن (Steiner-Oliveira et al., 2010).

للوقاية من النخر السني يجب أن تُمتص الطاقة المتولدة من الليزر من قبل النسج السنية بنسبة عالية وكافية ليتم تحولها إلى طاقة حرارية تُحتبس في السطح وتعدل من البنية الهيكلية والتركيب الكيميائي لهذه النسج لتزيد من مقاومتها للحموض (Featherstone 2000)، لذلك فإن الاختيار المناسب لنوع حزمة الليزر وتطبيق البارامترات المناسبة أمر أساسي للوصول إلى التثبيط الأعظمي للنخور مع أقل خطر ممكن لأذية اللب السني (Rodrigues et al., 2015).

3-6-4-1 أنماط الليزرات المستخدمة في الوقاية من آفات نقص التمعدن:

طبقت الدراسات أنماط مختلفة من حزم الليزر بهدف الوقاية من نقص التمعدن (Karandish 2014; Ana et al., 2006; Rezaei et al., 2011; Rodrigues et al., 2015) ، ومنها:

- ليزر CO2 (بالأطوال الموجية 9.6 mμ & mμ10.6) (Miresmaeili et al., 2014; Rechmann et al., 2011).
- ليزر الأرغون (488-514 نانومتر) (Blankenau et al., 1999; Hicks et al., 2004; Anderson et al., 2002).
- Nd:YAG (mμ 1.064) (Harazaki et al., 2001; Zezell et al., 2009).
- Er:YAG (mμ 1.94) (Apel et al., 2004).
- Er;Cr:YSGG (mμ 1.79) (Anaraki et al., 2012).
- وبشكل أقل شيوعاً Diode laser (Kato et al., 2006).

إن امتصاص الميناء والعاج ضعيف للمجالات المرئية وتحت الحمراء القريبة. فمعامل امتصاص الميناء ضمن مجال الضوء المرئي (400-700 نانومتر) أقل من 1 سم $^{-1}$ وحوالي 10 سم $^{-1}$ في مجال الضوء فوق البنفسجي (240-300 نانومتر) كما أن معامل تبعثر الميناء يتناقص بين 240 و700 نانومتر ويكون أقل في المجال تحت الأحمر القريب. عند مجال ليزر Nd:YAG (1064 نانومتر) يكون معامل امتصاص الميناء ضعيفاً مما يعني أن أشعة الليزر تعبر خلال الميناء مع امتصاص أصغري وتبعثر أقل (Wigdor et al., 1995; Featherstone 2000; Olivi et al., 2009; Sweeney 2008; Rezaei 2011). لهذا السبب تستخدم كثير من الأبحاث المادة الصباغية مع ليزر Nd:YAG لتحسين امتصاصه من قبل الميناء (Tagomori and Morioka 1989; Kwon et al., 2003).أيضاً ليزر الأرغون (488-514 نانومتر) فشل في تحقيق امتصاص كافٍ من قبل الميناء (Gonzalez et al., 1996)، لذلك فإن الدراسات المبكرة التي استخدمت هذه الأنماط من حزم الليزر طبقت كثافات عالية لأشعة الليزر($> 10^7$ واط/ سم^2) للوصول إلى التأثير المرغوب إلا أن الطاقات العالية قد تسبب أذيات حرارية للنسج العميقة وتموت اللب السني (Rodrigues et al., 2004).

إن أنظمة الليزر التي تقع ضمن المجال الطيفي تحت الأحمر المتوسط تشمل ليزرات الإربيوم و ليزر CO2. يُمتص ليزر الإربيبوم بشكل أساسي من الماء مما يجعله فعالاً في تحضير الميناء وإزالة الآفات النخرية (Featherstone 2000; Wigdor et al., 1995; Sweeney 2008).

أما ليزر CO2 إضافة إلى امتصاصه العالي من قبل الماء فإن طيفه الضوئي يتوافق بشكل قريب جداً مع طيف امتصاص روابط الهيدروكسي أباتيت في النسج السنية وخاصة روابط الفوسفات والكربونات، لذا فهو يعتبر الأكثر فعالية بين أنظمة الليزر في تعزيز مقاومة الميناء لنقص التمعدن (Rodrigues et al., 2004)، فهو يحقق امتصاصاً كافياً من قبل سطح الميناء مما يسمح بإمكانية إحداث الأثر الحراري المرغوب بطاقة منخفضة ودون رفع حرارة النسج العميقة وأذية اللب السني، لذلك فإن معظم الدراسات المطبقة من أجل زيادة مقاومة الميناء لنقص التمعدن استخدمت ليزر CO2 (Karandish 2014).

4-6-4-1 ليزر ثاني أكسيد الكربون CO2:

طور لأول مرة من قبل Patel عام 1964 (Patel 1964) وسطه الناقل الفعال هو غاز CO2، وهو أحد أنظمة الليزر الأكثر شعبية و فعالية ضمن المجال الطيفي الكهرومغناطيسي تحت الأحمر وذلك لأنه يسمح بخيارات متعددة من أنظمة التطبيق (طاقة عالية بإصدار موجي مستمر، أو إصدار موجي متقطع نبضي، مجال واسع للطاقة المنتجة من الميلي واط إلى الغيغا واط) مما يسمح بتطبيقه في مجالات مختلفة كالعلوم والطب وأبحاث الطاقة (Witteman 1989).

يصدر ليزر CO2 فوق 100 نظام إصدار مختلف بأطوال موجية تتراوح بين 9- 11 mμ. إن الأطوال الموجية الأكثر فعالية هي بالترتيب 9.3، 9.6، 10.3، 10.6 mμ حيث يعتبر الطول الموجي 10.6mμ هو الأقوى بينها كما أن معظم أجهزة ليزر CO2 المستخدمة في المجال الطبي تصدر فقط هذا الطول الموجي (Gonzalez et al., 1995; Rodrigues et al., 2004).

تُطبق جميع أنظمة ليزر CO2 في مجال طب الأسنان دون تماس non-contact mode بإصدار موجي مستمر أو متقطع، لذلك طورت أنظمة نقل خاصة تسمح بمسافة تشعيع صغيرة وقبضات بنهاية مستدقة للتغلب على صعوبات الوصول إلى بعض مناطق الحفرة الفموية ولمنع التعرض غير المرغوب للنسج الأخرى غير المستهدفة (Pick 1993).

قامت العديد من الدراسات في الأدبيات الطبية بتحري فعالية ليزر CO2 في تثبيط نقص التمعدن والانحلال الحمضي الميئائي وفي تحريض إعادة التمعدن الميئائي ومقارنته مع أنظمة الليزر الأخرى أو مع الإجراءات الوقائية الأخرى، **ومن أهم الدراسات المخبرية:**

- دراسة (Tsai et al., 2002) المخبرية التي تحرت تأثير ليزر CO2 على سطح الميناء للضواحك المقلوعة بالمقارنة مع السطح الميئائي لنفس السن المعالج بليزر Nd:YAG والسطح الميئائي الشاهد غير المعالج، حيث أظهرت السطوح المعرضة لليزر CO2 معدل انحلال كالسيوم أقل بشكل جوهري من المجموعة الشاهدة أما مجموعة ليزر Nd:YAG فلم يختلف معدل انحلال الكالسيوم عن المجموعة الشاهدة، وكان عمق الآفات المقاسة بالمجهر الالكتروني أقل بشكل جوهري في مجموعة ليزر CO2 منها في مجموعة ليزر Nd:YAG. واستنتجت الدراسة أن ليزر CO2 أكثر فعالية من ليزر Nd:YAG في زيادة مقاومة الميناء للحموض.
- دراسة In- Situ ل (Rodrigues et al., 2006) الذي قام بتطبيق أجهزة حنكية تحوي مقاطع مينائية لدى 17 متطوع تم تقسيم المرضى إلى مجموعتين; في المجموعة الأولى تم استخدام مقاطع مينائية شاهدة معالجة بمعاجين أسنان غير حاوية على الفلورايد، ومقاطع مينائية مشععة بليزر CO2 وذلك بتصميم الفم المشطور، أما في المجموعة الثانية تم استخدام مقاطع مينائية معالجة بمعاجين أسنان حاوية على الفلورايد، ومقاطع مينائية معالجة بالفلورايد وليزر CO2 معاً. وأظهرت كل من مجموعة الليزر لوحده ومجموعة الفلورايد لوحده مقدار أقل من خسارة الأملاح بشكل جوهري مقارنة مع المجموعة الشاهدة بدون فلورايد ودون وجود فروق جوهرية بين مجموعتي الليزر والفلورايد. واستنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 لوحده أو مع الفلورايد فعال في تثبيط خسارة الأملاح في الفم بعد التعرض لتحدٍ مسبب للنخر وكان التأثير الأكبر عند مشاركة الفلورايد مع الليزر.

- دراسة (Schmidlin et al., 2007) المخبرية التي شملت 60 ضاحكاً مقلوعاً تم تقسيمها إلى ثلاث مجموعات; في المجموعة الأولى تم تطبيق محلول 1% أمين الفلورايد بدون ليزر، وفي المجموعة الثانية تم تطبيق ليزر لوحده CO2، أما في المجموعة الثالثة تم تطبيق الليزر مع الفلورايد. حيث كانت مقاومة الميناء للانحلال الحمضي أكبر عند تطبيق الليزر مع الفلورايد كما أن التبدلات المينائية على المجهر الالكتروني الماسح كانت أقل عند مشاركة الليزر مع الفلورايد. واستنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 مع الفلورايد فعال في زيادة مقاومة الميناء للحموض.
- دراسة (Steiner-Oliveira et al., 2008) المخبرية الذي قام بتقييم تأثير ليزر CO2 على تطور الآفات النخرية حيث تم تقسيم المقاطع المينائية مخسوفة الأملاح إلى 9 مجموعات: مع/بدون ليزر CO2، مع /بدون معاجين فلورية، مع/بدون غسولات فلورية. حيث أظهرت كل مجموعات الليزر مقداراً أقل من خسارة التمعدن وتراوح مقدار تثبيط نقص التمعدن بين 48-60%، ولم يلاحظ أي تأثير إضافي مثبط لنقص التمعدن عند مشاركة المركبات الفلورية مع الليزر. استنتجت الدراسة أن ليزر CO2 لوحده أو بمشاركة الفلورايد فعال في تثبيط نقص التمعدن المينائي.
- دراسة (Hsu et al., 2008) المخبرية التي شملت 22 مقطع مينائي بشري وبقري، تم تقسيم كل مقطع مينائي إلى ستة أجزاء: جزء سليم تم عزله بالفرنيش، جزء سليم معزول بالفرنيش ومشعع بالليزر، جزء معرض لمحلول خسف الأملاح وغير معالج (شاهد)، جزء معرض لمحلول خسف الأملاح ومشعع بالليزر فقط، جزء معرض لمحلول خسف الأملاح ومعالج بالفلورايد فقط، جزء معرض لمحلول خسف الأملاح ومعالج بالفلورايد مع ليزر CO2. حيث أظهرت الأجزاء المينائية المشععة بالليزر عند تقييمها بالتصوير المقطعي البصري polarization-sensitive optical coherence tomography (PS-OCT) عكساً أقل للضوء مقارنة مع الأجزاء الشاهدة منخسفة الاملاح وعكساً أقل للضوء من الأجزاء المعالجة بالفلورايد فقط وكانت قيم عكس الضوء الأقل في مجموعة الأجزاء المينائية المعالجة بالليزرمع الفلورايد، وأظهرت قيم عمق الآفات المقاسة بالمجهر الضوئي المستقطب عمق أقل في المقاطع المشععة بالليزر مقارنة مع الشاهدة والمعالجة بالفلورايد فقط، كما كان خسف الأملاح المقاس بالتصوير المجهري المستعرض TMR أقل في المقاطع المعالجة بالليزر مقارنة مع الشاهدة والمعالجة بالفلورايد فقط استنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 لوحده أو بالمشاركة مع الفلورايد فعال في تثبيط نقص التمعدن المينائي.
- دراسة (da Silva Tagliaferro et al., 2009) المخبرية الذي قام بمقارنة المقاطع المينائية للأرحاء المؤقتة مخسوفة الأملاح المشععة بالليزر مع كل من المقاطع المينائية الشاهدة السليمة غير مخسوفة

الأملاح والمقاطع المينائية مخسوفة الأملاح وغير المعالجة وذلك عبر تقييم التركيب الكيميائي للمقاطع المينائية بواسطة التحليل الطيفي Fourier transform (FT) Raman Spectroscopy وتقييم التغيرات البنيوية بواسطة المجهر الالكتروني الماسح SEM. حيث أظهرالتحليل الطيفي وجود نقص جوهري في محتوى الكربونات في مجموعة الليزر مقارنة مع المجموعات الأخرى، كما أظهر الفحص بالمجهر الالكتروني الماسح عدم وجود تغيرات فيزيائية كالانصهار أو تشكل الصدوع في المقاطع المينائية المشععة بالليزر مقارنة مع الميناء السليم. واستنتجت الدراسة أن تطبيق ليزرCO2 بطول موجة 10.6 µm فعال في الوقاية من نقص التمعدن في الأسنان المؤقتة عبر إنقاص محتوى الميناء من الكربونات مما يجعله طريقة وقائية فعالة خاصة عند الأطفال في حال عدم تعاون المريض.

- دراسة (Wiegand et al., 2010) المخبرية التي شملت 12 مقطع مينائي بقري و 12 مقطع عاجي بقري تم تقسيمها إلى ثمان مجموعات تمت معالجتها بالليزر و/أو الفلورايد ثم تعريضها لدورات نقص وإعادة التمعدن لمقارنة مقدار الانحلال الحمضي. حيث كانت خسارة الميناء الأقل في كل من المجموعة المعالجة بالليزرمع التيتانيوم تترا فلورايد والمجموعة المعالجة بأمين الفلورايد لوحده، بينما كانت خسارة العاج الأقل في المجموعة المعالجة بأمين الفلورايد لوحده، في حين لم تختلف المجموعات الأخرى عن المجموعة الشاهدة. ولم يظهر المجهر الالكتروني الماسح تغيرات فيزيائية في سطح الميناء المعالج بالليزر لوحده، أما عند تطبيق التيتانيوم تترافلورايد لوحظ تشكل طبقة حبيبية على سطح الميناء يتم انصهارها مع الميناء عندما يتم تطبيق الليزر مع (وليس قبل) تطبيق الفلورايد. استنتجت الدراسة أن تطبيق الأمين فلورايد لوحده فعال في زيادة مقاومة الميناء والعاج للانحلال الحمضي دون أن يقدم الليزر أي تأثير إضافي. أما التيتانيوم تترافلورايد كان أقل فعالية في زيادة مقاومة الميناء والعاج للانحلال الحمضي وزادت فعاليته عندما تم تطبيقه مع ليزر CO2.
- دراسة (Steiner-Oliveira et al., 2010) المخبرية التي شملت 32 مقطع مينائي وعاجي بقري تم تقسيمها إلى أربع مجموعات تمت معالجتها بالليزر و/أو الفلورايد وتعريضها لدورات نقص وإعادة التمعدن لمقارنة الانحلال الحمضي. حيث كانت خسارة الميناء والعاج أقل بشكل جوهري في المجموعة المعالجة بالفلورايد مع الليزر (FL) مقارنة مع المجموعة الشاهدة ولم تختلف جوهرياً عن مجموعة الفلورايد فقط و مجموعة الليزر فقط، كما كانت تراكيز الكالسيوم والفوسفور والفلورايد المنحلة أقل في مجموعة الفلورايد مع الليزر (FL) من باقي المجموعات إلا أن الفرق لم يكن دالاً إحصائياً. واستنتجت الدراسة أن تطبيق الليزر لوحده لم يكن فعالاً في حماية الميناء من الانحلال الحمضي، لكن مشاركة

الليزر مع الفلورايد أدت إلى بعض الحماية من الانحلال الحمضي إلا أن تأثير الليزر والفلورايد لم يكن تآزرياً.

- دراسة (Souza-Gabriel et al., 2010) المخبرية التي شملت 96 مقطع مينائي تم تقسيمها عشوائياً إلى أربع مجموعات: مجموعة معالجة بليزر CO2، مجموعة معالجة بالفرنيش الفلوري، مجموعة معالجة بالهلام الفلوري، ومجموعة شاهدة غير معالجة ثم تم تعريضها لوسط مسبب للنخر لمدة 14 يوم. وكان مقدار خسارة الأملاح المقاس عبر اختبار القساوة المجهرية السطحية الأقل في المجموعة المعالجة بالليزر تليها مجموعة الفرنيش الفلوري ثم مجموعة الهلام الفلوري، كما أظهر المجهر الالكتروني حدوث التحام في البلورات المينائية في المقاطع المينائية المعالجة بالليزر. استنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 أكثر فعالية في الوقاية من تطور الآفات النخرية من مصادر الفلورايد.
- دراسة (Esteves-Oliveira et al., 2011b) المخبرية التي شملت 60 مقطع مينائي تم تقسيمها إلى خمس مجموعات تمت معالجتها بالليزر و/أو الفلورايد ثم تعريضها لدورات تآكل حمضي وسحل ميكانيكي لمدة 25 يوم. وكان مقدار خسارة الميناء بالسحل أقل في المجموعات المعالجة بالليزر مقارنة مع المجموعات المعالجة بالفلورايد والشاهدة، ولم يظهر المجهر الالكتروني فروق واضحة بين المجموعات المعالجة بالليزر وكانت طبقات الميناء مخسوف الأملاح أقل وضوحاً في المجموعات المعالجة بالليزر. استنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 بالبارامترات (طول الموجة 10.6 µm، تردد 226 هرتز وطاقة 0.3 جول/سم2) لوحده أو بالمشاركة مع الفلورايد كان فعالاً في إنقاص مقدار السحل الميكانيكي للميناء مخسوف الأملاح.
- دراسة (Esteves-Oliveira et al., 2011c) المخبرية التي شملت 130 مقطع مينائي تم تقسيمها إلى 10 مجموعات: خمس مجموعات تم تعريضها لمحاليل نقص التمعدن قبل معالجتها بالليزر و/أو الفلورايد، وخمس مجموعات تم تعريضها لمحاليل نقص التمعدن بعد المعالجة. وتمت مقارنة القساوة المجهرية السطحية وذلك قبل معالجة السطح (الزمن القاعدي)، بعد التعرض الحمضي، وبعد معالجة السطح، ومقارنة مقدار قبض الفلورايد بين المجموعات. أظهرت المجموعات المعالجة بالليزر قيم قساوة مجهرية قريبة من القيم المقاسة عند الزمن القاعدي سواء تم خسف الأملاح قبل أو بعد المعالجة بالليزر، وعندما تم خسف الأملاح قبل معالجة السطح، أظهرت المجموعات المعالجة بالليزر قيم قساوة مجهرية أعلى بعد المعالجة من القيم بعد التعرض الحمضي مقارنة مع باقي المجموعات، كما كان مقدار قبض الفلورايد الأعلى في المجموعات المعالجة بالليزر مع الفلورايد مقارنة مع المجموعات الأخرى. استنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 بالبارامترات (طول الموجة 10.6 µm، تردد 226 هرتز

وطاقة 0.3 جول/سم2) كان فعالاً في تثبيط خسارة الأملاح بمقدار 97% إضافة إلى إعادة تمعدن المقاطع المينائية مخسوفة الأملاح.

- دراسة (Correa-Afonso et al., 2012) المخبرية التي شملت 45 مقطع مينائي من السطوح الإطباقية تم تقسيمها إلى ثلاث مجموعات: مجموعة معالجة بليزر CO2، مجموعة معالجة بليزر Er:YAG، ومجموعة معالجة بليزر Nd:YAG، واعتبر الجزء غير المشعع من نفس المقاطع كمجموعة شاهدة، ومقارنة المقدار الكمي لنقص التمعدن في الشقوق والوهاد عبر اختبار القساوة المجهرية السطحية، التقييم الكمي بالمجهر الضوئي المستقطب PLM ، والتقييم الكيفي بالمجهر الالكتروني الماسح SEM. حيث كانت قيم القساوة المجهرية أعلى بشكل جوهري في مجموعة الشقوق والوهاد المعالجة بليزر CO2 منها في المجموعة الشاهدة، كما أن مقدار نقص التمعدن المقاس عبر المجهر الضوئي المستقطب كان أقل بشكل جوهري في مجموعة ليزر CO2 وليزر Nd:YAG، كما أظهر المجهر الالكتروني الماسح وجود مناطق صغيرة من نقص التمعدن في مجموعتي ليزر Er:YAG و Nd:YAG بينما كانت أقل في مجموعة ليزر CO2 دون ملاحظة تغيرات فيزيائية كالانصهار، التشقق وغير ذلك. استنتجت الدراسة أن ليزر CO2 هو الأكثر فعالية في زيادة مقاومة الميناء لتشكل نخور الشقوق والوهاد.
- دراسة (de Souza-e-Silva et al., 2013) المخبرية التي شملت 90 مقطع مينائي بقري تم تقسيمها عشوائياً إلى خمس مجموعات، تمت معالجة المجموعات التجريبية بالليزر ثم إلصاق الحاصرات التقويمية باستخدام مواد لاصقة محررة أو غير محررة للفلورايد ثم تم تعريضها لوسط مسبب للنخر. تمت مقارنة نمو المكورات العقدية الطافرة عبر التحليل الكيميائي والعضوي للويحة، ومقارنة مقدار نقص التمعدن عبر اختبار القساوة المجهرية المقطعية. حيث أظهر التحليل الجرثومي والكيميائي للويحة عدم وجود فروق جوهرية بين المجموعات المختلفة، وأظهر تحليل القساوة المجهرية المقطعية أن قيم القساوة المجهرية كانت أعلى في المجموعات المعالجة بالليزر مع المواد اللاصقة المحررة أو غير المحررة للفلورايد دون أن يكون الفرق جوهرياً بين مجموعتي المواد اللاصقة. استنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 لوحده أو مع المواد اللاصقة المحررة للفلورايد كان فعالاً في تثبيط نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية ولم تقدم المواد اللاصقة المحررة للفلورايد أي تأثير وقائي إضافي عند مشاركتها مع الليزر.
- دراسة (Anaraki et al., 2012) المخبرية التي شملت 120 مقطع مينائي تم تقسيمها إلى ست مجموعات تمت معالجتها بليزر CO2، ليزر Er,Cr:YSGG مع /أو بدون الفلورايد ثم تعريضها

لمحاليل نقص التمعدن ومقارنة مقدار مقاومة الميناء للحموض عبر قياس تركيز شوارد الكالسيوم المنحلة. حيث كان مقدار شوارد الكالسيوم المنحلة الأقل في مجموعة المقاطع المينائية المعالجة بليزر CO2 مع الفلورايد مقارنة مع المجموعات الأخرى. وكان تركيز شوارد الكالسيوم المنحلة أقل في المجموعات المعالجة بليزر CO2 منها في مجموعات ليزر Er,Cr:YSGG مع وبدون الفلورايد. استنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 بالمشاركة مع الفلورايد كان فعالاً في تثبيط نقص التمعدن المينائي.

- دراسة (Mathew et al., 2013) المخبرية التي شملت 60 مقطع مينائي تم تقسيمها عشوائياً إلى 6 مجموعات ومعالجتها بليزر CO2، ليزر Er:YAG مع / أو بدون الفلورايد الموضعي ثم تعريضها لدورات نقص وإعادة التمعدن ومقارنة مقاومة الانحلال الحمضي بين المجموعات عبر قياس تركيز شوارد الكالسيوم المنحلة. حيث أدى تطبيق ليزر CO2 إلى تثبيط انحلال الكالسيوم بمقدار 36% مقارنة مع المجموعة الشاهدة دون وجود فروق جوهرية بينها وبين مجموعة الفلورايد فقط التي كان تثبيط انحلال الكالسيوم فيها بمقدار 43%، وكان تثبيط الانحلال الأكبر في مجموعة ليزر CO2 مع الفلورايد (59.7%) تليها مجموعة الاريبيوم مع الفلورايد (53.7%)، في حين لم يكن الفرق دال إحصائياً بين المجموعة المعالجة بليزر الاريبيوم لوحده والمجموعة الشاهدة. استنتجت الدراسة أن مشاركة الفلورايد مع ليزر CO2 أو ليزر الاريبيوم يملك تأثير أكبر مثبط للنخر مقارنة مع تطبيق الفلورايد أو الليزر فقط.
- دراسة (Poosti et al., 2014) المخبرية التي شملت 60 ضاحك مقلوع تم غمرها ضمن محاليل نقص التمعدن لإحداث آفات بقع بيضاء صنعية ثم تقسيمها عشوائياً إلى أربع مجموعات: مجموعة شاهدة غير معالجة، مجموعة معالجة بالفلورايد الموضعي فقط، مجموعة معالجة بليزر CO2 يليه الفلورايد الموضعي، ومجموعة معالجة بالليزر والفلورايد معاً، ثم تم غمرها في اللعاب الصناعي لمدة 90 يوم مع غمرها في غسولات فلورايد الصوديوم يومياً لمدة دقيقتين وتفريشها بمعاجين أسنان حاوية على الفلورايد لمدة 7 دقائق أسبوعياً. تم تسجيل اللون السني باستخدام مقياس لوني (colorimeter) عند الزمن القاعدي T0، بعد نقص التمعدن T1، بعد تطبيق الفلورايد T2، وبعد 90 يوماً T3 ومقارنة مقدار التغير اللوني بين الأزمنة في المجموعات الأربعة، ومقارنة مقدار نقص التمعدن عبر اختبار القساوة المجهرية المقطعية. حيث كان مقدار التغير اللوني بين الزمن الأول والرابع أقل في مجموعتي الليزر، كما كانت قيم القساوة المجهرية المقطعية أعلى بشكل جوهري في المجموعة المعالجة بالليزر ثم الفلورايد مقارنة مع المجموعات الأخرى. واستنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 قبل الفلورايد فعال في استعادة اللون وإعادة التمعدن للميناء مخسوف الأملاح.

- دراسة (Stangler et al., 2013) المخبرية التي شملت 30 مقطع مينائي تم إلصاق الحاصرات التقويمية عليها وتعريض الميناء حول الحاصرات لمحاليل نقص التمعدن ثم تقسيمها عشوائياً إلى 3 مجموعات: مجموعة شاهدة غير معالجة، مجموعة معالجة بليزر CO2، مجموعة معالجة بالفلورايد الموضعي يليه تطبيق ليزر CO2. وتحري القساوة المجهرية السطحية للميناء المجاور للحاصرات التقويمية عند الزمن القاعدي، بعد التعرض لمحاليل نقص التمعدن، وبعد معالجة سطح الميناء. أظهرت المقاطع المينائية المعالجة بالليزر فقط أو بالليزر مع الفلورايد ارتفاعاً ملحوظاً في قيم القساوة المجهرية التي كانت أعلى بشكل جوهري من المجموعة الشاهدة غير المعالجة ولوحظت قيم القساوة المجهرية الأعلى في مجموعة الليزر والفلورايد. واستنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 لوحده أو مع الفلورايد الموضعي فعال في زيادة القساوة المجهرية للميناء حول الحاصرات التقويمية.
- دراسة (Cohen et al., 2014) المخبرية التي شملت 8 أسنان مقلوعة بقرية تمت تغطية نصف المقاطع بمستعمرات المكورات العقدية الطافرة والسماح لها بالنمو لتشكيل لويحة ناضجة بهدف دراسة تأثير الليزر على الأسنان في وضع مشابه للوضع السريري في الحفرة الفموية. ومقارنة مجموعة المقاطع المينائية المغطاة باللويحة الجرثومية المعالجة أو غير المعالجة بليزر CO2، ومجموعة المقاطع غير المغطاة باللويحة المعالجة أو غير المعالجة بليزرCO2 . حيث تم تحري التغيرات المورفولوجية عبر المجهر الالكتروني الماسح، التحليل الكمي للجراثيم ونسبة الخلايا الحية والميتة في اللويحة الجرثومية، تحري التألق الكمي المحدث بالليزر عبر Confocal Laser Scanning Microscopy (CLSM). ثم تمت إزالة اللويحة وتحري: التركيب الكيميائي للميناء المشعع وغير المشعع عبر energy dispersive X-ray spectrometry EDS، التحليل الطيفي FTIR، وفحص سطح الميناء بالمجهر الالكتروني الماسح. أظهر الفحص بالمجهر الالكتروني الماسح للمقاطع المينائية المعالجة بالليزر انصهار سطح الميناء وتشكل صدوع مجهرية متوضعة عند مركز البقعة المشععة بالليزر بينما ظهر الميناء المغطى باللويحة بعد إزالتها كسطح سليم مع صدوع ضحلة مقارنة مع الميناء غير المغطى باللويحة. وأظهر التحليل الكمي للويحة انخفاض واضح في عدد الجراثيم الحية والميتة بمقدار خمس مرات في اللويحة المعالجة بالليزر مقارنة مع غير المعالجة، كما أظهرت اللويحة المعالجة بالليزر توضع الخلايا الميتة عند محيط البقعة المشععة بالليزر بينما تبخرت الخلايا الجرثومية في مركز البقعة مما أدى إلى تعرض سطح الميناء بشكل مباشر لحزمة الليزر في مركز البقعة المشععة. أظهر تحليل التركيب الكيميائي ارتفاع نسبة Ca/P في الميناء المغطى باللويحة المعالج بالليزر مقارنة مع غير المعالج. وأظهر التحليل الطيفي FTIR انخفاض نسبة الكربونات بمقدار 40% في المقاطع المعالجة بالليزر مقارنة مع

غير المعالجة دون وجود فرق جوهري في تأثير الليزر على التركيب الكيميائي للميناء بين الميناء المعالج المغطى وغير المغطى باللويحة. واستنتجت الدراسة أن وجود اللويحة الجرثومية يحمي سطح الميناء من الأذى الحراري الممكن الناتج عن الليزر دون أن يثبط تأثير الليزر على التركيب الكيميائي للميناء حيث يقوم الليزر بتثبيط نقص التمعدن المينائي عبر كل من التأثير الحراري القاتل للجراثيم المسببة للنخر الموجودة في اللويحة والتعديل الكيميائي لبنية الميناء مما يجعله اكثر مقاومة للنخر، لذا ينصح بعدم إزالة اللويحة عن سطح الميناء قبل تطبيق المعالجة الوقائية بالليزر.

- دراسة (Seino et al., 2015) المخبرية التي شملت 70 مقطع دهليزي تم إلصاق حاصرة تقويمية في مركز السطح الدهليزي وترك 1 ملم من الميناء مكشوف حول الحاصرة، ثم تم تعريض المقاطع بعد معالجة الميناء حول الحاصرات بليزر CO2، أو ليزر Nd:YAG مع/بدون الفلورايد لدورات نقص وإعادة التمعدن لإحداث آفات بقع بيضاء صنعية. ثم تمت مقارنة مقدار نقص التمعدن بين المجموعات عبر قياس مقدار التألق الكمي المحدث بالضوء QLF للميناء حول للحاصرات بعد التعرض لدورات نقص التمعدن ومقارنته مع تألق الميناء قبل إلصاق الحاصرات (الزمن القاعدي)، وتحري التغيرات المورفولوجية في سطح الميناء عبر المجهر الالكتروني الماسح. حيث أظهرت المجموعة المعالجة بليزر CO2 مقدار نقص تمعدن مقارب لمجموعة الفلورايد الشاهدة ولمجموعة الليزر مع الفلورايد، في حين كان نقص التمعدن الأكبر في المجموعة المعالجة بليزر Nd:YAG، كما أظهر المجهر الالكتروني عدم وجود اختلافات في مورفولوجية سطح الميناء المعالج بليزر CO2 مع أو بدون الفلورايد عن المجموعة الشاهدة، بينما أظهرت مجموعة ليزر Nd:YAG تشكل فجوات بأقطار مختلفة وانصهار سطح الميناء. استنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 لوحده فعال تثبيط نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية بنفس فعالية الفلورايد الموضعي.
- دراسة In-situ ل(Souza-Gabriel et al., 2015) المضبوطة المعشاة ثنائية التعمية التي شملت 14 متطوع أصحاء قاموا بارتداء أجهزة حنكية مزودة ب 56 مقطع مينائي بقري لمدة 14 يوماً. كل جهاز مزود ب 4 مقاطع (مقطعين في كل جهة) حيث تم توزيع المرضى عشوائياً بحيث قام نصف المتطوعين بارتداء الأجهزة المزودة بالمقاطع المينائية المعالجة بالفرنيش الفلوري مع/ أو بدون ليزر CO2، والنصف الاخر قاموا بارتداء الأجهزة المزودة بالمقاطع المينائية المعالجة بالفرنيش الوهمي غير الحاوي على الفلورايد مع/ أو بدون الليزر، وذلك لمدة 7 أيام دون تفريش المقاطع المينائية مع تعريضها 6 مرات يومياً لمحلول السكروز لمدة 5 دقائق خارج الفم لتشكيل تحدٍ مسبب للنخر ،وبعد 7 أيام قام المرضى باستبدال الأجهزة بأجهزة من المجموعة الأخرى مع تنظيف المقاطع المينائية لمدة 7 أيام. حيث أظهر

تحليل القساوة المجهرية المقطعية أن قيم القساوة الأعلى كانت في المجموعات المعالجة بالليزر سواء مع الفرنيش الفلوري أو الوهمي غير الفلوري. وكانت تراكيز الفلورايد المنحل في اللويحة الأعلى في مجموعة الفرنيش الفلوري، في حين كان تركيز الفلورايد المتوضع في الميناء الأعلى في المجموعة المعالجة بالليزر مع الفرنيش الفلوري والتي لم تختلف بفرق جوهري عن مجموعة الفرنيش الفلوري. واستنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 فعال في تثبيط نقص تمعدن الميناء تحت السطحي دون أن يضيف تطبيق الفلورايد الموضعي مع الليزر أي تأثير وقائي إضافي تآزري.

- دراسة (Mirhashemi et al., 2016) المخبرية التي شملت 75 قاطعة بقرية تم إلصاق الحاصرات تقويمية عليها وتغطيتها بالفرنيش المقاوم للحمض مع ترك مربع مينائي بارتفاع 4 ملم لثوي الحاصرة مكشوفاً ثم تم تقسيم العينة عشوائياً إلى خمس مجموعات: مجموعة شاهدة غير معالجة، مجموعة امعالجة بليزر CO2 فقط، مجموعة معالجة بمحلول تيتانيوم الفلورايد فقط، مجموعة معالجة بتيتانيوم الفلورايد يليه تطبيق الليزر، ومجموعة معالجة بالليزر يليه تطبيق تيتانيوم الفلورايد، ثم تم تعريضها بعد معالجتها بالليزر و/أو الفلورايد لدورات نقص وإعادة التمعدن لإحداث آفات نخرية صنعية. حيث أظهر التحليل الطيفي أن مقدار الكالسيوم المنحل في محاليل نقص التمعدن كان أقل بشكل جوهري في المجموعات المعالجة بالليزر مع تيتانيوم الفلورايد وتيتانيوم الفلورايد فقط، ولم تختلف المجموعة المعالجة بالليزر فقط جوهرياً عن المجموعة الشاهدة، كما كان مقدار قبض الكالسيوم أقل وقيم القساوة المجهرية السطحية أعلى بشكل جوهري في مجموعات الليزرمع الفلورايد ومجموعة الفلورايد.
- استنتجت الدراسة أن تطبيق الليزر لم يقدم أي تأثير وقائي إضافي للفلورايد وحتى في بعض الأحيان أدى إلى إنقاص التأثير الوقائي الناجم عن الفلورايد، وتم تفسير ذلك بأن بارامترات الليزر المستخدمة في هذه الدراسة أدت إلى حرق سطح الميناء وتشكل الصدوع المجهرية وكشط بعض طبقات الميناء وبالتالي كشف السطوح الداخلية للميناء غير المحمي مما يؤدي إلى زيادة قابلية الانحلال الحمضي، لذا يجب التحليل الدقيق للتأثير المورفولوجي المجهري الناجم عن تطبيق الليزر على سطح الميناء قبل اعتماد بارامترات الليزر في الأبحاث السريرية.
- دراسة (Esteves-Oliveira et al., 2017a) المخبرية التي شملت مقاطع مينائية وعاجية تم تقسيمها إلى أربع مجموعات: شاهدة غير معالجة، معالجة بالفرنيش الفلوري فقط، معالجة بليزر CO2 فقط، ومعالجة بالليزر مع الفرنيش الفلوري. تم تطبيق الجراثيم العقدية الطافرة أحادية النسيلة ضمن لويحة صنعية على المقاطع وتعريضها لمحلول السكروز 5% يليه غسل المقاطع باللعاب الصناعي لمدة 8 أيام. تمت مقارنة تعداد مستعمرات العقدية الطافرة في اللويحة ضمن واحدة المساحة (الملم2)، ومقارنة مقدار

نقص التمعدن المقاس عبر التصوير المجهري المستعرضTMR . حيث أظهرت المقاطع العاجية مقدار نمو للمستعمرات الجرثومية أكبر من المقاطع المينائية، ولم يكن الفرق في تعداد المستعمرات جوهرياً بين مجموعات المقاطع المينائية، في حين كان التعداد الجرثومي في مجموعات المقاطع العاجية المعالجة بالليزر مع الفلورايد أقل بشكل جوهري من باقي مجموعات المقاطع العاجية. أظهرت المقاطع المينائية المعالجة بالليزر لوحده مقدار نقص تمعدن أقل بشكل جوهري من المجموعة الشاهدة ومجموعة الفلورايد وحتى مجموعة الليزر مع الفلورايد، أما في المقاطع العاجية كان نقص التمعدن الأقل في مجموعة الليزر مع الفلورايد. استنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 لا يزيد التصاق المكورات العقدية الطافرة في الوسط المخبري، وأن معالجة الميناء بالليزر لوحده أدى إلى تثبيط نقص التمعدن الناجم عن اللويحة بمقدار 79% دون أن يقدم الفلورايد مع الليزر أي تأثير إضافي، بينما تتطلب حماية العاج من نقص التمعدن تطبيق المعالجة المشتركة بالليزر مع الفلورايد والتي أدت إلى تثبيط نقص التمعدن عبر كل من إنقاص الانحلال الحمضي (بمقدار 97%) وإنقاص التعداد الجرثومي.

- دراسة (Paulos et al., 2017) المخبرية التي شملت 60 مقطع مينائي تم تقسيمها إلى 5 مجموعات: معالجة بالفلورايد، معالجة بليزر Nd:YAG، معالجة بليزر Nd:YAG مع الفلورايد، معالجة بليزر CO2، ومعالجة بليزر CO2 مع الفلورايد. ثم تم تعريضها إلى نقص تمعدن شديد والتقييم الكمي لنقص التمعدن عبر التألق الكمي المحدث بالضوء QLF، والفحص بالمجهر الالكتروني الماسح. أظهرت المقاطع المينائية المعالجة بليزرCO2 نقص تمعدن أقل بشكل جوهري مقارنة مع باقي المجموعات دون وجود فرق جوهري بين مجموعة ليزر CO2 فقط ومجموعة ليزرCO2 مع الفلورايد. كما لم يختلف مقدار نقص التمعدن بين المجموعات المعالجة بليزرNd:YAG وليزر Nd:YAG مع الفلورايد و مجموعة الفلورايد. واستنتجت الدراسة أن ليزرCO2 بطول الموجة 10.6 µm كان فعالاً في تثبيط نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية حتى بعد التطبيق المكثف لدورات نقص التمعدن مما يدل على أن ليزر CO2 يؤثر في طبقات مينائية أعمق.
- دراسة (Chang et al., 2017) المخبرية التي شملت12 مقطع مينائي بقري و 12 مقطع عاجي بقري ومقارنة كل من المقاطع المعالجة بليزر CO2 مع أو بدون الفلورايد الموضعي، المقاطع المعالجة بليزر Er:YAG مع أو بدون الفلورايد، والمقاطع المعالجة بليزر Nd:YAG مع أو بدون الفلورايد. عبر مقارنة التغيرات المورفولوجية في سطح الميناء، مقاومة الحموض والنفوذية عبر التصوير المجهري الرقمي digital microscopy، المجهر الضوئي المستقطب PLM، انعكاسية الضوء near IR reflectance، التألق الكمي المحدث بالضوء QLF, PS-OCT، مقدار جفاف السطح surface

dehydration، التصوير المجهري المستعرض TMR. حيث أظهرت مورفولوجية السطح أن المقاطع المينائية المعالجة بليزر Er:YAG و Nd:YAG تظهر خشنة دون وجود انصهار بينما في الميناء المعالج بليزر CO2 لوحظ وجود بنى رقائقية ناجمة عن إعادة تشكل البنية الكريستالية للميناء المنصهر. وأظهر فحص انعكاسية الضوء ان المقاطع المعالجة بليزر الاربيوم كانت الأكثر خشونة والأكثر عكساً للضوء. أظهر فحص الPS-OCT أن نقص التمعدن الأقل لوحظ في المقاطع المينائية المعالجة بليزر CO2 وفي المقاطع العاجية المعالجة بالفلورايد، وأظهر الفحص بالمجهر الضوئي المستقطب والتصوير المجهري المستعرض نفس النتائج. واستنتجت الدراسة أن ليزر CO2 هو الأكثر فعالية في زيادة مقاومة الميناء للحموض في حين كان الفلورايد هو الأكثر فعالية في زيادة مقاومة العاج للحموض.

- دراسة (Fekrazad et al., 2017) المخبرية In-vitro التي شملت مقاطع مينائية تم تعريضها لمحاليل نقص التمعدن لمدة 7 أيام لإحداث آفات بقع بيضاء صنعية ثم تقسيمها إلى 5 مجموعات: مجموعة شاهدة غير معالجة، معالجة بالفلورايد الموضعي APF، معالجة بتيتانيوم الفلورايد TiF4، معالجة ب TIF4 ثم ليزر CO2، ومعالجة بليزر CO2 ثم TIF4. ومقارنة القساوة المجهرية السطحية بين المجموعات والتغيرات البنيوية عبر المجهر الالكتروني الماسح. حيث أظهرت المجموعات المعالجة ب APF و TIF4 و TIF4 ثم ليزر CO2 زيادة ملحوظة في قيم القساوة المجهرية بينما لم تختلف قيم القساوة المجهرية في مجموعة الليزر ثم TIF4 عن المجموعة الشاهدة، كما أظهر الفحص بالمجهر الالكتروني الماسح تشكل طبقة حبيبية في مجموعة APF، وتشكل طبقة ملساء شبيهة بالزجاج في مجموعتي TIF4 و TIF4ثم CO2، أما مجموعة CO2 ثم TIF4 اظهرت تشكل صدوع مجهرية بدون أي مظهر زجاجي. واستنتجت الدراسة أن تطبيق الفلورايد الموضعي APF ، تيتانيوم الفلورايد TIF4، وتيتانيوم الفلورايد يليه ليزر CO2 فعال في زيادة القساوة المجهرية للميناء مخسوف الأملاح. أما تطبيق ليزر CO2 قبل تيتانيوم الفلورايد قد لا يكون فعالاً في إعادة تمعدن آفات البقع البيضاء.
- دراسة (Farhadian et al., 2017) المخبرية التي شملت 80 ضاحك مقلوع تم تعريضها لنقص التمعدن الناجم عن المكورات العقدية الطافرة ثم تقسيمها إلى خمس مجموعات: شاهدة، معالجة ب CPP-ACP لمدة 4 دقائق قبل الإلصاق، معالجة بليزر CO2، ومعالجة بليزر CO2 قبل أو مع تطبيق CPP-ACP.ثم تم إلصاق الحاصرات التقويمية عليها وغمرها لمدة 30 يوم في اللعاب الصناعي قبل فحصها. وتمت مقارنة القساوة المجهرية السطحية، قوة ارتباط الحاصرات التقويمية عبر مقارنة مشعر بقايا المادة اللاصقة ARI، وتحري التغيرات البنيوية عبر المجهر الالكتروني الماسح. حيث أظهرت كل

المجموعات قوة ارتباط عالية للحاصرات التقويمية. وكانت قيم القساوة المجهرية الأعلى في المجموعات المعالجة بليزر CO2 لوحده أو مع CPP-ACP. واستنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 بطول الموجة 10.6 µm كان فعالاً في زيادة القساوة المجهرية للميناء مخسوف الأملاح.

ومن أهم الدراسات السريرية:

- دراسة (Rechmann et al., 2011) السريرية التطلعية قصيرة الأمد التي شملت 24 ضاحكاً معد للقلع لدى 24 مريض تم تقسيمها عشوائياً إلى مجموعتين: في المجموعة الأولى تم قلع الضواحك بعد 4 أسابيع من تطبيق الليزر وفي المجموعة الثانية تم قلع الضواحك بعد 12 أسبوع من تطبيق الليزر. تم تطبيق ليزر CO2 (طول الموجة = 9.6 µm، زمن النبضة = 20µsec، التردد = 20 هرتز، أبعاد الحزمة = 1100µm، كثافة الطاقة = 4.1± 0.3 جول/سم^2) على جزء من الميناء المتوضع لثوي الحاصرة التقويمية للضواحك وترك الجزء الآخر من الميناء لنفس الضاحك غير معالج بالليزر كعينة شاهدة. وتم تدريب المرضى على تفريش أسنانهم مرتين يومياً بمعاجين أسنان حاوية على الفلورايد 1100 ppm. ومقارنة المقدار الكمي لنقص التمعدن عبر اختبار القساوة المجهرية المقطعية. كانت قيم القساوة المجهرية المقطعية أعلى بشكل جوهري في الميناء المعالج بالليزر منها في الميناء الشاهد حيث أدى تطبيق الليزر إلى تثبيط نقص التمعدن بمقدار 46% بعد أربعة أسابيع و 87% بعد 12 أسبوع من تطبيق الليزر. واستنتجت الدراسة أن التطبيق السريري لليزر CO2 بطول موجة 9.6 µm كان فعالاً في تثبيط نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية خلال فترة متابعة سريرية قصيرة الأمد.
- دراسة (Rechmann et al., 2013) السريرية التطلعية طويلة الأمد وأحادية التعمية التي شملت 20 مريض (14 ذكور و 6 إناث) بعمر وسطي 14.2±1.2 سنة، تم تقسيم الأرحاء الثانية السليمة وفق معايير التضمين (العلوية لدى 6 مرضى والسفلية لدى 14 مريض)عشوائياً إلى مجموعتين: تجريبية معالجة بليزر CO2 (طول الموجة = 9.6µm، زمن النبضة =20 µsec، التردد = 20 هرتز، أبعاد الحزمة = 800µm، تم تشعيع كل بقعة 20 نبضة، الكثافة =4.5±0.5 جول/سم^2/ النبضة، زمن التشعيع الإجمالي لكل سن= 90±20 ثانية) مع الفرنيش الفلوري، ومجموعة شاهدة معالجة بالفرنيش الفلوري فقط في الجهة المعاكسة لنفس الفك. تم التقييم بالفحص البصري بواسطة مشعر ICDAS، تقييم التألق الكمي المحدث بالضوء بواسطة SPOROLIFE في ضوء النهار والتألق الأزرق، وتقييم درجة خسف الأملاح عبر جهاز DIAGNOdent في المجموعتين عند الزمن القاعدي وبعد 3، 6، 12 شهر من تطبيق الليزر. حيث تناقصت قيم ICDAS في مجموعة الليزر بينما ازدادت في المجموعة الشاهدة وكان الفرق بينهما جوهرياً بعد 6 و12 شهر. وأظهرت نتائج التألق الكمي المحدث بضوء النهار

SPORLIFE وجود فروق جوهرية بين المجموعتين حيث كان مقدار التألق أكبر في مجموعة الليزر بعد 6 و12 شهر. كما أظهر التألق الكمي المحدث بالضوء الأزرق SPORLIFE أن مقدار التألق أكبر في مجموعة الليزر وكان الفرق بين المجموعتين جوهرياً بعد 6 و12 شهر. بينما أظهرت نتائج الDIAGNOdent عدم وجود فروق جوهرية بين المجموعتين خلال ازمنة المراقبة. واستنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 بطول موجة 9.6µm أدى إلى تثبيط ملحوظ لنخور الشقوق والوهاد خلال فترة متابعة سريرية طويلة الأمد (12 شهر).

- دراسة (Miresmaeili et al., 2014) السريرية أحادية التعمية التي شملت 16 مريض تتضمن خطة معالجتهم قلع ضاحكين على الأقل، تمت مقارنة الضواحك المعالجة بليزر CO2 (طول الموجة= 10.6 µm، الطاقة = 0.7 واط، أبعاد الحزمة 1 ملم و التردد = 5 هرتز) في أحد الجهتين لدى كل مريض مع الضاحك الآخر الشاهد المعالج بضوء وهمي. تم إلصاق الحاصرات التقويمية على الضواحك وتشكيل عرى T وربطها إلى حاصرات الضواحك لزيادة تراكم اللويحة عليها ثم تم قلع الضواحك بعد شهرين على الأقل من تطبيق الليزر. وتمت مقارنة القساوة المجهرية السطحية وتحري التغيرات بالمجهر الالكتروني الماسح. حيث أظهرت مجموعة الضواحك المعالجة بليزر CO2 قيم قساوة مجهرية سطحية أعلى بشكل جوهري من المجموعة الشاهدة، وأظهر الفحص بالمجهر الالكتروني الماسح للميناء المعالج بالليزر انصهار سطح الميناء. استنتجت الدراسة أن تطبيق ليزر CO2 بطول موجة 10.6 µm فعال في زيادة القساوة المجهرية السطحية للميناء ويجب إجراء المزيد من الأبحاث السريرية لتحري فعالية ليزر CO2 في الوقاية من نقص التمعدن خلال المعالجة التقويمية.
- دراسة (Kaur et al., 2017) السريرية ثنائية التعمية التي شملت 100 ضاحكاً لدى مرضى خاضعين للمعالجة التقويمية الثابتة وتتضمن خطة معالجتهم قلع أربع ضواحك أولى، ترك 20 ضاحك بدون معالجة كمجموعة شاهدة سليمة، وتم إلصاق الحاصرات التقويمية على الضواحك المتبقية وتقسيمها عشوائياً إلى أربع مجموعات علاجية: معالجة بليزر CO2 (طول الموجة 10.6 µm، الطاقة 1 واط، أبعاد الحزمة 1 ملم، التردد 20 هرتز، زمن التعرض 12 ثانية)، معالجة بليزر Er;Cr:YSGG، معالجة بالفرنيش الفلوري 5% فلورايد الصوديوم، ومجموعة الضواحك الشاهدة غير المعالجة، تم تشكيل عرى T معدلة وربطها إلى حاصرات الضواحك لزيادة تراكم اللويحة عليها ثم قلعها بعد شهرين. تمت مقارنة القساوة المجهرية السطحية وتحري التغيرات المورفولوجية بالمجهر الالكتروني الماسح.

حيث أظهر الفحص بالمجهر الالكتروني الماسح للميناء المعالج بليزر CO2 وجود سطح أملس متجانس مع تشكل صدوع مجهرية وشقوق على سطح الميناء، بينما أظهر فحص الميناء المعالج بليزر Er;Cr:YSGG

التحام المواشير المينائية وزوال المظهر المسامي للميناء تاركاً سطح أملس زجاجي، أما مجموعة الميناء المعالج بالفرنيش الفلوري فقد أظهرت التصاق حبيبات دقيقة بقطر 1 ميكرون مع وجود بعض الانخساف عند التقاء الحاصرة مع السن. أظهرت مجموعة ليزر CO2 قيم القساوة المجهرية الأعلى تليها مجموعة ليزر Er;Cr:YSGG ثم مجموعة الأسنان السليمة ومجموعة الفرنيش الفلوري. واستنتجت الدراسة أن تطبيق كل من ليزر CO2 وليزر Er;Cr:YSGG فعال في زيادة مقاومة الميناء لنقص التمعدن عبر زيادة القساوة المجهرية السطحية، أظهر المجهر الالكتروني أن تطبيق ليزر CO2 أدى إلى تشكل صدوع مجهرية مما قد يسبب زيادة تراكم اللويحة بينما أظهر ليزر Er;Cr:YSGG تبدلاً إيجابياً في بنية السطح وتشكل سطح متجانس زجاجي مع زيادة في القساوة المجهرية السطحية.

يمكن أن نلاحظ في ضوء الدراسات السابقة أن تأثير ليزر CO2 في زيادة مقاومة الميناء لنقص التمعدن مدروس بشكل واسع في الأدبيات الطبية إلا أن معظم الأبحاث كانت مخبرية بينما اقتصرت الأبحاث السريرية على دراسات النماذج النخرية In-Situ أو على الضواحك المعدة للقلع.

1-4-6-5 آلية تأثير ليزر CO2 في زيادة مقاومة الميناء لنقص التمعدن:

اقتُرحت العديد من الفرضيات في الدراسات لتفسير زيادة مقاومة الميناء لنقص التمعدن بعد تعرضه لليزر CO2 إلا أن الآلية الحقيقية لذلك لا تزال غير واضحة بشكل كامل حتى الآن، ومن هذه الفرضيات:

1- إنقاص نفوذية الميناء للحموض الناجم عن التحام بلورات الهيدروكسي أباتيت (Stern et al., 1972)، هذه الفرضية قد تكون غير صحيحة لأن الدراسات التي تحرت نفوذية الميناء المعالج بليزر CO2 استنتجت ان نفوذية الميناء تزداد ولا تتناقص (Borggreven et al., 1980).

2- بعض الدراسات فسرت زيادة مقاومة الحموض بالتعديل الكيميائي لبنية الميناء عبر إنقاص محتواه من الكربونات والمركب العضوي (Borggreven et al., 1980).

3- قد ينجم تعزيز مقاومة الميناء للنخر عن كل من إنقاص النفوذية والانحلالية كنتيجة للانصهار، إعادة ترتيب البنية الكريستالية والتحام بلورات الهيدروكسي أباتيت كل ذلك يؤدي إلى ختم سطح الميناء عبر إنقاص المسافات بين الموشورية (Borggreven et al., 1980). إلا ان الدراسات وجدت تأثير مقاوم للنخر في مناطق لم يحدث فيها انصهار والتحام مينائي على سطح الميناء المعالج بالليزر (da Silva Tagliaferro et al., 2009) (وذلك عندما يكون التشعيع تحت العتبة الحرارية المسببة للانصهار) .

4- تغير انحلالية الميناء الناجمة عن ارتفاع الحرارة الذي يؤدي إلى تحول الأباتيت إلى مركبات أقل انحلالاً، فقد وجد عند تحليل سطح الميناء المنصهر المعالج بالليزر مركب كالسيوم أوكسيد الفوسفات وهو أقل انحلالاً من مجموعات الفوسفات الموجودة في الميناء غير المعالج (Nelson et al., 1987).

5- كما أن إنقاص المحتوى الكربوني الذي يلاحظ عادة في الميناء المعالج بالليزر يمكن أيضاً أن يثبط نقص التمعدن الميناني (da Silva Tagliaferro et al., 2009; Steiner-Oliveira et al., 2006).

6- ذكر Hsu وآخرون في دراسته مستخدماً ليزر CO2 بطاقة منخفضة (0.3 جول/سم^2) أن تشعيع الميناء قد يؤدي إلى تفكك جزئي للمركب العضوي مما يؤدي إلى إغلاق المسافات ضمن وبين الموشورية (Hsu et al., 2000; Hsu et al., 2001).

7- كما أن تطبيق الليزر مع الفلورايد الموضعي قد يسبب زيادة أكبر في مقاومة النخور وتوجد آليتان لتفسير ذلك: إن تطبيق الليزر مع الفلورايد يؤدي إلى تشكل رواسب كروية من مركبات كالسيوم الفلورايد تلتصق على سطح الميناء وتشكل خزاناً محرراً للفلورايد (Chin-Ying et al., 2004)، أما الآلية الثانية هي أن الحرارة الناجمة عن تطبيق الليزر تعزز من إدخال الفلورايد إلى البنية الكريستالية للميناء عبر روابط فلورية قوية (Meurman et al., 1997).

1-4-6-6 بارامترات ليزر CO2 المستخدمة في زيادة مقاومة الميناء لنقص التمعدن:

إن البارامترات الأكثر أهمية في تأثير ليزرCO2 على النسج السنية هي طول الموجة، الطاقة، وزمن التعرض (Dederich 1993; Kutsch 1993).

إن معامل امتصاص الميناء عالٍ جداً عند طول الموجة 9.6 mμ إلا أن ليزر CO2 المستخدم بشكل تقليدي في المجال الطبي يصدر طولاً موجياً 10.6 mμ وهو أيضاً يمتص بشكل جيد من قبل النسج السنية المتمعدنة، وبالرغم من أن معامل الامتصاص للأطوال الموجية 9.3 و 9.6 أعلى من الليزر التقليدي ذي الطول الموجي 10.6 mμ إلا أن الامتصاص الأقل من قبل سطح الميناء ينجم عنه عمق اختراق أكبر مما يسمح له بالتأثير على طبقات مينائية أكثر ثخانة لذلك فإن التأثير الوقائي الناجم عن تطبيق الطول الموجي 10.6 mμ يُعتبر الأطول تأثيراً (Mirhashemi et al., 2016). كما ذكرت دراسة ل-Esteves Oliveira وآخرين أن الطول الموجي 10.6 لليزرCO2 هو الأكثر فعالية في زيادة مقاومة الميناء لنقص التمعدن (Esteves-Oliveira et al., 2011a).

إن استعمال الإصدار الموجي المستمر لليزر CO2 بهدف الوقاية من نقص التمعدن هو أقل فعالية وأكثر خطورة للأذية الحرارية من الليزر النبضي، حيث يسمح الليزر النبضي بزيادة كثافة الطاقة الإجمالية مع استخدام مستويات منخفضة من الطاقة في النبضة (مئات الميلي جول/سم^2) كما يسمح بإنقاص التأثير الحراري التراكمي للطاقة عبر السماح بتبريد النسج بالفواصل الزمنية بين النبضات، هذا يعني أن التغيرات الناجمة عن التأثير الحراري كالانصهار، خسارة الكربونات أو إعادة تنظيم البنية البلورية للميناء تؤثر على

المنطقة السطحية الرقيقة الميناائية فقط دون أذية العاج أو اللب السني (Kantorowitz et al., 1998; Wigdor et al., 1995).

كما أن زيادة الطاقة ضمن النبضة وزيادة عدد النبضات يؤدي إلى تأثير تراكمي غير مرغوب للطاقة مما يسبب أذية النسج العميقة دون أن يؤدي الأثر المطلوب في الوقاية من نقص التمعدن (Featherstone et al., 1998; Kantorowitz et al., 1998).

بالمجمل للحصول على التأثير الوقائي المثبط لنقص التمعدن للميناء يجب استخدام ليزر CO2 ذي نمط الإصدار النبضي وبكثافة طاقية منخفضة ضمن النبضة (مئات الميلي جول/ سم^2) وزمن نبضة 100 sμ أو أقل (Rodrigues et al., 2004).

لدى مراجعة الأدبيات الطبية لوحظ وجود اختلاف كبير في البارامترات المطبقة لليزر CO2 في الأبحاث فلا تزال البارامترات المثالية التي تحقق الأثر الوقائي الأعظمي وبأقل أذية ممكنة غير واضحة بشكل كافٍ، لذلك قامت العديد من الدراسات بمقارنة البارامترات المختلفة لليزر CO2 بهدف تحديد البارامترات الأكثر فعالية في الوقاية من نقص التمعدن ومنها:

- دراسة (Hsu et al., 1998) حيث تم تطبيق ليزر CO2 على مقاطع مينائية، بطول موجة 10.6 µm، بإصدار موجي مستمر، وكثافات طاقة مختلفة تتراوح بين 42.5 و 170 جول/سم2. ومقارنة نقص التمعدن كيفياً بواسطة المجهر الضوئي وكمياً بواسطة التصوير المجهري microradiography. حيث أظهرت المقاطع الميناائية المشعة مقاومة أكبر للحموض مقارنة مع غير المشعة، وكانت المقاومة الأكبر عند تطبيق الكثافة 170 جول /سم^2.
- دراسة (Featherstone et al., 1998) حيث تم تطبيق ليزر CO2 بأطوال موجية مختلفة (9.3، 9.6، 10.3، أو 10.6 µm)، بمعدلات طاقة/النبضة مختلفة (25، 50، 100، 200، أو250 ميلي جول/النبضة)، تم تطبيق 25 نبضة، تردد 10 هرتز، أبعاد الحزمة 1,6 ملم، وتراوحت كثافة الطاقة بين (1- 12.5 ميلي جول /سم2)، وتمت مقارنة القساوة المجهرية المقطعية للضواحك المشعة بالبارامترات المختلفة لليزر والمجموعة الشاهدة غير المشعة بعد تعريضها لدورة PH. حيث أظهرت جميع مجموعات الليزر تثبيطاً للنخر بمعدل تراوح بين 40-85% مقارنة مع الشاهدة. وأظهرت الأطوال الموجية 9.3 و 9.6 µm, 25 نبضة وبكثافة 1-3 جول/سم2 تثبيطاً للنخر بمقدار 70% مع رفع حرارة أصغري للنسج تحت السطحية (أقل من 1 درجة مئوية على عمق 2 ملم).
- دراسة (Steiner-Oliveira et al., 2006) حيث تم تطبيق ليزر CO2 (طول الموجة 10.6µm، زمن النبضة 10µs، الزمن الفاصل بين النبضات 10µs، التردد 50 هرتز، أبعاد الحزمة 0.3 ملم)، وتم

تقسيم الأسنان إلى 6 مجموعات حسب طاقة الليزر (0.1 واط، 0.2 واط، 0.4 واط،0.7 واط، 0.8 واط) والمجموعة الأخيرة شاهدة دون تعرض لليزر، كثافة الطاقة في المجموعات التجريبية (1.5، 3، 6، 10، 11.5 جول/سم^2). تمت مقارنة كل من التأثيرات الحرارية على حيوية اللب، التغيرات الكيميائية والمورفولوجية عبر المجهر الالكتروني الماسح، ومقدار خسارة الأملاح عبر اختبار القساوة المجهرية المقطعية.

لم يتجاوز ارتفاع درجة الحرارة في جميع المجموعات التجريبية 3 درجات مئوية. وأظهرت النتائج أن الكثافات المنخفضة 6 جول/سم2 كانت كافية لإحداث تغيرات كيميائية ومورفولوجية على المجهر الالكتروني الماسح كانصهار سطح الميناء، إلا أن الكثافات التي كانت فعالة في زيادة مقاومة الميناء لنقص التمعدن تراوحت بين 10 و 11.5 جول/سم^2.

- دراسة (Esteves-Oliveira et al., 2009) حيث تم تطبيق ليزر CO2 بطول الموجة 10.6 µm. في التجربة الأولى تم استخدام 5 كثافات مختلفة (0.1، 0.3، 0.4، 0.5، 0.6 جول/سم^2) مع زمن نبضة 10µs، في التجربة الثانية تم استخدام 5 أزمنة نبضة مختلفة (5، 10، 20، 30، 50 µs)، أما في التجربة الثالثة تم استخدام 3 أزمنة تعرض مختلفة (2، 5، 9 ثوانٍ). تمت مقارنة عمق الآفات عبر المجهر الضوئي المستقطب ومقارنة لتغيرات المورفولوجية عبر المجهر الالكتروني الماسح.

وأظهرت النتائج أن التشعيع بليزر CO2 بكثافة 0.3 جول/سم2، تردد 226 هرتز، زمن نبضة 5µs، زمن تعرض 9 ثوانٍ (2,036 نبضات متداخلة) كان فعالاً في تثبيط نقص التمعدن بمقدار تجاوز 81% مقارنة مع المجموعة الشاهدة وكان أكثر فعالية بشكل جوهري من الفلورايد، دون أن يظهر المجهر الالكتروني الماسح أذيات مينائية واضحة.

- دراسة (Vieira et al., 2015) حيث تم تطبيق ليزر CO2 بطول الموجة 10.6µm، الطاقة = 0.7 واط، زمن النبضة 10ميلي ثانية، الزمن الفاصل بين النبضات 10 ميلي ثانية، التردد = 50 هرتز، الكثافة= 5 جول/سم2. تم تقسيم العينة المؤلفة من 65 مقطع مينائي عشوائياً إلى 5 مجموعات: مجموعة شاهدة، تطبيق الليزر مرة واحدة L1، تطبيق الليزر مرتين L2، تطبيق الليزر 3 مرات L3، تطبيق الليزر 4 مرات L4. وتمت مقارنة كل من التحليل الطيفي FT Raman Spectroscopy، التقييم الكمي لتركيز الكالسيوم والفوسفات، القساوة المجهرية المقطعية، ومقارنة التغيرات البنيوية عبر المجهر الالكتروني الماسح. حيث أظهر التحليل الطيفي FT-Raman Spectroscopy إنقاص محتوى الكربونات في مجموعات L1, L3, L4 مقارنة مع المجموعة الشاهدة. ولم تظهر النتائج وجود فروق جوهرية في محتوى الكالسيوم والفوسفور بين المجموعات المشععة والشاهدة. في حين أظهر اختبار

القساوة المجهرية المقطعية أن نقص التمعدن أقل بشكل جوهري في المجموعات المعالجة بالليزر من المجموعة الشاهدة دون وجود فروق جوهرية بين المجموعات المعالجة بالليزر مع وجود ميل لتثبيط نقص التمعدن في طبقات أكثر عمقاً عند تطبيق الليزر 3 و 4 مرات. كما أظهر المجهر الالكتروني الماسح أن تطبيق الليزر المتكرر ل 3 أو أربع مرات أدى لانصهار أكبر في سطح الميناء وإعادة ترتيب البنية الكريستالية بشكل أوضح لتشكل كتلة صلبة قاسية، أي إن التطبيق المتعدد لليزر يؤدي إلى تثبيط أكبر لنقص التمعدن الميناني.

- دراسة (Nakagaki et al., 2015) حيث تم تطبيق ليزر CO2 (طول الموجة 10.6µm، زمن النبضة 10µsec، زمن التشعيع 5 ثوان، مسافة التشعيع 5 ملم، أبعاد الحزمة 1.05 ملم، الطاقة 0.5، 1، 2، أو 4 واط). تم تقسيم العينة إلى خمس مجموعات: مجموعة الليزر L group، الفلورايد الموضعي F group ، الليزر والفلورايد FL group ، المجموعة الشاهدة C group، ومجموعة الميناء السليم غير المعالج وغير المعرض لدورات نقص التمعدن (Native group) حيث تم غمر المقاطع المينائية في المجموعات الأربعة المتبقية بعد معالجتها بالليزر و/أو الفلورايد ضمن محاليل نقص التمعدن لإحداث آفات نخرية صنعية. وتمت مقارنة كل من كثافة الأملاح في الميناء، الخواص الميكانيكية للميناء (القساوة والمرونة)، تحليل البنية الكريستالية للميناء عبر قياس انكسار الأشعة Micro X-Ray Diffraction (micro-XRD)، وتحري تركيب السطح المينائي من خلال التحليل الطيفي عبر X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS). حيث أظهرت النتائج أن قيم كثافة الأملاح الأعلى كانت في المجموعات المعالجة بالليزر مع الفلورايد عند الطاقة المنخفضة 0.5 و1 واط في حين أظهرت مجموعات الطاقة المرتفعة 4 واط كثافة أملاح أقل. كما أن الخواص الميكانيكية كانت أعلى في المجموعات المعالجة بالليزر عند الطاقات المنخفضة 0.5 و1 واط مع الفلورايد مقارنة مع الفلورايد فقط في حين أظهرت المجموعات المعالجة بطاقة 4 واط خواص ميكانيكية أقل. وأدى تطبيق الليزر لوحده بالطاقات 0.5 -1-2 واط إلى تحسن في قيم الكثافة المعدنية والقساوة لكنه كان أقل من مجموعة الفلورايد فقط، بينما أدى تطبيق الليزر بطاقات منخفضة (0.5 أو 1 واط) مع الفلورايد إلى زيادة واضحة في الكثافة المعدنية والقساوة مقارنة مع مجموعة الفلورايد فقط. أيضاً أظهر تحليل البنية الكريستالية وتحري بنية سطح الميناء أن تركيز الفلوريد وتحول بلورات الهيدروكسي أباتيت إلى بلورات الفلور أباتيت كان أكبر عندما تم تطبيق الليزر مع الفلورايد مقارنة مع الفلورايد فقط.

واستنتجت الدراسة أن تطبيق الليزر بطاقات منخفضة 0.5 -1 واط مفضل لتثبيط نقص التمعدن عبر التعديل الميكانيكي والكيميائي لخواص الميناء وجعله أكثر مقاومة للحموض بينما الطاقات المرتفعة تسبب زيادة حدوث الأذيات الحرارية والتصدعات في الميناء مما يسرع انحلاله.

- دراسة (Kim et al., 2016a) حيث تم تطبيق ليزر CO2 بطول الموجة = µm9.4، باستخدام جهاز ليزر جديد يطلق نظام إصدار موجي متقطع بنبضات مفردة قصيرة الزمن وبكثافات عالية وتردد عالٍ، شكل المقطع العرضي لحزمة الليزر غوصي (أي تتركز الفوتونات في مركز الحزمة وتقل في المحيط)، زمن النبضة = µsec 26، بترددات مختلفة تراوحت بين 100 - 1000 هرتز وبسرعة مسح 2 ملم/ثانية، تألفت العينة من 16 مقطع مينائي بقري تم تقسيم كل مقطع إلى 3 أجزاء: جزء تم تشعيعه بكثافة 1.6 جول/سم2 و تردد 100 هرتز، سرعة المسح 2 ملم /ثانية والجزء الثاني تم تشعيعه بكثافة 2.6 جول/سم2 وتردد 100 هرتز، وترك الجزء المتوسط غير معالج بالليزر كعينة شاهدة ثم تم تعريض المقاطع لمحاليل نقص التمعدن لمدة 48 ساعة لتحري مقاومة الميناء للحموض. تمت مقارنة الخواص الضوئية للميناء قبل وبعد نقص التمعدن من خلال قياس مقدار انعكاس الضوء عبر جهاز Polarization Sensitive PS-OCT، والفحص المجهري الرقمي ثلاثي الأبعاد.

حيث أظهر الفحص المجهري الرقمي ثلاثي الأبعاد لمقطع مينائي مشعع بكثافة 1.6 جول/سم2 تمييز ثلاثة أنماط من تعديل بنية الميناء: 1) يظهر الميناء الواقع حوالي مركز حزمة الليزر منصهراً بشكل كامل وبمظهر زجاجي ويكون مقدار عكسه للضوء أكبر من الميناء غير المعالج، 2) في المنطقة المحيطة (حول 300 µm من المركز) يظهر الميناء أكثر بياضاً وأيضاً أكثر عكسا للضوء ويبدو سطح الميناء مفصولاً بصدوع كبيرة، 3) المنطقة المجاورة على محيط حزمة الليزر (600 - 900 µm من المركز) تبدو الصدوع المجهرية أصغر وتظهر المواشير المينائية واضحة وتبدو المنطقة داكنة بسبب بعثرة الضوء ضمن الحواجز بين المواشير ومقدار عكس الضوء قريب من الميناء غير المعالج.

أما عند الفحص المجهري الرقمي ثلاثي الأبعاد لمقطع مينائي مشعع بكثافة 2.6 جول/سم2، تبدو المنطقة المنصهرة أكبر.

وبعد تطبيق محاليل نقص التمعدن يظهر الميناء غير المعالج منخسفاً بشكل كامل وأكثر عكساً للضوء بينما يبقى الميناء المعالج بالليزر سليماً ضمن 900 µm من مركز الحزمة وأقل عكساً للضوء من الميناء غير المعالج وتظهر المنطقة المنصهرة كلياً مفصولة عن الميناء منخسف الأملاح بطبقة من الميناء السليم وهي المنطقة الواقعة عند 600-900 µm من مركز حزمة الليزر والتي تمت حمايتها بزيادة مقاومتها للحموض دون أن تتغير الخواص البصرية (عكس الضوء) للميناء.

لذا فإن استخدام الأجهزة التي تصدر نمط حزمة ليزرغوصي يسمح بتعديل بنية الميناء وجعله أكثر مقاومة للحموض دون تبدل الخواص البصرية للميناء.

- دراسة (Kim et al., 2017) حيث تم تطبيق 3 إعدادات مختلفة من ليزر CO2 عند طول الموجة = 9.4µm، باستخدام نفس جهاز الليزر السابق الذي يصدر نمط حزمة ليزر غوصي، زمن النبضة = 26 µsec. في المجموعة الأولى: تم تقسيم كل مقطع إلى3 نوافذ تم تعريض النافذة اليسرى لكثافة 1.6 جول/سم^2 واليمنى لكثافة 2.6 جول/سم^2، سرعة المسح الليزري 2ملم/ثانية، التردد= 100 هرتز، وترك الجزء المتوسط غير معالج كجزء شاهد تمت تغطيته بالفرنيش لحمايته خلال تعريض المقاطع لنقص التمعدن ثم تم غمر المقاطع ضمن محاليل نقص التمعدن لمدة 48 ساعة. أما في المجموعتين الثانية والثالثة: تم تطبيق الفلورايد مع الليزر في النافذة المشععة اليسرى وتم تعريض المقاطع لنقص تمعدن أقل شدة، وتوضع الجزء المحمي المغطى بالفرنيش من المقاطع على أقصى يمين ويسار النوافذ المشععة من المقاطع المينائية في حين تُرك الجزء المتوسط الشاهد غير محمي، في المجموعة الثانية تم تطبيق الليزر بكثافة 0.9 جول/سم^2 وسرعة مسح 1ملم/ثانية أبعاد الحزمة = 3,1 ملم، وفي المجموعة الثالثة تم تطبيق الليزر بكثافة 0.9 جول/سم^2 وسرعة مسح 2ملم/ثانية.

تمت مقارنة الخواص الضوئية للميناء قبل وبعد نقص التمعدن وفي حال إضافة أو عدم إضافة الفلورايد مع الليزر من خلال قياس مقدار انعكاس الضوء عبر جهاز Polarization Sensitive PS-OCT، الفحص المجهري الرقمي ثلاثي الأبعاد، والفحص بالمجهر الضوئي المستقطب Polarized Light Microscopy PLM.

أظهرت المقاطع المينائية في المجموعة الأولى أن المنطقة المنصهرة المتوضعة في مركز حزمة الليزر في النوافذ المشععة بالكثافة الأعلى 2.6 جول/سم^2 كانت أكبر وتشمل معظم المنطقة المعرضة لليزر. وأظهر الفحص بالPS-OCT أن مقدار عكس الضوء في الميناء الواقع عند مركز حزمة الليزر وحول 300 µm من المركز كان أكبر بشكل جوهري من الميناء الشاهد السليم، بعد خسف الأملاح أصبح مقدار عكس الضوء في الميناء الواقع خارج 900 µm من مركز حزمة الليزر أكبر بشكل جوهري من الميناء غير المعالج منخسف الأملاح بشكل كامل، هذا يعني أن منطقة الميناء الواقعة بين 600-900 µm تمثل منطقة معالجة بالليزر وأكثر مقاومة للحموض دون تغير الخواص البصرية عن الميناء السليم.

بينما أظهرت المقاطع المينائية في المجموعة الثانية أن المنطقة المنصهرة في الميناء المعالج بالليزر الواقعة عند مركز حزمة الليزر كانت أضيق لأن الكثافة المطبقة أقل، ولم يقدم الفلورايد أي تأثير وقائي حيث لم يختلف مقدار عكس الضوء في الأجزاء المعالجة بالفلورايد فقط عن الأجزاء الشاهدة غير المعالجة وكان

كلاهما أعلى بشكل جوهري من الأجزاء المعالجة بالليزر، ولم يختلف مقدار عكس الضوء في الميناء المعالج بالليزر عن المعالج بالليزر مع الفلورايد.

وأظهرت المقاطع المينائية في المجموعة الثالثة حيث تم تطبيق الليزر بكثافة 0.9 جول/سم^2 ببقعتين متوازيتين لتوليد نمط حزمة واسع دون وجود منطقة منصهرة مركزية واضحة أن مقدار عكس ضوء أقل بشكل جوهري في المقاطع المعالجة بالليزر والليزر مع الفلورايد دون وجود فروق جوهرية بينها.

واستنتجت الدراسة أن تطبيق الليزر بالكثافات المنخفضة التي تقع تحت عتبة الانصهار يمكن أن يقدم حماية للميناء عبر زيادة مقاومته للانحلال الحمضي دون أن تتبدل الخواص البصرية للميناء وبالتالي يمكن تطبيقه في المناطق ذات الخطورة العالية للنخر كالميناء حول الحاصرات التقويمية وفي الأسنان الأمامية دون التأثير على المظهر التجميلي للميناء. ولم تتمكن الدراسة من تفسير عدم فعالية الفلورايد في تقديم أي تأثير وقائي إضافي للميناء والذي كان مفاجئاً ومخالفاً للفرضيات التي اقترحت وجود تأثير تآزري للفلورايد مع الليزر.

- دراسة (Lee et al., 2017) حيث تم تطبيق 3 إعدادات مختلفة من ليزر CO2 عند طول الموجة = 9.4µm، باستخدام نفس جهاز الليزر السابق الذي يصدر نمط حزمة ليزر غوصي، زمن النبضة = 26 µsec. في المجموعة الأولى تم تقسيم كل مقطع إلى3 نوافذ وتعريض النافذتين اليمنى واليسرى لليزر بكثافة منخفضة 0.9 جول/سم^2 ، سرعة المسح الليزري 2ملم/ثانية، التردد= 100 هرتز، وتمت إضافة الفلورايد إلى النافذة اليسرى وترك الجزء المتوسط غير معالج كجزء شاهد. أما في المجموعتين الثانية والثالثة: تم تطبيق الفلورايد مع الليزر في النافذة المشعة اليسرى، وتوضع الجزء المحمي المغطى بالفرنيش من المقاطع على أقصى يمين ويسار النوافذ المشعة من المقاطع المينائية في حين تُرك الجزء المتوسط الشاهد غير محمي، في المجموعة الثانية تم تطبيق الليزر بكثافة 0.9 جول/سم^2 وسرعة مسح 1ملم/ثانية أبعاد الحزمة = 3,1 ملم. وفي المجموعة الثالثة تم تطبيق الليزر بكثافة 0.9 جول/سم^2 وسرعة مسح أكبر 2ملم/ثانية وتم تطبيق بقعتي ليزر متوازيتين مما سمح بالحصول على منطقة تشعيع واسعة وبكثافة منخفضة دون وجود منطقة منصهرة مركزية واضحة.

ثم تم غمر المقاطع ضمن محاليل نقص التمعدن ومقارنة الخواص الضوئية للميناء بعد تعريضه لمحاليل نقص التمعدن في حال إضافة أو عدم إضافة الفلورايد مع الليزر من خلال قياس مقدار انعكاس الضوء عبر جهاز Polarization Sensitive PS-OCT. أظهر فحص PC-OCT بعد تعريض المقاطع المينائية لمحاليل نقص التمعدن في المجموعات الثلاثة أن مقدار عكس الضوء الأكبر الذي يمثل آفات نقص التمعدن لوحظ في الأجزاء المينائية الشاهدة غير المعالجة والمعالجة بالفلورايد فقط والذي كان أكبر بشكل جوهري

من الأجزاء المعالجة بالليزر أو بالليزر مع الفلورايد التي لم يكن الفرق بينها دالاً إحصائياً ولم يقدم الفلورايد أي تأثير وقائي تآزري عند إضافته مع الليزر.

- دراسة (Esteves-Oliveira et al., 2017b) حيث تم تقسيم العينة المؤلفة من 77 مقطع مينائي إلى 7 مجموعات: مجموعة شاهدة غير معالجة وفي المجموعات الستة المتبقية تم تطبيق ليزر CO2 طول الموجة 10.6 µm بكثافات تتراوح بين 1.0 و 18 جول/سم2 بطريقة مسح أفقية عبر تطبيق نبضات متتالية متراكبة لتغطية كامل السطح.

في المرحلة الأولى تم تطبيق أزمنة نبضة مختلفة: المجموعة الأولى: (زمن النبضة = sµ02 الطاقة= 1.8 واط، التردد= KH 202) ، المجموعة الثانية: (زمن النبضة=33 sµ الطاقة= 3.2 واط، التردد= KH2)، المجموعة الثالثة: (زمن النبضة= sµ55 الطاقة=5.2 واط، التردد= KH 1.8) ، المجموعة الرابعة: (زمن النبضة=490 sµ ،الطاقة = 34.8 واط، التردد= KH 2)

في المرحلة الثانية تمت زيادة المسافة الأفقية الفاصلة بين كل نبضتين متتاليتين والمسافة العمودية بين كل خطي مسح لمجوعتي زمني النبضة 55 و 490 بهدف إنقاص ارتفاع الحرارة عند السطح الناجم عن تطبيق موجتين متتاليتين بمسافة فاصلة قصيرة جداً بينهما.

تم قياس كل من درجة ارتفاع الحرارة عند السطح المينائي باستخدام الكاميرا الحرارية، قياس درجة ارتفاع الحرارة تحت طبقات الميناء، ومقدار ارتفاع الحرارة داخل الحجرة اللبية، مقارنة التغيرات النسيجية، مقارنة انكسار الأشعة X-Ray Diffraction XRD، تحري مقاومة الميناء للانسحال الحمضي عبر قياس مقدار خسارة السطح بعد تعريض المقاطع لمحاليل حمضية لمدة 6 أيام.

حيث كان ارتفاع درجة الحرارة عند سطح الميناء فوق 600 درجة في المجموعات الأربعة (G 20 G55, G490, G490 d)، ارتفاع الحرارة ضمن العاج أقل من 5.5 درجة في المجموعات (G20, G33d)، وفقط مجموعة زمن النبضة 20 (G20) حققت ارتفاع الحرارة المطلوب عند سطح الميناء (619±21.8) درجة دون تجاوز الحد المطلوب لارتفاع الحرارة في الطبقات العميقة (5.3±1.4).

أدى تطبيق الليزر إلى زيادة خشونة السطح مقارنة مع المنطقة غير المعالجة في كل المجموعات عدا مجموعتي زمني النبضة G33 و G33d. وكانت التغيرات النسيجية خفيفة إلى متوسطة في مجموعات G20 و G33 و G33d. في مجموعة G20 لوحظ مقدار ارتفاع درجة الحرارة الأقل داخل الحجرة اللبية ولم يلاحظ تغير في المحتوى المعدني عند تحليل XRD، كما لوحظ حدوث إنقاص جوهري في مقدار خسارة السطح الناجمة عن انخساف الأملاح مقارنة مع الجزء غير المعالج بمقدار 64%.

واستنتجت الدراسة أن تطبيق طريقة المسح الليزري بليزر CO2 بطول الموجة 10.6 µm والبارامترات (زمن النبضة 20 sµ ، التردد 2 KH، الكثافة 1.25 جول/سم^2، سرعة المسح 3.4 ملم/ثانية) فعال في زيادة مقاومة الميناء للانحلال الحمضي بمقدار 64% مع تحقيق المعايير الآمنة بيولوجياً.

1-4-6-7 تلخيص الدراسات السابقة وتبرير القيام بالبحث الحالي:

يمكن أن نلاحظ أن معظم الدراسات السابقة التي قامت بتحري فعالية ليزر CO2 قد أظهرت فعالية عالية في تثبيط نقص التمعدن وكانت مشابهة وفي بعض الحالات أعلى من فعالية الفلورايد الموضعي كما أنها كانت أعلى من أنظمة الليزر الأخرى والإجراءات الوقائية الأخرى.

إلا أن الدراسات كانت في معظمها مخبرية في حين اقتصرت الأبحاث السريرية على الضواحك المعدة للقلع والدراسات In-situ والتي تحرت فعاليته بالطرق المخبرية كقياس القساوة المجهرية والتحري بالمجهر الالكتروني الماسح، وهي غير كافية لتأسيس دليل كافٍ حول فعالية الليزر في الظروف السريرية وإمكانية التوصية بتطبيقه روتينياً في العيادات والأبحاث، فوفقاً لقواعد البحث الحالية لا يمكن تأسيس دليل طبي كافٍ حول فعالية أي إجراء علاجي تم تطبيقه في الظروف المخبرية دون أن تُختبر فعاليته في التجارب السريرية المضبوطة المعشاة.

ومن هنا جاءت فكرة البحث الحالي لتحري الفعالية السريرية لليزر CO2 في تثبيط نقص التمعدن الميناني حول الحاصرات التقويمية.

الباب الثاني

المواد والطرائق

Materials & Methods

2- المواد والطرائق:

2-1 تصميم الدراسة Study design:

دراسة سريرية مضبوطة ومعشاة بتصميم الفم المشطور Randomized controlled split mouth clinical trial.

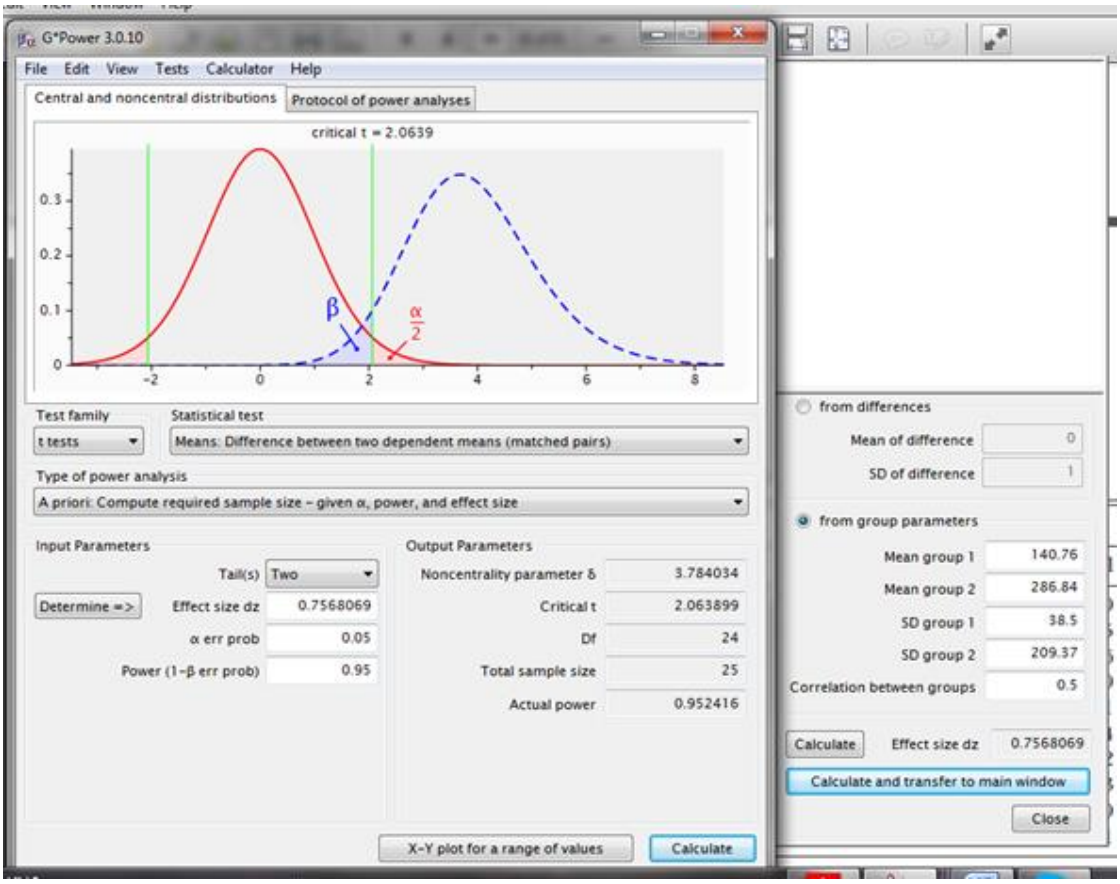
2-2 مكان البحث Place of the study:

أجريت المعالجة التقويمية كاملة في قسم تقويم الأسنان والفكين في كلية طب الأسنان/ جامعة دمشق باستثناء تطبيق ليزر CO2 الذي تم إجراؤه في المعهد العالي لبحوث الليزر وتطبيقاته Higher institution for Laser Research and Applications (HILRA).

2-3 عينة الدراسة STUDY SAMPLE:

2-3-1 تقدير حجم العينة ESTIMATION OF THE STUDY SAMPLE:

تم حساب حجم العينة باستخدام برنامج G power الإصدار (3.0.10) بالاعتماد على قوة اختبار 95% ومستوى دلالة 5% ، لم نجد دراسة سابقة سريرية تحرت تأثير ليزر CO2 بطرق سريرية مشابهة لمتغيرات الدراسة الحالية، لذا تم تحديد حجم التأثير effect size وفقاً لنتائج دراسة سريرية سابقة (Harazaki et al., 2001)، حيث تم اعتماد المتوسط الحسابي والانحراف المعياري للزيادة في مساحة البقع البيضاء المقاسة على الصور الضوئية بعد سنة من تطبيق ليزر Nd:YAG لكل من المجموعة التجريبية والمجموعة الشاهدة، فكان حجم التأثير= 0.76 ملم^2 بتطبيق اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة، فكان حجم العينة المطلوب بالاعتماد على المعطيات السابقة 25 مريض وباتباع تقنية الفم المشطور سيكون لدى كل مريض جهتين تداخل وجهتين شاهدة (الشكل رقم 2-1).



شكل رقم 2 1: تقدير حجم العينة باستخدام برنامج G power

2-3-2 جمع العينة SAMPLE COLLECTION:

تمت مراجعة السجلات المأخوذة للمرضى المراجعين لقسم تقويم الأسنان والفكين في كلية طب الأسنان – جامعة دمشق واستدعاء المرضى الذين تراوحت أعمارهم بين 14-25 سنة والذين كان التشخيص الأولي لهم وفق السجلات كحالات ازدحام أمامي علوي و/أو سفلي خفيف إلى متوسط الشدة أو فراغات معممة علوية و/أو سفلية.

تم إجراء فحص سريري دقيق للمرضى، وبعد التأكد من احتمالية دخول المريض ضمن العينة وفقاً لمعايير التضمين تم أخذ السجلات التشخيصية المتمثلة بالصور الشعاعية (البانورامية والسيفالومترية الجانبية)، الطبعات الأولية والصور الضوئية داخل وخارج الفموية ، وتسجيل القصة المرضية كاملة ضمن بطاقة الفحص المعتمدة من قبل قسم تقويم الأسنان والفكين في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق.

ثم تم إعلام المرضى المطابقين لمعايير الإدخال بتفاصيل الدراسة مع تقديم شرح موجز لهم بطريقة إجراء البحث، وتم الحصول على الموافقة الخطية المستنيرة من قبل المرضى أو ذويهم للمشاركة في البحث الحالي (ملحق رقم 1).

بلغ عدد المرضى الذين تم تقييمهم للدراسة 31 مريضاً، تم استبعاد 5 مرضى (3 مرضى رفضوا المشاركة في البحث لأسباب شخصية، ومريضين لم يحققوا معايير التضمين أحدهم بسبب الصحة الفموية السيئة والآخر بسبب وجود نقص تمعدن مينائي معمم).

وبالتالي بلغ العدد النهائي للعينة 26 مريضاً (18 إناث و 8 ذكور)، تراوحت أعمارهم بين 14- 25 سنة (متوسط العمر 18.12 سنة).

2-3-3 معايير التضمين:

تم اختيار المرضى من المرضى المراجعين لقسم تقويم الأسنان والفكين في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق بحيث تنطبق عليهم الشروط الآتية:

1- مرضى بالغين بإطباق دائم بأعمار تتراوح بين 14-25 سنة.

2- بحاجة إلى معالجة تقويمية بأجهزة ثابتة.

3- لديهم ازدحام أمامي علوي و/أو سفلي خفيف إلى متوسط الشدة، فراغات معممة علوية و/أو سفلية.

4- يتمتعون بصحة فموية جيدة إلى متوسطة.

5- غير خاضعين لمعالجة تقويمية سابقة.

2-3-4 معايير الإقصاء:

1- المرضى المصابين بأمراض عامة أو تناذرات.

2- المرضى ذوي الصحة الفموية السيئة.

3- المرضى الخاضعين لمعالجة فلورية ضمن العيادة بالفلورايد الموضعي أو الجهازي خلال الثلاثة أشهر الأخيرة قبل إخضاعهم للبحث.

4- حالات الازدحام الشديد.

5- الأسنان المصابة بآفات بقع بيضاء أو نقص تمعدن.

6- الأسنان المصابة بسوء تصنع مينائي أو تبقع فلوري.

7- وجود نخور، ترميمات أو تيجان على السطوح الدهليزية للأسنان.

2-3-5 التخصيص والتوزع العشوائي للعينة ALLOCATION AND RANDOMIZATION OF THE SAMPLE:

تم تقسيم الأقواس السنية من الضاحك الثاني العلوي الأيمن إلى الضاحك الثاني السفلي الأيمن (أي 20 سن) لدى كل مريض **عشوائياً** إلى مجموعتين (مجموعة تجريبية ومجموعة شاهدة) باتجاهين متعاكسين في كل نصف فك وفق تصميم الفم المشطور:

في المجموعة التجريبية تم تطبيق ليزر CO2 على الميناء حول الحاصرات التقويمية.

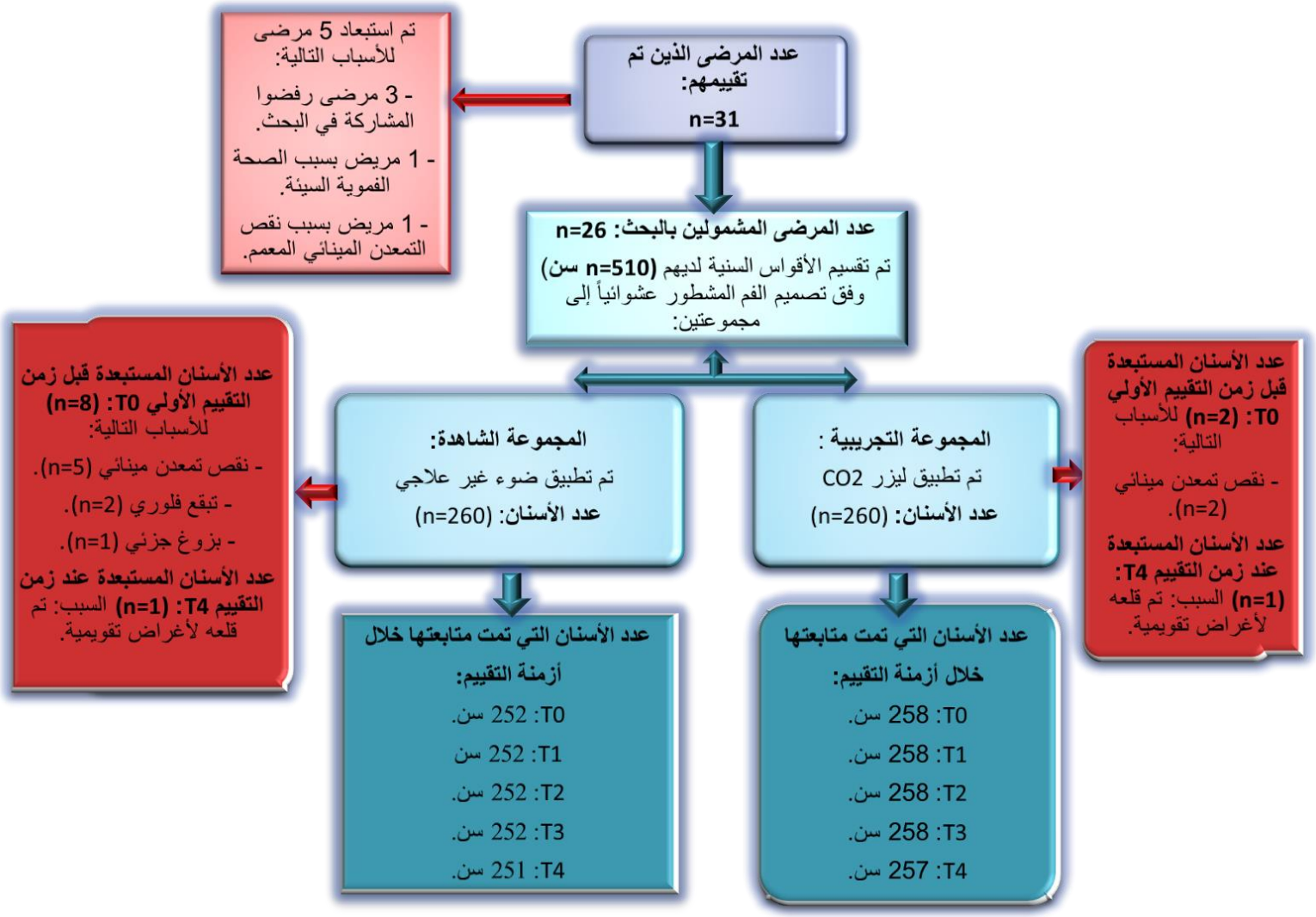
في المجموعة الشاهدة تم تطبيق ضوء غير علاجي وهمي.

التعشية:

تم انتقاء جهات القوس السنية التي سيتم فيها تطبيق الليزر بشكل عشوائي باستخدام الطريقة اليدوية البسيطة حيث طُلب من كل مريض سحب ورقة مغلفة ضمن ظرف كتيم وموضوعة ضمن وعاء مكتوب عليها إما نموذج A أو نموذج B ثم طلب من كل مريض كتابة اسمه على الظرف الذي قام بسحبه، مع الحفاظ عليها مغلفة وإخفائها عن الباحثة حتى إتمام توزيع المرضى لمنع التحيز، واعتماداً على ذلك تم التوزيع وفق ما يلي:

- **في النموذج A :** تم تطبيق الليزر في نصفي الفك العلوي الأيمن والسفلي الأيسر من القوسين السنيتين بينما بقي النصفان العلوي الأيسر والسفلي الأيمن كجهات شاهدة.
- **في النموذج B:** تم تطبيق الليزر في نصفي الفك العلوي الأيسر والسفلي الأيمن من القوسين السنيتين بينما بقي النصفان العلوي الأيمن والسفلي الأيسر كجهات شاهدة.

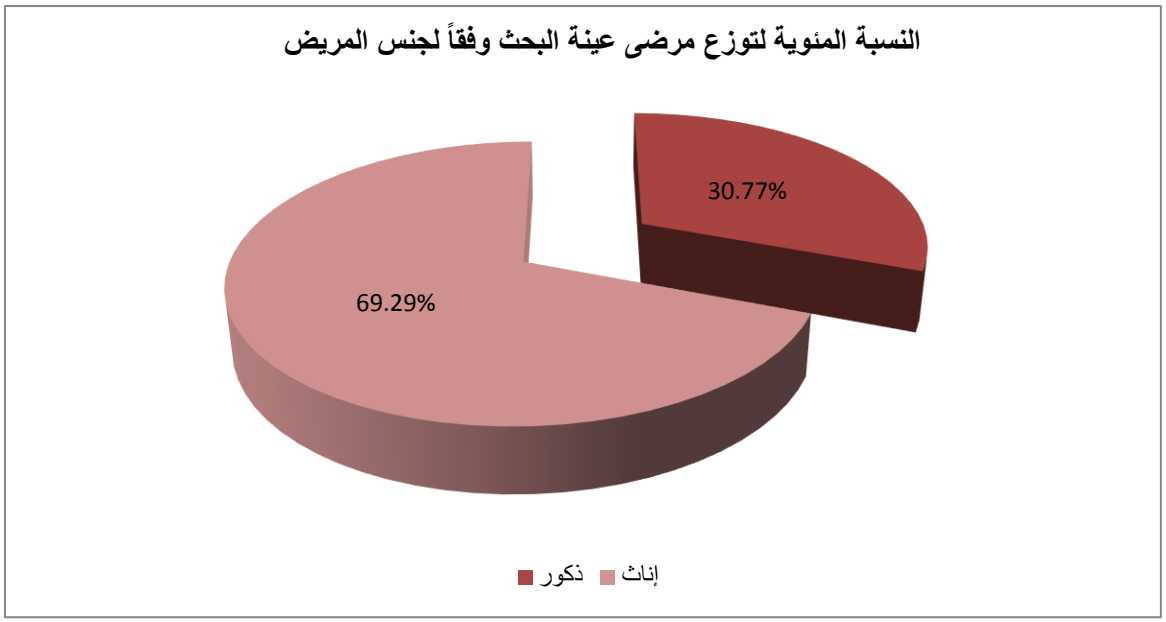
وبالتالي تألفت عينة البحث من 520 سناً لدى 26 مريض (وذلك من أجل التوزيع المتساوي للجهات التجريبية والشاهدة لدى المرضى وفقاً للنموذج A أو B)، تم استبعاد 10 أسنان عند الزمن T0 لعدم تحقيقها لمعايير التضمين (8 أسنان من المجموعة الشاهدة و 2 سن من المجموعة التجريبية) من العينة وبذلك تألفت عينة البحث من 510 سناً لدى 26 مريض (258 سن في مجموعة الليزر و252 سن في المجموعة الشاهدة) (المخطط رقم 2-1).



مخطط رقم 2 1: يبين المخطط التدفقي لتوزع مرضى عينة البحث.

وكان توزع المرضى والأسنان في عينة البحث كما يلي:

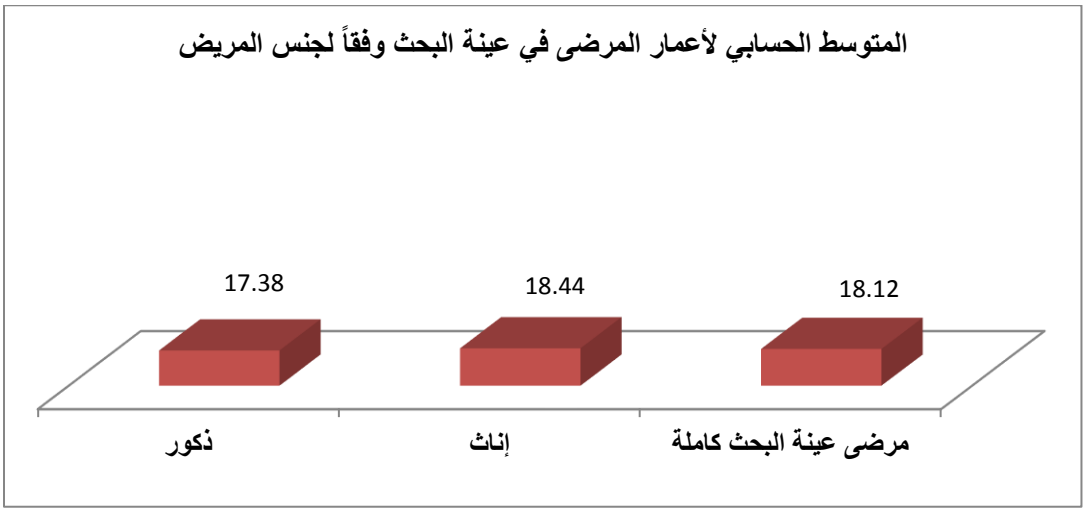
6-3-2 توزع مرضى عينة البحث وفقاً لجنس المريض:



مخطط رقم 2 2: يمثل النسبة المئوية لتوزع مرضى عينة البحث وفقاً لجنس المريض

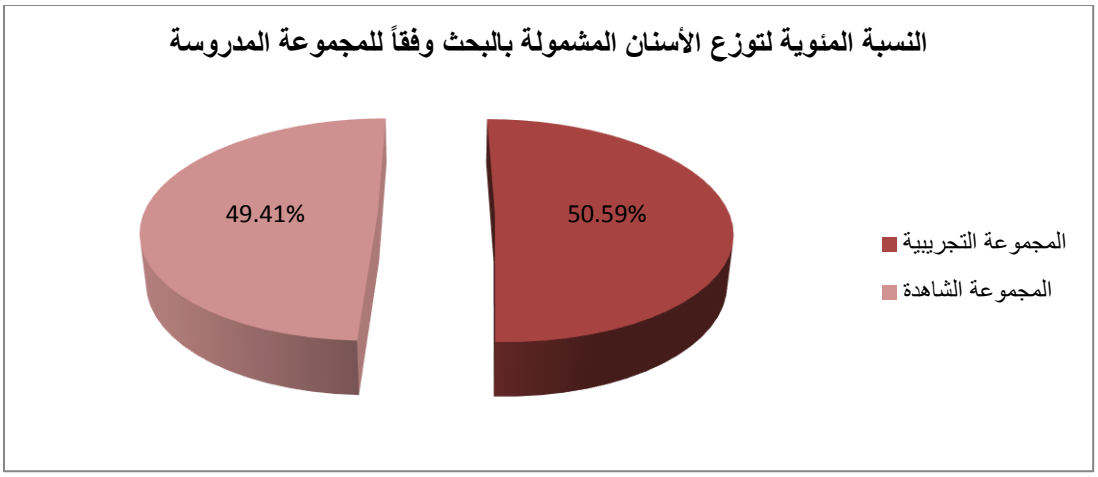
.

7-3-2 المتوسط الحسابي لأعمار المرضى في عينة البحث وفقاً لجنس المريض:



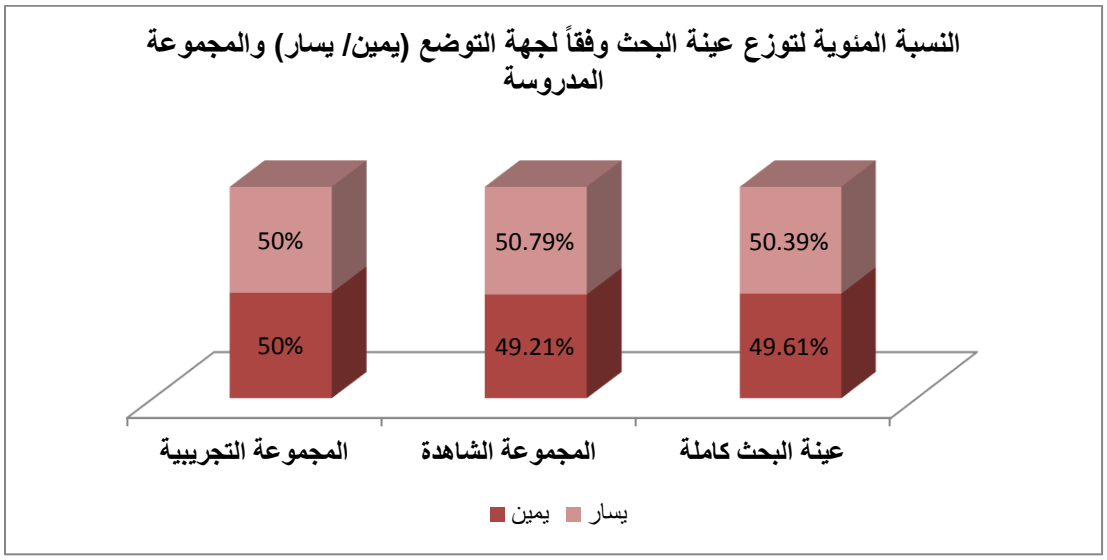
مخطط رقم 2 3: يمثل المتوسط الحسابي لأعمار المرضى في عينة البحث وفقاً لجنس المريض.

8-3-2 توزع عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:



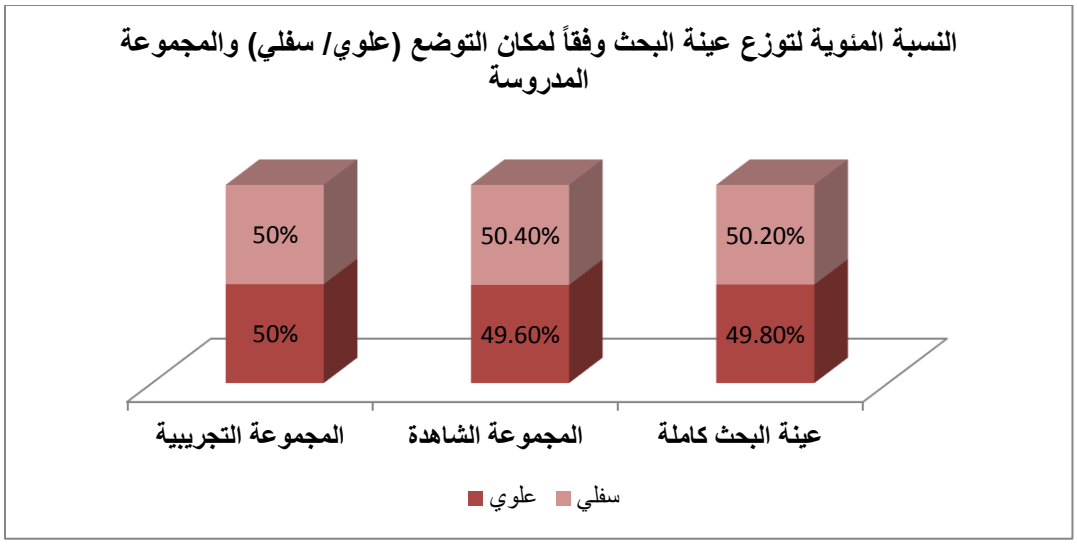
مخطط رقم 2 4: يمثل النسبة المئوية لتوزع الأسنان المشمولة في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

10-3-2 توزع عينة البحث وفقاً لجهة التوضع (يمين / يسار) والمجموعة المدروسة:



مخطط رقم 2 5: يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً لجهة التوضع (يمين/يسار) والمجموعة المدروسة.

11-3-2 توزع عينة البحث وفقاً لمكان التوضع (علوي / سفلي) والمجموعة المدروسة:



مخطط رقم 2 6: يمثل النسبة المئوية لتوزع عينة البحث وفقاً لمكان التوضع (علوي/ سفلي) والمجموعة المدروسة.

4-2 المواد المستخدمة في البحث MATERIALS OF THE STUDY:

1- أدوات الفحص السني (مرآة، مسبر، ملقط).

2- مبعدات فم خاصة بالتصوير وخاصة بالإلصاق.

3- لفافات قطنية وماصات لعاب لتأمين ساحة عمل جافة نسبياً خلال الإلصاق وخلال الفحص والتصوير.

4- الأدوات التقويمية التقليدية (شكل رقم 2-2).



شكل رقم 2 2: الأدوات التقويمية المستخدمة خلال البحث.

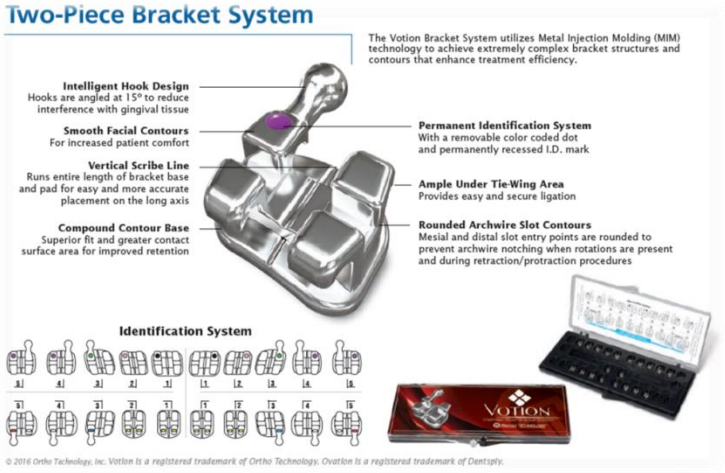
5- فراشي لتنظيف سطوح الأسنان مركبة على قبضة معوجة بسرعة بطيئة من شركة NSK (الشكل رقم 2-3).



شكل رقم 2 3: القبضة بطيئة السرعة وفراشي تنظيف السطوح السنية المستخدمة في البحث.

6- معجون خفان غير حاوي بتركيبه على الفلورايد لتنظيف سطوح الأسنان قبل إجراءات الفحص السريري والتصوير.

7- حاصرات تقويمية معدنية مسبقة التعديل وصفة MBT 022 من شركة Votion/ Ortho Technology (الشكل رقم 2-4).



شكل رقم 2 4: حاصرات Votion المستخدمة في البحث.

8- حمض مخرش ذو قوام هلامي ولون أزرق مكون من حمض الفوسفور 37% Resilience من شركة Ortho Technology (الشكل رقم 2-5).


Resilience
Resilience
Resilience

10- جهاز تصليب ضوئي لا سلكي Mini LED Ortho.

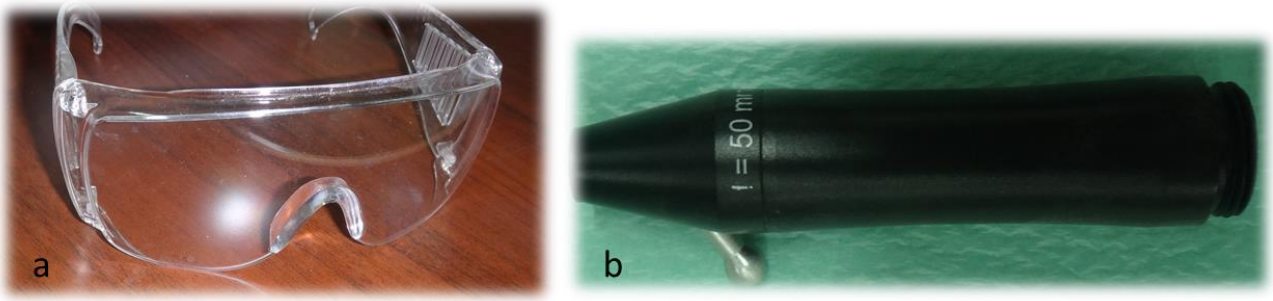
11- جهاز ليزر CO2 من شركة (CL-20 Enterprise Standard: YZB / State 1317-2007) ذو طول الموجة 10.6 µm الموجود في المعهد العالي لبحوث الليزر وتطبيقاته، وفق الإعدادات التالية (الجدول رقم 2-1) (الأشكال رقم 2-7، 2-8):

جدول رقم 2 1: يبين بارامترات ليزر CO2 المستخدم في البحث.

طول الموجة	µm 10.6
الطاقة	0. 7 واط
زمن النبضة	1 ثانية
عدد النبضات لكل بقعة	3 نبضات / بقعة
زمن التشعيع لكل بقعة	3 ثوانٍ
زمن التشعيع الإجمالي	10 دقائق
مسافة التشعيع	2-1 ملم



شكل رقم 2 7: جهاز ليزر CO2 والبارامترات المستخدمة في البحث.



شكل رقم 2 8: a) النظارات الواقية للعين، b) القبضة المستخدمة لتوصيل أشعة الليزر.

تم تحديد بارامترات الليزر المستخدمة في البحث الحالي اعتماداً على دراسة Miresmaeili وزملائه السريرية التي استنتجت أن تطبيق ليزر CO2 بطول موجة 10.6 µm قد أدى إلى تثبيط نقص التمعدن المينائي عبر زيادة القساوة المجهرية المينائية حول الحاصرات التقويمية وأظهر المجهر الالكتروني الماسح وجود انصهار في سطح الميناء (Miresmaeili et al., 2014)، وقد اعتمد Miresmaeili بدوره في تحديد بارامترات الليزر المستخدمة في دراسته على الدراسة المخبرية ل Eseteves-Oliveira وزملائه التي قارنت البارامترات المختلفة لليزر CO2 لتحديد البارامترات الفعالة والآمنة التي تزيد من مقاومة الميناء للانحلال الحمضي دون إحداث أذيات حرارية والتي استنتجت أن تطبيق ليزر CO2 عند طول الموجة 10.6µm فعال في تثبيط انحلال الميناء الحمضي بمقدار 81% دون أن يظهر المجهر الالكتروني الماسح أي أذيات مينائية شديدة (Esteves-Oliveira et al., 2011).

12- كاميرا رقمية Nikon ,D80, Japan الموجودة في قسم تقويم الأسنان والفكين في كلية طب الأسنان بجامعة دمشق (الشكل رقم 2-9) تم ضبطها كما يلي: (النمط اليدوي Manual mode، أبعاد العدسة 60 mm lens، نسبة التكبير 1:3) وفق إعدادات موحدة وقابلة لإعادة التكرار عند إجراء التصوير في أزمنة التقييم المختلفة.



شكل رقم 2 9: الكاميرا الرقمية المستخدمة في البحث.

13- جهاز DIAGNOdent Pen 2190 من شركة Kavo الألمانية (الشكل رقم 2-10) لتحري درجة انخساف الأملاح حول الحاصرات التقويمية الموجود في قسم طب الفم/ كلية طب الأسنان/ جامعة دمشق.



شكل رقم 2 10: جهاز DIAGNOdent Pen 2190 المستخدم في البحث.

5-2 طرائق البحث METHODS OF THE STUDY:

❖ بعد أن تم انتقاء العينة وفق الشروط السابقة، تم تنظيف السطوح السنية بواسطة الفراشي المركبة على قبضات معوجة ذات سرعة بطيئة وباستخدام معاجين خفان غير حاوية على الفلورايد لإزالة اللويحة المتبقية. ثم تم إجراء الفحوص التالية:

أولاً: تم إجراء الفحص السريري البصري للسطوح السنية تحت ضوء الوحدة السنية (زمن التقييم T0)، وذلك بعد العزل النسبي باستخدام مبعدات الخدين واللسان واللفافات القطنية ، ثم تم تطبيق الهواء المضغوط لعدة ثوانٍ لتجفيف السطوح السنية مع الاستعانة بمرآة ومسبر كليل وفق تعليمات الفحص البصري الموصوفة من قبل (Topping and Pitts, 2009). وتم في هذه المرحلة استبعاد الأسنان التي تعاني من نخور، ترميمات، نقص تمعدن مينائي، آفات بقع بيضاء على السطوح الدهليزية وفقاً لمعايير الاستبعاد ضمن العينة، وتم تسجيل حالة وجود أو عدم وجود نقص التمعدن لجميع الأسنان على استمارة الفحص الخاصة بالمريض (الملحق رقم 2).

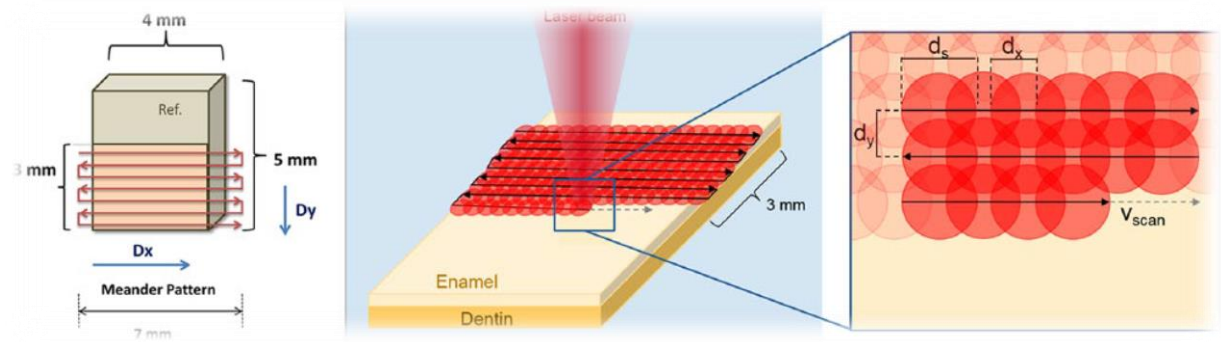
ثانياً: تم إجراء التصوير الضوئي للسطوح الدهليزية للأسنان باستخدام الكاميرا الرقمية Nikon D80 بعدسة 60 ملم، تم التقاط عدة صور جبهية للسطح الدهليزي لكل سن واختيار الصورة الأفضل ليتم حفظها، وتم توجيه عدسة الكاميرا خلال التصوير بشكل عمودي على مركز السطح الدهليزي للسن الذي يتم تصويره وبحيث يقع المركز البؤري للصورة عند مركز السطح الدهليزي وفق إعدادات موحدة وقابلة للتكرار باستخدام النظام اليدوي Manual mode ، نسبة التكبير 1:3، زمن التعرض 1/ 60 ثانية تحت إضاءة طبيعية مناسبة، تم تخزين الصور الملتقطة لجميع الأسنان إلى الحاسوب وحفظها ضمن ملف خاص بالمريض بصيغة JPEG وتوحيد خصائصها باستخدام برنامج Resizer Program كما يلي: (2592×3872 بيكسل، high quality، resolution of 300 dpi).

ثالثاً: تم فحص السطوح الدهليزية للأسنان باستخدام جهاز DIAGNOdent Pen لتحري درجة خسف الأملاح المعدنية البدئية، وذلك بوضع الرأس الليزري على السطوح الدهليزية وضغط المفتاح الدائري حتى يظهر على الشاشة Set 0 وبالتالي تحدد القيمة المرجعية الصفرية لكل سن، تم توجيه الرأس الليزري عمودياً على سطح السن بحيث يكون على تماس معه دون تطبيق ضغط حيث تظهر على شاشة الجهاز قيمة لحظية Moment Value تعبر عن مقدار انخساف الأملاح في النقطة المحددة وهي تتغير كلما تحرك الرأس عبر السن وقيمة ذروية Peak Value تعبر عن الرقم الأعلى المسجل لمقدار انخساف الأملاح خلال فحص السطح السني (الشكل رقم 2- 11)، تم تسجيل القيمة الذروية لكل سن على استمارة الفحص الخاصة بالمريض (الملحق رقم 2).

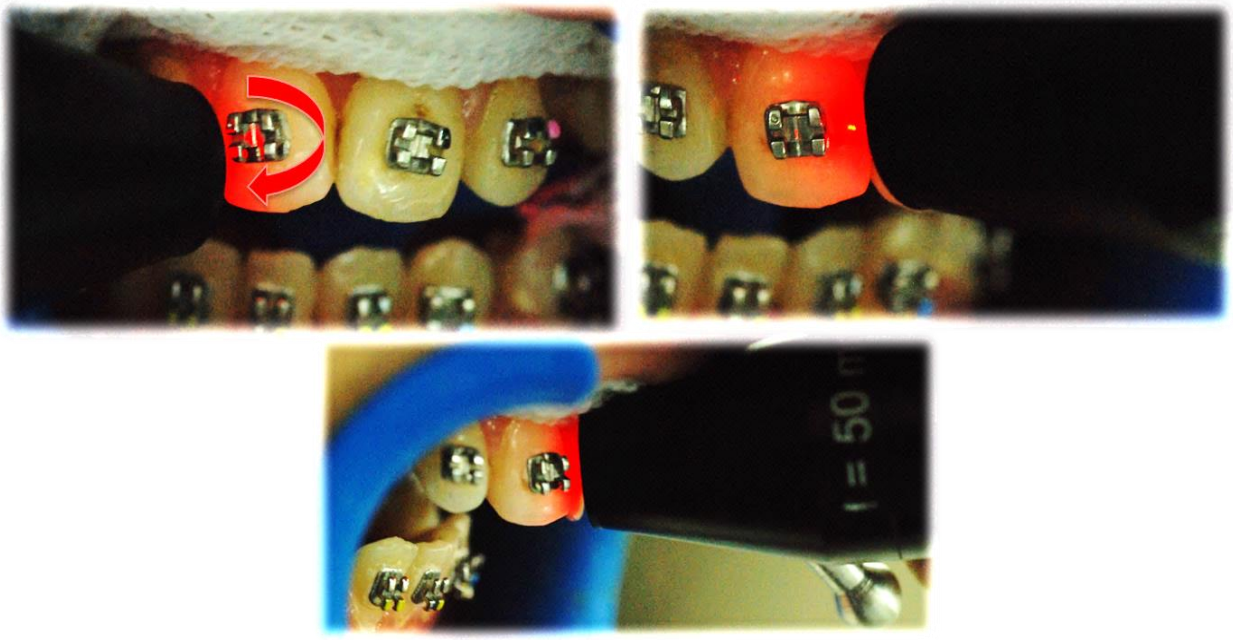


شكل رقم 2 11: يوضح القيمة اللحظية Moment Value والقيمة الذروية Peak Value لجهاز DIAGNOdent Pen المستخدم في البحث.

- بعد العزل الكافي تم تخريش الأسنان بحمض الفوسفور 37% لمدة 15 ثانية ثم الغسل والتجفيف الكافي لمدة 15 ثانية ،ثم تم تطبيق المادة الرابطة على سطح الأسنان وتصليبها ضوئياً لمدة 20 ثانية، ثم تم إلصاق الحاصرات المعدنية بالمادة اللاصقة ضوئية التصلب، حيث تم فرش المادة اللاصقة على قاعدة الحاصرة ،و تم تطبيق الحاصرة بضغط خفيف على السطح الدهليزي، وأزيلت الزوائد بمسبر حاد ثم تم التصليب الضوئي لمدة 10 ثوانٍ لكل جهة من الجهات الإطباقية واللثوية والأنسية والوحشية أي 40 ثانية لكل سن.
- ثم تم تطبيق ليزر CO2 في الجهات التجريبية بعد تبعيد الخدود والشفاه وتغطية النسج اللثوية بشاش طبي رطب لمنع الأذية الحرارية غير المقصودة للنسج الرخوة، تم توجيه حزمة ليزر CO2 بالاستعانة بالضوء الموجه الأحمر المرئي بشكل عمودي على السطح الدهليزي للميناء المجاور للحاصرات والحفاظ على مسافة تشعيع 1- 2 ملم عن سطح الميناء، تم تطبيق 3 نبضات مفردة لكل بقعة مينائية بطريقة المسح الليزري الموصوفة من قبل (Esteves-Oliveira et al., 2017) (الشكل رقم 2-12)، وذلك بدءاً من التقاء الحاصرة الملصقة مع الميناء باتجاه لثوي مع استمرار المسح بشكل دائري باتجاه عقارب الساعة وبقع متراكبة بحيث يتم تشعيع كامل سطح الميناء المحيط بالحاصرات (الشكل رقم 2-13). في حين تم تطبيق ليزر الديود المرئي الموجه لوحده بدون ليزر CO2 في الجهات الشاهدة بهدف تعمية المرضى عن توزع الجهات التجريبية والجهات الشاهدة.



شكل رقم 2 12: طريقة المسح الليزري الموصوفة من قبل (Esteves-Oliveira et al., 2017) لتشعيع سطح الميناء ببقع متجاورة متراكبة.



شكل رقم 2 13: توجيه قبضة الليزر عمودياً على السطح الدهليزي والتشعيع بطريقة المسح الليزري باتجاه عقارب الساعة مع تغطية كامل سطح الميناء المحيط بالحاصرات.

- بعد إتمام تطبيق الليزر تمت إعادة كل من الفحص السريري، والتقاط الصور الضوئية داخل الفموية، والفحص بجهاز DIAGNOdent Pen بنفس الطريقة الموصوفة سابقاً (زمن التقييم T1).
- ثم تم تطبيق الأسلاك التقويمية البدئية ومتابعة المعالجة التقويمية وفق تسلسل المعالجة التقليدي المتبع.
- أخيراً تم إعطاء تعليمات الصحة الفموية للمرضى وتعليمهم طريقة التفريش الصحيحة باستخدام الفراشي بين السنية الخاصة بالتقويم، وطُلب من جميع المرضى تفريش أسنانهم مرتين يومياً لمدة 3-5 دقائق باستخدام معاجين أسنان حاوية على الفلورايد بتركيز 1100 ppm.

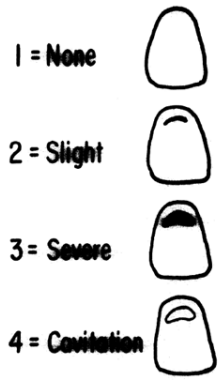
2-5-1 المتغيرات المدروسة لتقييم تشكل البقع البيضاء وطريقة قياسها:

1- الفحص السريري البصري لتقييم تشكل أو عدم تشكل البقع البيضاء لدى المجموعتين التجريبية والشاهدة: وذلك بعد تنظيف السطوح السنية لإزالة اللويحة المتبقية بالاستعانة بمسبر كليل كما وصف سابقاً مع العزل والتجفيف النسبي بالهواء المضغوط تحت ضوء الوحدة السنية.

2- الفحص بالتصوير الضوئي: وذلك بالتقاط صور رقمية بشكل دوري لكل سن في كل زمن تقييم عبر الكاميرا الرقمية Nikon D80 وفق شروط موحدة وقابلة لإعادة التكرار كما وصف سابقاً مع توجيه عدسة الكاميرا بشكل عمودي على السطح الدهليزي وتحت إضاءة طبيعية مناسبة، كما تمت الاستفادة من الحاصرات الملصقة في توجيه الكاميرا بشكل موحد في كل زمن تقييم، حيث تم توجيه محددات التصوير بحيث تقع البؤرة المركزية ضمن مركز شق الحاصرة في حين توازي المحددات الجانبية أجنحة الحاصرة، وتم التقاط عدة صور للسن الواحد بحيث تم اختيار أفضلها وحفظها إلى الحاسوب بصيغة JPEG بأبعاد وخصائص موحدة في الملف الخاص بكل مريض، بعد ذلك تم الطلب من ممارس سني خارجي غير مشارك بالبحث إعطاء رمز لكل صورة وإعطاء رموز خاصة بملفات المرضى وذلك لتعميتها عن الباحث خلال أزمنة التقييم.

<u>تم تقييم الصور الرقمية بعد إتمام التقاط الصور في جميع أزمنة التقييم من قبل الباحث وفق الآتي:</u>

- ✓ دراسة تشكل أو عدم تشكل البقع البيضاء لدى المجموعتين التجريبية والشاهدة .
- ✓ دراسة درجة البقع البيضاء المتشكلة حسب مشعر Geiger لدى المجموعتين التجريبية والشاهدة وفق الآتي (Geiger et al., 1988; Geiger et al., 1992) (الشكل رقم 2-14):



- **درجة 1:** عدم وجود بقع بيضاء.
- **درجة 2:** وجود بقع بيضاء خفيفة تمتد أقل من 3/1 سطح الميناء الدهليزي.
- **درجة 3:** وجود بقع بيضاء شديدة تمتد أكثر من 3/1 سطح الميناء الدهليزي.
- **درجة 4:** وجود تجاويف نخرية.

شكل رقم 2 14: يبين مشعر Geiger لتقييم درجة البقع البيضاء المتشكلة في الصور الضونية.

- ✓ دراسة نسبة مساحة البقع البيضاء المتشكلة إلى مساحة السطح الدهليزي للسن المدروس باستخدام برنامج AutoCAD 2014: وذلك عبرتحديد البقع المتشكلة باستخدام أيقونة الترسيم polyline حيث يحدد البرنامج المساحة المحصورة بين نقط الترسيم وهي تمثل مساحة البقع البيضاء المتشكلة (بالملم2)

ثم تحديد مساحة كامل السطح الدهليزي للسن باستخدام أيقونة الترسيم (بالملم2) (الشكل رقم 2-15)، تم التعبيرعن مقدار مساحة البقع البيضاء بنسبة مئوية وتسجيلها في استمارة الفحص الخاصة بالمريض بعد أن تم حسابها وفقاً للمعادلة التالية:

نسبة مساحة البقع البيضاء المتشكلة إلى مساحة السطح الدهليزي للسن المدروس=

مساحة البقع البيضاء ÷ المساحة الكلية للسطح الدهليزي للسن المدروس × 100.

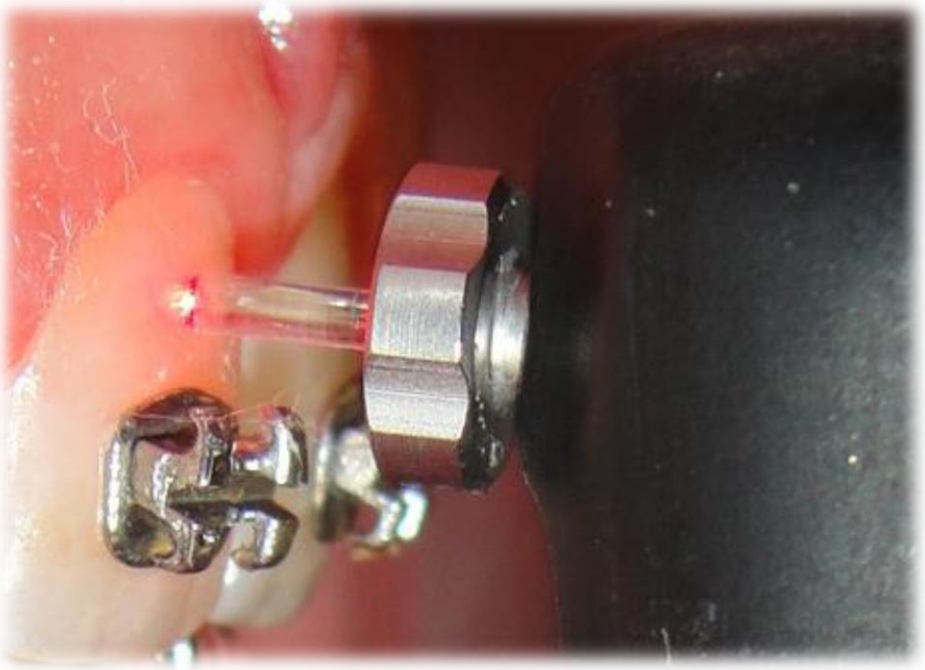
تم حساب مساحة البقع البيضاء على برنامج AutoCAD مرتين بفاصل زمني شهر بين الحسابين وذلك لإجراء اختبار دقة القياس المجرى على الصور الفوتوغرافية.



شكل رقم 2 15: a) البقع البيضاء المتشكلة على السطح الدهليزي ل 43، b) مساحة البقعة البيضاء المحددة باستخدام برنامج AutoCAD 2014, c) مساحة السطح الدهليزي للسن المدروس.

3- الفحص بجهاز DIAGNOdent Pen لتحديد درجة خسف الأملاح المعدنية: تم تطبيق رأس الجهاز وفق الطريقة المذكورة سابقاً على سطح الميناء على بعد 1 ملم من الحاصرة الملصقة لكل سن وذلك

في أربعة مواقع: لثوي، قاطعي، أنسي، وحشي. وتم تسجيل القيمة الذروية Peak Value الأعلى لكل سن على استمارة الفحص الخاصة للمريض (الشكل رقم 2-16).



شكل رقم 2 16: الفحص بواسطة جهاز DIAGNOdent Pen.

يعطي جهاز DIAGNOdent Pen قراءات رقمية تتراوح بين 0-99 بحيث تشير هذه القراءات وفقاً لدراسة Penili وزملائه (Pinelli et al., 2002) إلى مايلي (الجدول رقم 2-2):

جدول رقم 2 2: يبين دلالة القراءات الرقمية لجهاز DIAGNOdent:

االقراءة على جهاز DIAGNOdent	درجة خسف الأملاح المعدنية
4 – 0	سن سليم
9 – 5	خسف أملاح الميناء الخارجي
17 - 10	خسف أملاح الميناء الداخلي
99 -18	خسف أملاح العاج

2-5-2 أزمنة تقييم المتغيرات المدروسة:

- ✓ زمن التقييم الأولي (قبل إلصاق الحاصرات) (T0).
- ✓ بعد إلصاق الحاصرات وتطبيق ليزر CO2 (T1).
- ✓ بعد شهر من تطبيق الليزر (T2).

- ✓ بعد شهرين من تطبيق الليزر (T3).
- ✓ بعد ستة أشهر من تطبيق الليزر (T4).

2-5-3 التعمية BLINDING:

- ✓ **تعمية المريض: محققة:**

حيث تم تطبيق ضوء وهمي في الجهات الشاهدة خوفاً من تحيز المريض بالاهتمام بناحية خلال تفريش أسنانه وإهمال أخرى.

- ✓ **تعمية الباحث: محققة جزئياً:**

تعمية الباحث خلال تطبيق التداخل العلاجي: غير قابلة للتطبيق.

تعمية الباحث خلال تقييم المتغيرات المدروسة:

- الفحص السريري والفحص بالدياغنودينت: غير قابلة للتطبيق.
- تقييم الصور الفوتوغرافية: محققة: تم الطلب من طالب غير مشارك بالبحث إعطاء رموز لكل صورة ملتقطة ليتم تقييمها لاحقاً من قبل الباحث دون معرفة معلومات الصورة والمجموعة التي تعود إليها.

2-5-4 الدراسة الإحصائية STATISTICAL ANALYSIS

2-5-4-1 *الإحصاء الوصفي:*

تم حساب كل من النسب المئوية لتشكل البقع البيضاء سريرياً وعلى الصور الفوتوغرافية، تكرارات درجة تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية، المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لنسبة مساحة البقع البيضاء إلى السطح السني المدروس على الصور الفوتوغرافية، وتكرارات درجة انخساف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent Pen.

2-5-4-2 *فرضيات البحث:*

فرضية العدم: عدم وجود فروق دالة إحصائياً في كل تشكل البقع البيضاء سريرياً، وتشكل البقع البيضاء ودرجتها ومساحتها على الصور الفوتوغرافية، ودرجة خسف الأملاح المعدنية على DIAGNOdent بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.

الفرضية البديلة: توجد فروق دالة إحصائياً في كل تشكل البقع البيضاء سريرياً، وتشكل البقع البيضاء ودرجتها ومساحتها على الصور الفوتوغرافية، ودرجة خسف الأملاح المعدنية على DIAGNOdent بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.

3-4-5-2 الاختبارات الإحصائية:

أجريت الدراسة الإحصائية للبحث باستخدام برنامج SPSS الإصدار 23.0.0 حيث تم إجراء الاختبارات التالية:

المتغير الأول: تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري:

- تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكّل البقع البيضاء سريرياً بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في عينة البحث وذلك بعد التحقق من شرط كبر حجم العينة (في حال عدم تحققه تم تطبيق اختبار فيشر الدقيق).
- تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياً في كل من الجهتين اليمنى واليسرى بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في عينة البحث.
- تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياً في كل من الفكين العلوي والسفلي بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في عينة البحث.
- تم إجراء اختبار Cochran's Q للعينات المترابطة واختبار دان بتصحيح بونفيروني للمقارنات الثنائية لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياُ بين أزمنة المراقبة في كلا المجموعتين.

المتغير الثاني: تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية:

- تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكّل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في عينة البحث وذلك بعد التحقق من شرط كبر حجم العينة (في حال عدم تحققه تم تطبيق اختبار فيشر الدقيق).
- تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في كل من الجهتين اليمنى واليسرى بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في عينة البحث.
- تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في كل من الفكين العلوي والسفلي بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في عينة البحث.
- تم إجراء اختبار Cochran's Q للعينات المترابطة واختبار دان بتصحيح بونفيروني للمقارنات الثنائية لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين أزمنة المراقبة في كلا المجموعتين.

المتغير الثالث: درجة تشكل البقع البيضاء حسب مشعر Geiger على الصور الفوتوغرافية:

- تم إجراء اختبار Mann-Whiteny U لدراسة دلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب مشعر Geiger على الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.
- تم إجراء ختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في كل من الجهتين اليمنى واليسرى خلال أزمنة المراقبة.
- تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر في كل من الفكين العلوي والسفلي خلال أزمنة المراقبة.
- تم إجراء اختبار ختبار Friedman للعينات المترابطة وإجراء المقارنات الثنائية بتصحيح بونفيروني لدراسة دلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين فترات المراقبة في كلا المجموعتين.

المتغير الرابع: نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح الدهليزي للسن المدروس على الصور الفوتوغرافية:

- تم التأكد من دقة القياس لنسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية عبر تطبيق اختبار T ستيودنت للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق في متوسط نسبة مساحة البقع البيضاء بين القراءتين الأولى والثانية، وحساب معامل الارتباط البيني ICC بين القراءتين الأولى والثانية.
- تم إجراء اختبار Kolmogorov-Smirnov لتحري طبيعة توزع قيم نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية.
- تم إجراء اختبار Mann-Whiteny U لدراسة دلالة الفروق في متوسط نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح السني المدروس بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في عينة البحث.
- تم إجراء اختبار Mann-Whiteny U لدراسة دلالة الفروق في متوسط نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح السني المدروس في كل من الجهتين اليمنى واليسرى بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في عينة البحث.
- تم إجراء اختبار Mann-Whiteny U لدراسة دلالة الفروق في متوسط نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح السني المدروس في كل من الفكين العلوي والسفلي بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في عينة البحث.

- تم إجراء اختبار Friedman للعينات المترابطة وإجراء المقارنات الثنائية بتصحيح بونفيروني لدراسة دلالة الفروق في متوسط نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح السني المدروس بين أزمنة المراقبة في كلا المجموعتين

المتغير الخامس: درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent:

- تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في درجات خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في عينة البحث.
- تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في كل من الجهتين اليمنى واليسرى بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.
- تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في كل من الفكين العلوي والسفلي بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.
- تم إجراء اختبار Friedman للعينات المترابطة وإجراء المقارنات الثنائية بتصحيح بونفيروني لدراسة دلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية بين أزمنة المراقبة في كلا المجموعتين.

الباب الثالث

النتائج

Results

3 – النتائج Results:

تألفت عينة البحث من 520 سناً لدى 26 مريض تراوحت أعمارهم بين 14 و 25 سنة، استُبعد من هذه الأسنان عند الزمن T0 10 أسنان بسبب عدم تحقيقها لمعايير التضمين (8 أسنان في المجموعة الشاهدة، و2 سن في مجموعة الليزر)، ليصبح عدد الأسنان المشمولة في عينة البحث 510 أسنان.

تم تطبيق ليزر CO2 حول الحاصرات وفق تقنية شطر الفم وذلك في جهتين متعاكستين علوية وسفلية من كل فك لتبقى الجهتان المقابلتان كعينة شاهدة وذلك بعد إلصاق الحاصرات التقويمية مباشرة (الزمن T1).

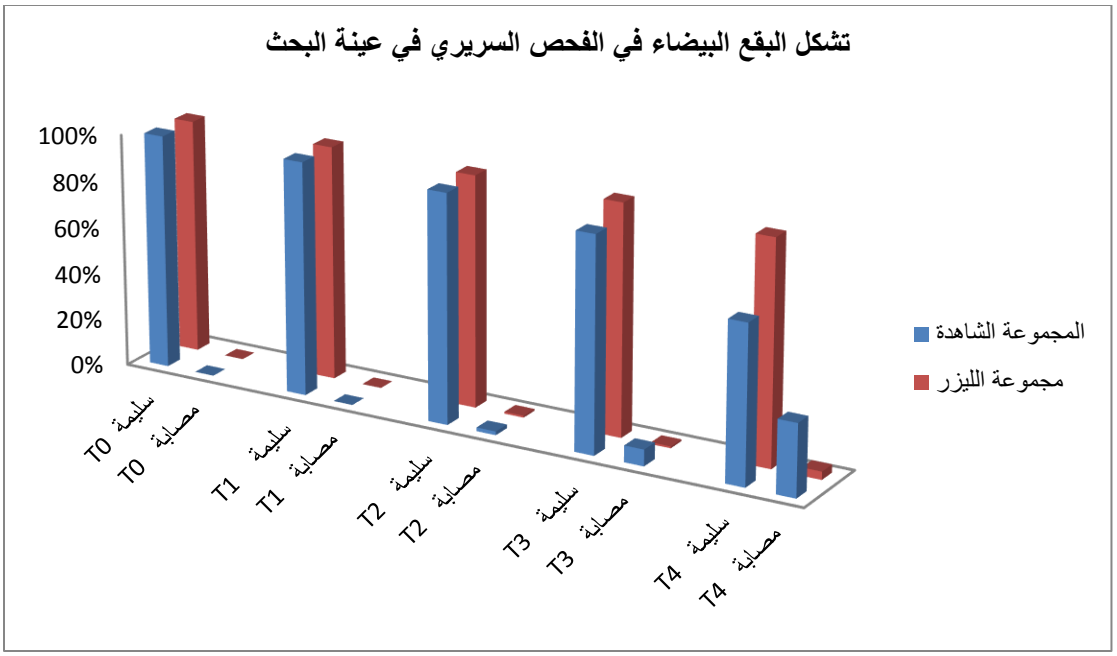
تمت مراقبة تشكل البقع البيضاء سريرياً وفي الصور الفوتوغرافية ودرجة تشكل البقع البيضاء حسب مشعر Geiger ونسبة مساحة البقع البيضاء إلى السطح السني المدروس باستخدام برنامج AutoCAD 2014 ودرجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent لكل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة وذلك في الأزمنة التالية: عند الفحص الأولي قبل إلصاق الحاصرات (T0)، مباشرة بعد إلصاق الحاصرات وتطبيق الليزر (T1)، بعد شهر من تطبيق الليزر (T2)، بعد شهرين من تطبيق الليزر (T3)، بعد ستة أشهر من تطبيق الليزر (T4).

3-1 مقارنة تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر:

3-1-1 نتائج تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:

جدول رقم 3- 1: يبين الإحصاء الوصفي لتشكل البقع البيضاء في الفحص السريري في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

الزمن	حالة السن	المجموعة الشاهدة		مجموعة الليزر	
		العدد	النسبة المئوية	العدد	النسبة المئوية
T0	سليم	252	%100	258	%100
	مصاب	0	%0	0	%0
T1	سليم	252	%100	258	%100
	مصاب	0	%0	0	%0
T2	سليم	248	%98.41	256	%99.22
	مصاب	4	%1.59	2	%0.78
T3	سليم	234	%92.86	256	%99.22
	مصاب	18	%7.14	2	%0.78
T4	سليم	172	%68.53	248	%96.50
	مصاب	79	%31.47	9	%3.50



مخطط رقم 3- 1: يمثل نتائج تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري في عينة البحث خلال أزمنة المراقبة.

كانت نسبة الأسنان المصابة التي تشكلت فيها بقع بيضاء في الزمن T0 (قبل الإلصاق) و الزمن T1 (بعد تطبيق الليزر مباشرةً) مساوية للصفر وذلك بعد أن تم استبعاد الأسنان المصابة قبل الإلصاق وفقاً لشروط التضمين ضمن العينة.

بعد شهر من تطبيق الليزر (الزمن T2) أصبحت نسبة الأسنان المصابة في مجموعة الليزر 0.78% (2 سن) مقابل 1.59% (4 أسنان) في المجموعة الشاهدة.

بعد شهرين من تطبيق الليزر (الزمن T3) بقيت نسبة الأسنان المصابة في مجموعة الليزر0.78% (2 سن) بينما ارتفعت نسبتها في المجموعة الشاهدة لتصبح 7.14% (18 سن).

بعد ستة أشهر من تطبيق الليزر (الزمن T4) ارتفعت نسبة الأسنان المصابة قليلاً في مجموعة الليزر لتصبح 3.50% (9 أسنان) أما في المجموعة الشاهدة فقد ارتفعت نسبتها بشكل كبير لتصبح 31.47% (79 سن)،

2-1-3 دراسة تأثير المجموعة المدروسة على تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري في عينة البحث:

تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريريًا بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة عند الزمنين T3 و T4 بعد التأكد من تحقق شرط كبر حجم العينة (حيث كانت كل القيم المتوقعة كانت أكبر من 5). أما عند الزمن T2 فتم استخدم اختبار فيشر الدقيق لدراسة الفروق (حيث كانت قيمتان متوقعتان أصغر من 5) (الجدول رقم 3-2).

جدول رقم 3- 2: يبين نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياً بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة خلال أزمنة المراقبة.

الزمن	قيمة كاي مربع	درجة الحرية	مستوى الدلالة	دلالة الفروق
T2	-	-	0.445	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
T3	13.719	1	***P* <0.0001**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
T4	69.373	1	***P* <0.0001**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**

يلاحظ من الجدول السابق عدم وجود فروق جوهرية إحصائيًا في تشكل البقع البيضاء سريريًا بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة عند الزمن T2 ($P = 0.445$). في حين كانت الفروق ذات دلالة جوهرية إحصائيًا عند الزمنين T3 وT4 ($P < 0.0001$).

كما تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريريًا في كل من الجهتين اليمنى واليسرى بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة عند الزمن T3 في الجهة اليمنى والزمن T4 في الجهتين وذلك بعد التأكد من تحقق شرط كبر حجم العينة (حيث كانت كل القيم المتوقعة كانت أكبر من 5). أما عند الزمن T2 في الجهتين والزمن T3 في الجهة اليسرى تم استخدم اختبار فيشر الدقيق لدراسة الفروق (حيث كانت قيمتان متوقعتان أصغر من 5 في كل مجموعة من المجموعات السابقة) (الجدول رقم 3-3).

جدول رقم 3- 3: يبين نتائج اختبار كاي مربع لدلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياً بين المجموعتين لكل من الجهتين اليمنى واليسرى خلال أزمنة المراقبة.

الزمن	الجهة	قيمة كاي مربع	درجة الحرية	مستوى الدلالة	دلالة الفروق
T2	**يمين**	-	-	0.615	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
	يسار	-	-	0.121	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
T3	**يمين**	-	-	**0.017**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	يسار	7.766	1	**0.005**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
T4	**يمين**	26.620	1	***P* < 0.0001**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	يسار	43.226	1	***P* < 0.0001**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**

يلاحظ من الجدول السابق عدم وجود فرق دال إحصائيًا في تشكل البقع البيضاء سريريًا بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة عند الزمن T2 في كل من الجهتين اليمنى واليسرى ($P = 0.615$) و ($P = 0.121$) على الترتيب. في حين كانت الفروق ذات دلالة إحصائيًا عند الزمن T3 في كل من الجهتين اليمنى واليسرى ($P = 0.017$) و($P = 0.005$) على الترتيب وعند الزمن T4 في كل من الجهتين اليمنى واليسرى ($P < 0.0001$).

كما تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريريًا في كل من الفكين العلوي والسفلي بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة وذلك عند الزمن T3 في الفك العلوي والزمن T4 في الفكين بعد التأكد من تحقق شرط كبر حجم العينة (حيث كانت كل القيم المتوقعة كانت أكبر من 5). أما عند الزمن T2 في الفكين والزمن T3 في الفك السفلي تم استخدم اختبار فيشر الدقيق لدراسة الفروق (حيث كانت قيمتان متوقعتان أصغر من 5 في كل مجموعة من المجموعات السابقة) (الجدول رقم 3-4).

جدول رقم 3- 4: يبين نتائج اختبار كاي مربع لدلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياً بين المجموعتين لكل من الفكين العلوي والسفلي خلال أزمنة المراقبة.

الزمن	الفك	قيمة كاي مربع	درجة الحرية	مستوى الدلالة	دلالة الفروق
T2	**علوي**	-	-	0.618	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
	سفلي	-	-	0.621	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
T3	**علوي**	9.083	1	**0.003**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	سفلي	-	-	**0.035**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
T4	**علوي**	34.515	1	***P* <0.0001**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	سفلي	34.902	1	***P* <0.0001**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**

يلاحظ من الجدول السابق عدم وجود فرق ذي دلالة إحصائية في تشكل البقع البيضاء سريريًا بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة عند الزمن T2 في كل من الفكين العلوي والسفلي ($P = 0.618$) ($P = 0.612$) على الترتيب. في حين كانت الفروق ذات دلالة جوهرية إحصائيًا عند الزمن T3 في كل من الفكين العلوي والسفلي ($P = 0.003$) و($P = 0.035$) على الترتيب وعند الزمن T4 في كل من الفكين العلوي والسفلي ($P < 0.0001$).

أُجري اختبار Cochran's Q للعينات المترابطة لدراسة الفروق في تشكل البقع البيضاء الملاحظة سريريًا بين فترات المراقبة لكل من المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر. (الجدول رقم 3-5).

جدول رقم 3- 5: نتائج اختبار Cochran's Q للعينات المترابطة لدراسة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياً بين أزمنة المراقبة في كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.

المجموعة المدروسة	قيمة كاي مربع	درجة الحرية	مستوى الدلالة	دلالة الفروق
المجموعة الشاهدة	127.227	2	***P* <0.0001**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
مجموعة الليزر	10.000	2	**0.012**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**

يوضح الجدول السابق وجود فروق ذات دلالة إحصائية في تشكل البقع البيضاء سريريًا بين فترات المراقبة في كل من المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر (P <0.0001) و(P = 0.012) على الترتيب. لذلك تم إجراء اختبار دان بتصحيح بونفيروني للمقارنات الثنائية (الجدول رقم 3-6).

جدول رقم 3- 6:) نتائج اختبار دان بتصحيح بونفيروني للمقارنات الثنائية لدراسة الفروق في تشكل البقع البيضاء سريرياً بين أزمنة المراقبة في كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.

المجموعة	المقارنة بين النقاط الزمنية	مستوى الدلالة	قيمة Z	دلالة الفروق
المجموعة الشاهدة	**T2 & T3**	0.143	-1.980	لا توجد فروق دالة
	T2 &T4	***P* <0.0001**	-10.607	**توجد فروق دالة**
	T3 & T4	***P* <0.0001**	-8.627	**توجد فروق دالة**
مجموعة الليزر	**T2 & T3**	1.000	.000	لا توجد فروق دالة
	T2 &T4	**0.019**	-2.739	**توجد فروق دالة**
	T3 & T4	**0.019**	-2.739	**توجد فروق دالة**

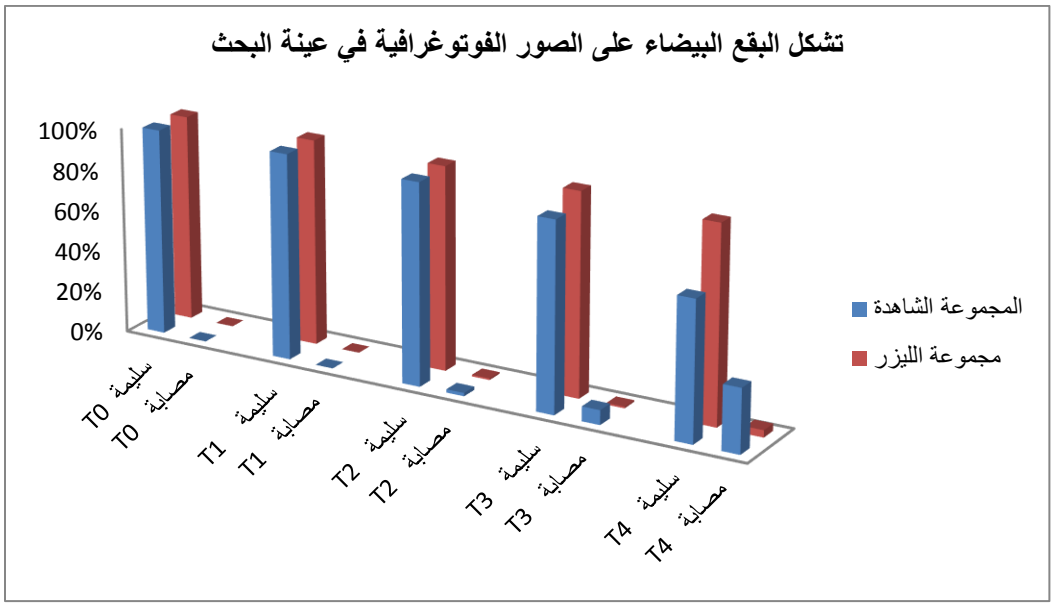
يوضح الجدول السابق أن تزايد تشكل البقع البيضاء سريريًا في المجموعة الشاهدة بين الزمنين T2 وT3 لم يكن جوهري إحصائيًا (P = 0.143)، في حين كان الازدياد من الزمنين T2 وT3 إلى T4 جوهري إحصائيًا (P < 0.0001). وكذلك الأمر بالنسبة لمجموعة الليزر إذ لم يكن هناك فرق في تشكل البقع البيضاء سريريًا بين الزمنين T2 وT3 (P = 1.000)، في حين كان الازدياد من الزمنين T2 وT3 إلى T4 جوهري إحصائيًا (P = 0.019).

2-3 مقارنة تشكل البقع البيضاء بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر على الصور الفوتوغرافية:

1-2-3 نتائج تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:

جدول رقم 3- 7: يبين الإحصاء الوصفي لتشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة

الزمن	حالة السن	المجموعة الشاهدة		مجموعة الليزر	
		العدد	النسبة المئوية	العدد	النسبة المئوية
T0	سليم	252	%100	258	%100
	مصاب	0	%0	0	%0
T1	سليم	252	%100	258	%100
	مصاب	0	%0	0	%0
T2	سليم	248	%98.41	256	%99.22
	مصاب	4	%1.59	2	%0.78
T3	سليم	234	%92.86	256	%99.22
	مصاب	18	%7.14	2	%0.78
T4	سليم	172	%68.53	248	%96.50
	مصاب	79	%31.47	9	%3.50

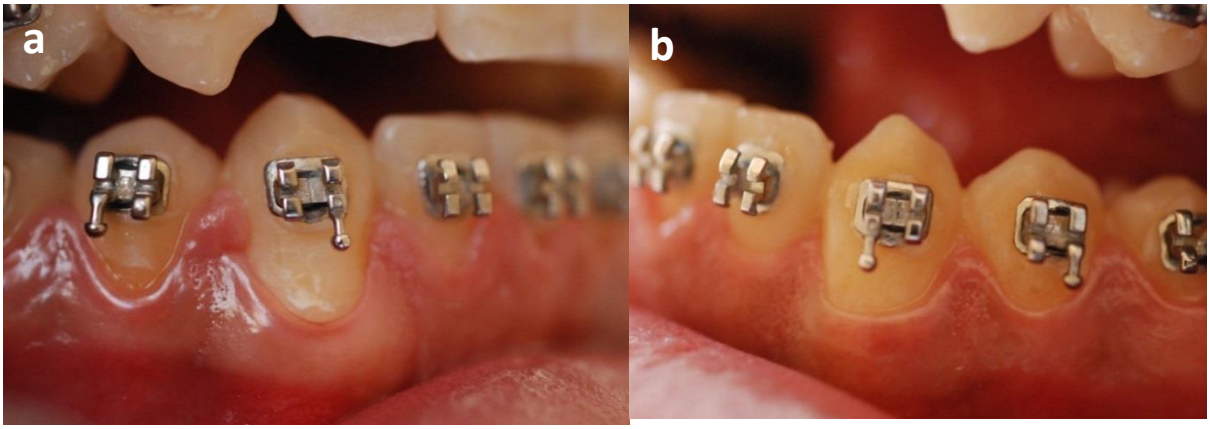


مخطط رقم 3- 2: يمثل نتائج تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث خلال أزمنة المراقبة.

أظهرت نتائج مراقبة تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث أن نسبة الأسنان التي تشكلت فيها بقع بيضاء بعد شهر من تطبيق الليزر (الزمن T2) بلغت 0.78% في مجموعة الليزر مقابل 1.59% في المجموعة الشاهدة.

بعد شهرين من المراقبة على الصور الفوتوغرافية (T3) بقيت نسبة الأسنان المصابة في مجموعة الليزر 0.78% بينما بلغت نسبتها في المجموعة الشاهدة 7.14% (الشكل رقم 3-1).

بعد ستة أشهر من المراقبة (T4) أصبحت نسبة الأسنان المصابة 3.50% في مجموعة الليزر مقابل 31.47% في المجموعة الشاهدة.



شكل رقم 3- 1:صورة لمريض من عينة البحث عند زمن التقييم T3. a) آفات البقع البيضاء المتشكلة على الناب السفلي الأيمن والضاحك الأول السفلي الأيمن في المجموعة الشاهدة. B) الأسنان السليمة في الجفك السفلي الأيسر لدى نفس المريض في مجموعة الليزر.

3-2-2 دراسة تأثير المجموعة المدروسة على تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية في عينة البحث:

جدول رقم 3- 8: يبين نتائج اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة خلال أزمنة المراقبة

الزمن	قيمة كاي مربع	درجة الحرية	مستوى الدلالة	دلالة الفروق
T2	-	-	0.445	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
T3	13.719	1	***P* <0.0001**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
T4	69.373	1	***P* <0.0001**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**

تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة عند الزمنين T3 و T4 بعد التأكد من تحقق شرط كبر حجم العينة (حيث كانت كل القيم المتوقعة كانت أكبر من 5). أما عند الزمن T2 فتم استخدم اختبار فيشر الدقيق لدراسة الفروق (حيث كانت قيمتان متوقعتان أصغر من 5) (الجدول رقم 3-8).

يلاحظ من الجدول السابق عدم وجود فروق جوهرية إحصائيًا في تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة عند الزمن T2 ($P = 0.445$). في حين كانت الفروق ذات دلالة جوهرية إحصائيًا عند الزمنين T3 وT4 ($P < 0.0001$).

كما تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية في كل من الجهتين اليمنى واليسرى بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة عند الزمن T3 في الجهة اليمنى والزمن T4 في الجهتين وذلك بعد التأكد من تحقق شرط كبر حجم العينة (حيث كانت كل القيم المتوقعة كانت أكبر من 5). أما عند الزمن T2 في الجهتين والزمن T3 في الجهة اليسرى تم استخدم اختبار فيشر الدقيق لدراسة الفروق (حيث كانت قيمتان متوقعتان أصغر من 5 في كل مجموعة من المجموعات السابقة) (الجدول رقم 3-9).

جدول رقم 3- 9:) يبين نتائج اختبار كاي مربع لدلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية بين المجموعتين لكل من الجهتين اليمنى واليسرى خلال أزمنة المراقبة.

الزمن	الجهة	قيمة كاي مربع	درجة الحرية	مستوى الدلالة	دلالة الفروق
T2	**يمين**	-	-	0.615	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
	يسار	-	-	0.121	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
T3	**يمين**	-	-	**0.017**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	يسار	7.766	1	**0.005**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
T4	**يمين**	26.620	1	***P* < 0.0001**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	يسار	43.226	1	***P* < 0.0001**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**

يلاحظ من الجدول السابق عدم وجود فرق ذي دلالة جوهرية إحصائيًا في تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة عند الزمن T2 في كل من الجهتين اليمنى واليسرى ($P = 0.615$) و ($P = 0.121$) على الترتيب. في حين كانت الفروق ذات دلالة جوهرية إحصائيًا عند الزمن T3 في كل من الجهتين اليمنى واليسرى ($P = 0.017$) و($P = 0.005$) على الترتيب وعند الزمن T4 في كل من الجهتين اليمنى واليسرى ($P < 0.0001$).

كما تم إجراء اختبار كاي مربع لدراسة دلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية في كل من الفكين العلوي والسفلي بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة وذلك عند الزمن T3 في الفك العلوي والزمن T4 في الفكين بعد التأكد من تحقق شرط كبر حجم العينة (حيث كانت كل القيم المتوقعة كانت أكبر من 5). أما عند الزمن T2 في الفكين والزمن T3 في الفك السفلي تم استخدم اختبار فيشر الدقيق لدراسة

الفروق (حيث كانت قيمتان متوقعتان أصغر من 5 في كل مجموعة من المجموعات السابقة) (الجدول رقم 3-10).

جدول رقم 3- 10: يبين نتائج اختبار كاي مربع لدلالة الفروق في تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية بين المجموعتين لكل من الفكين العلوي والسفلي خلال أزمنة المراقبة.

الزمن	الفك	قيمة كاي مربع	درجة الحرية	مستوى الدلالة	دلالة الفروق
T2	علوي	-	-	0.618	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
	سفلي	-	-	0.621	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
T3	علوي	9.083	1	0.003	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	سفلي	-	-	0.035	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
T4	علوي	34.515	1	P <0.0001	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	سفلي	34.902	1	P <0.0001	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**

يلاحظ من الجدول السابق عدم وجود فرق ذي دلالة جوهرية إحصائيًا في تشكل البقع البيضاء في الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة عند الزمن T2 في كل من الفكين العلوي والسفلي (P = 0.618) (P = 0.612) على الترتيب. في حين كانت الفروق ذات دلالة جوهرية إحصائيًا عند الزمن T3 في كل من الفكين العلوي والسفلي (P = 0.003) و(P = 0.035) على الترتيب وعند الزمن T4 في كل من الفكين العلوي والسفلي (P < 0.0001).

أُجري اختبار Cochran's Q للعينات المترابطة لدراسة الفروق في تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين فترات المراقبة لكل من المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر. (الجدول رقم 3-11).

جدول رقم 3- 11: نتائج اختبار Cochran's Q للعينات المترابطة لدراسة الفروق في تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين أزمنة المراقبة في كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.

المجموعة المدروسة	قيمة كاي مربع	درجة الحرية	مستوى الدلالة	دلالة الفروق
المجموعة الشاهدة	127.227	2	**P <0.0001**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
مجموعة الليزر	10.000	2	**0.012**	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**

يوضح الجدول السابق وجود فروق ذات دلالة إحصائية في تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين فترات المراقبة في كل من المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر (P < 0.0001) و(P = 0.012) على الترتيب. لذلك تم إجراء اختبار دان بتصحيح بونفيروني للمقارنات الثنائية (الجدول رقم 3-12).

جدول رقم 3- 12: نتائج اختبار دان بتصحيح بونفيروني للمقارنات الثنائية لدراسة الفروق في تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين أزمنة المراقبة في كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.

المجموعة	المقارنة بين النقاط الزمنية	مستوى الدلالة	قيمة Z	دلالة الفروق
المجموعة الشاهدة	**T2 & T3**	0.143	-1.980	لا توجد فروق دالة
	T2 &T4	***P* <0.0001**	-10.607	**توجد فروق دالة**
	T3 & T4	***P* <0.0001**	-8.627	**توجد فروق دالة**
مجموعة الليزر	**T2 & T3**	1.000	.000	لا توجد فروق دالة
	T2 &T4	**0.019**	-2.739	**توجد فروق دالة**
	T3 & T4	**0.019**	-2.739	**توجد فروق دالة**

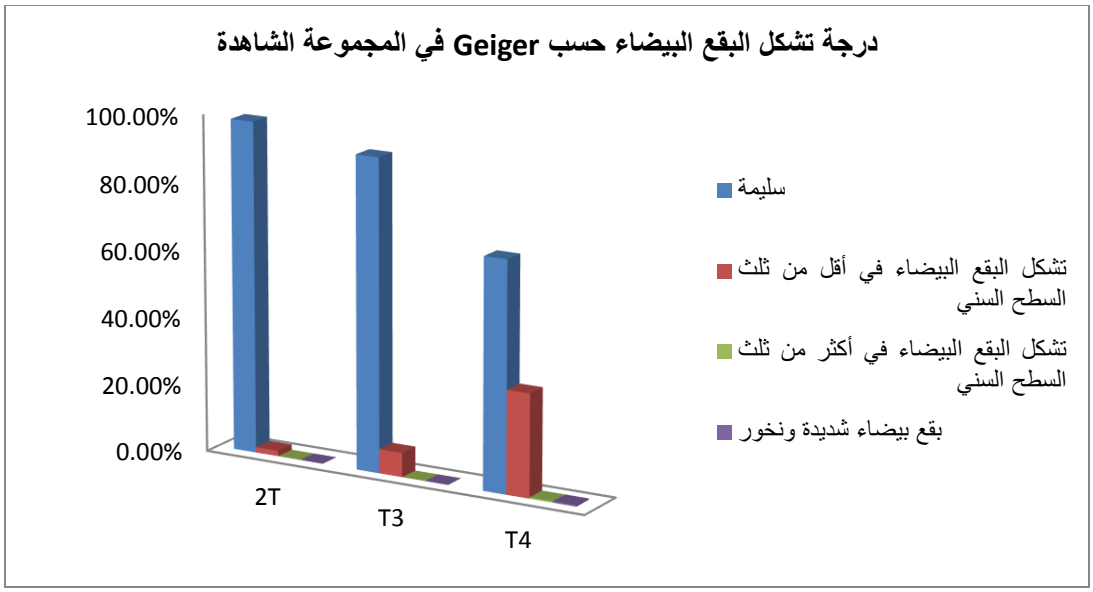
يوضح الجدول السابق أن تزايد تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في المجموعة الشاهدة بين الزمنين T2 وT3 لم يكن جوهري إحصائيًا ($P = 0.143$)، في حين كان الازدياد من الزمنين T2 وT3 إلى T4 جوهري إحصائيًا ($P < 0.0001$). وكذلك الأمر بالنسبة لمجموعة الليزر إذ لم يكن هناك فرق في تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين الزمنين T2 وT3 ($P = 1.000$)، في حين كان الازدياد من الزمنين T2 وT3 إلى T4 جوهري إحصائيًا ($P = 0.019$).

3-3 درجة تشكّل البقع البيضاء حسب GEIGER في كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة:

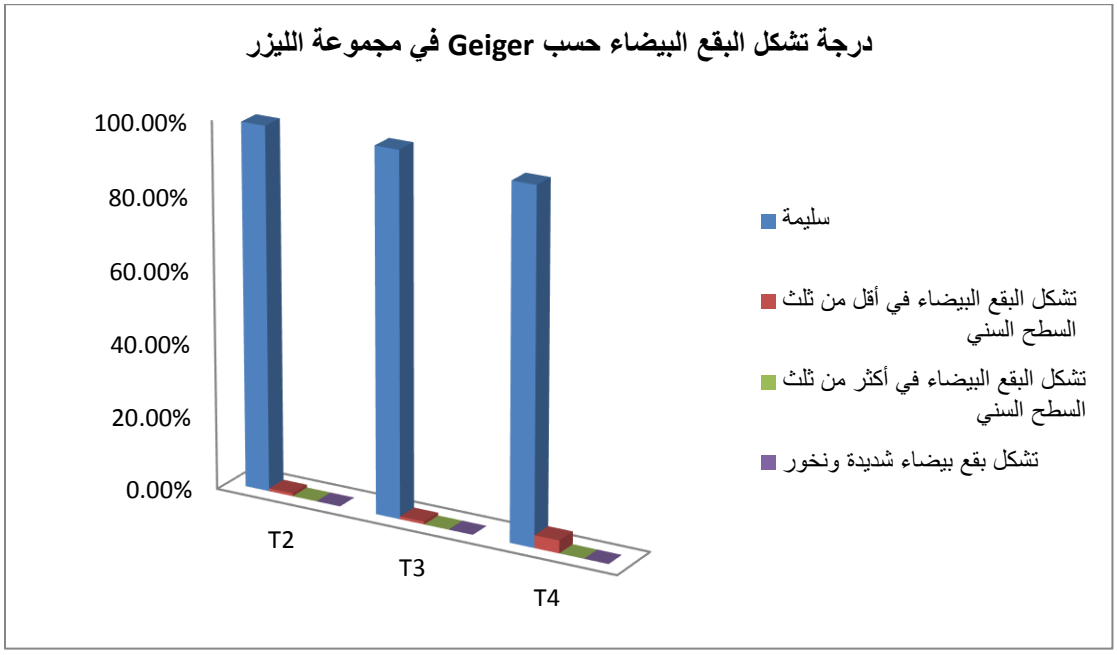
3-3-1 نتائج درجة تشكل البقع البيضاء حسب GEIGER في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:

جدول رقم 3- 13: يبين الإحصاء الوصفي لدرجة تشكل البقع البيضاء حسب Geiger في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة

الزمن	درجة تشكل البقع البيضاء حسب Geiger	المجموعة الشاهدة		مجموعة الليزر	
		العدد	النسبة المئوية	العدد	النسبة المئوية
T0	1	252	%100	258	%100
	2	0	%0	0	%0
	3	0	%0	0	%0
	4	0	%0	0	%0
T1	1	252	%100	258	%100
	2	0	%0	0	%0
	3	0	%0	0	%0
	4	0	%0	0	%0
T2	1	248	%98.41	256	%99.225
	2	4	%1.59	2	%0.775
	3	0	%0	0	%0
	4	0	%0	0	%0
T3	1	234	%92.86	256	%99.225
	2	18	%7.14	2	%0.775
	3	0	%0	0	%0
	4	0	%0	0	%0
T4	1	172	%68.52	248	%96.50
	2	77	%30.68	9	%3.50
	3	1	%0.40	0	%0
	4	1	%0.40	0	%0



مخطط رقم 3- 3: يبين النسبة المئوية لدرجة تشكل البقع البيضاء حسب Geiger في المجموعة الشاهدة خلال أزمنة المراقبة



مخطط رقم 3- 4: يمثل النسبة المئوية لدرجة تشكل البقع البيضاء حسب Geiger في مجموعة الليزر خلال أزمنة المراقبة.

عند الزمن T2 بلغت نسبة الأسنان السليمة التي لم يتشكل فيها بقع بيضاء (الدرجة 1 حسب مشعر Geiger) 99.225% في مجموعة الليزر (256 سن) مقابل 98.41% في المجموعة الشاهدة (248 سن)، بينما بلغت نسبة الأسنان التي تشكلت فيها البقع البيضاء في أقل من ثلث مساحة السطح السني المدروس (الدرجة 2 حسب مشعر Geiger) 0.775% (2 سن) في مجموعة الليزر مقابل 1.59% (4 أسنان) في المجموعة الشاهدة، وكانت نسبة الأسنان التي تشكلت فيها البقع البيضاء في أكثر من ثلث مساحة السطح

السني المدروس (الدرجة 3 حسب Geiger) والأسنان التي تشكلت فيها بقع بيضاء شديدة ونخور (الدرجة 4 حسب Geiger) مساوية للصفر في كل من المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر.

بعد شهرين من تطبيق الليزر (الزمن T3) بقيت نسبة الأسنان السليمة (الدرجة 1) في مجموعة الليزر 99.22% (256 سن) بينما تناقصت في المجموعة الشاهدة إلى 92.86% (234 سن)، وبقيت نسبة الأسنان التي تشكلت فيها البقع البيضاء في أقل من ثلث السطح السني (الدرجة 2) 0.775% (2 سن) في مجموعة الليزر بينما ارتفعت إلى 7.14% (18 سن) في المجموعة الشاهدة، وبقيت نسبة الأسنان التي تشكلت فيها البقع البيضاء بالدرجة 3 و 4 مساوية للصفر في كل من المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر.

بعد ستة أشهر (الزمن T4) تناقصت قليلاً نسبة الأسنان السليمة (الدرجة 1) إلى 96.50% (248 سن) في مجموعة الليزر بينما تناقصت بشكل كبير في المجموعة الشاهدة لتصبح 68.52% (172 سن)، وارتفعت قليلاً نسبة الأسنان المصابة من الدرجة 2 حسب Geiger في مجموعة الليزر لتصبح 3.50% (9 أسنان) بينما ارتفعت نسبتها بشكل واضح في المجموعة الشاهدة لتصبح 30.68% (77 سن)، وبقيت نسبة الأسنان المصابة من الدرجة 3 والدرجة 4 حسب Geiger مساوية للصفر في مجموعة الليزر أما في المجموعة الشاهدة فقد أصبحت نسبة الأسنان المصابة 0.40% (سن واحد) من الدرجة 3 و 0.40% (سن واحد) من الدرجة 4.

2-3-3 دراسة دلالة الفروق بين درجات تشكل البقع البيضاء حسب مشعر GEIGER في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:

تم إجراء اختبار Mann-Whitney U للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة (الجدول رقم 3-14).

جدول رقم 3- 14: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر خلال أزمنة المراقبة.

الزمن	المجموعة المدروسة	متوسط الرتب	قيمة مستوى الدلالة	قيمة U	قيمة Z	دلالة الفروق
T2	المجموعة الشاهدة	256.55	0.396	32244	-0.850	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
	مجموعة الليزر	254.48				
T3	المجموعة الشاهدة	263.71	***P* < 0.0001**	30438	-3.700	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	مجموعة الليزر	247.48				
T4	المجموعة الشاهدة	290.48	***P* < 0.0001**	23222	-8.326	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	مجموعة الليزر	219.36				

يوضح الجدول السابق عدم وجود فرق دال إحصائيًا في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر عند الزمن T2 ($P = 0.396$). في حين كان الفرق دالاً إحصائيًا في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger عند الزمن T3 حيث كانت الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 247.48) أقل بشكل دال إحصائياً منها في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 263.71) ($P < 0.0001$)، وكذلك الأمر عند الزمن T4 حيث كانت الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 219.36) أقل بشكل دال إحصائياً منها في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 290.48) ($P < 0.0001$).

كما تم إجراء اختبار Mann-Whitney U للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في كل من الجهتين اليمنى واليسرى (الجدول رقم 3-15).

جدول رقم 3- 15: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U للعينات المستقلة لدلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في كل من الجهتين اليمنى واليسرى خلال أزمنة المراقبة.

الزمن	الجهة	المجموعة المدروسة	متوسط الرتب	قيمة مستوى الدلالة	قيمة U	قيمة Z	دلالة الفروق
T2	يمين	المجموعة الشاهدة	127.54	0.539	7931	-0.614	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
		مجموعة الليزر	126.48				
	يسار	المجموعة الشاهدة	130	0.562	8256	-0.580	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
		مجموعة الليزر	129				
T3	يمين	المجموعة الشاهدة	130.66	**0.015**	7544	-2.432	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	123.48				
	يسار	المجموعة الشاهدة	134	**0.006**	7740	-2.768	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	125				
T4	يمين	المجموعة الشاهدة	141.57	***P* < 0.0001**	6067.5	-5.154	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	111.90				
	يسار	المجموعة الشاهدة	149.37	***P* < 0.0001**	5541	-6.564	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	107.95				

يوضح الجدول السابق عدم وجود فرق دال إحصائيًا في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر عند الزمن T2 في كل من الجهتين اليمنى واليسرى ($P = 0.539$) و ($P = 0.562$) على الترتيب.

في حين كان الفرق دالاً إحصائيًا في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger عند الزمن T3 في الجهتين حيث كانت الدرجات في الجهة اليمنى في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 123.48) أقل بشكل دال إحصائياً منها في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 130.66) ($P = 0.015$)، وكذلك الأمر في الجهة اليسرى حيث كانت الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 125) أقل بشكل دال إحصائياً منها في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 134) ($P = 0.006$).

كذلك عند الزمن T4 حيث كانت الدرجات في الجهة اليمنى في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 111.90) أقل بشكل دال إحصائياً منها في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 141.57) ($P < 0.0001$) وأيضًا في الجهة اليسرى كانت الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 107.95) أقل بشكل دال إحصائياً منها في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 149.37) ($P < 0.0001$).

كما تم إجراء اختبار Mann-Whitney U للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في كل من الفكين العلوي والسفلي (الجدول رقم 3-16).

جدول رقم 3- 16: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U للعينات المستقلة لدلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر في كل من الفكين العلوي والسفلي خلال أزمنة المراقبة.

الزمن	الفك	المجموعة المدروسة	متوسط الرتب	قيمة مستوى الدلالة	قيمة U	قيمة Z	دلالة الفروق
T2	علوي	المجموعة الشاهدة	128.03	0.544	7996	-0.607	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
		مجموعة الليزر	126.98				
	سفلي	المجموعة الشاهدة	129.02	0.553	8126	-0.593	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
		مجموعة الليزر	127.99				
T3	علوي	المجموعة الشاهدة	132.68	**0.003**	7415.5	-3.008	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	122.48				
	سفلي	المجموعة الشاهدة	131.56	**0.030**	7803.5	-2.174	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	125.49				
T4	علوي	المجموعة الشاهدة	114.69	***P* < 0.0001**	5681	-5.871	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	108.88				
	سفلي	المجموعة الشاهدة	146.31	***P* < 0.0001**	5930	-5.896	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	110.97				

يوضح الجدول السابق عدم وجود فرق جوهري إحصائيًا في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر عند الزمن T2 في كل من الفكين العلوي والسفلي ($P = 0.544$) و($P = 0.553$) على الترتيب.

في حين كان الفرق جوهري إحصائيًا في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger عند الزمن T3 حيث كانت الدرجات في الفك العلوي في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 122.48) أقل بشكل جوهري منها في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 132.68) ($P = 0.003$)، وكذلك الأمر في الفك السفلي حيث كانت الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 125.49) أقل بشكل جوهري منها في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 131.56) ($P = 0.030$).

وعند الزمن T4 كانت الدرجات في الفك العلوي في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 108.88) أقل بشكل جوهري منها في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 114.69) ($P < 0.0001$)، أيضًا في الفك السفلي كانت الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 110.97) أقل منها في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 146.31) ($P < 0.0001$).

كما أُجري اختبار Friedman للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين فترات المراقبة في كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة (الجدول رقم 3-17).

جدول رقم 3- 17: يبين نتائج اختبار Friedman للعينات المترابطة لدلالة الفروق في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger بين أزمنة المراقبة في المجموعتين.

مجموعة الدراسة	قيمة الاختبار	درجة الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
المجموعة الشاهدة	127.227	2	**$P < 0.0001$**	**توجد فروق دالة**
مجموعة الليزر	14.000	2	**0.001**	**توجد فروق دالة**

يوضح الجدول السابق وجود فروق جوهرية إحصائيًا خلال أزمنة المراقبة في كل من المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر. ولمعرفة الفرق تم إجراء المقارنات الثنائية بتصحيح بونفيروني (الجدول رقم 3-18).

جدول رقم 3- 18: يبين نتائج المقارنات الثنائية بتصحيح بونفيروني لدلالة الفروق في درجات البقع البيضاء حسب Geiger بين أزمنة المراقبة في المجموعتين.

المجموعة	المقارنة بين النقاط الزمنية	مستوى الدلالة	قيمة Z	دلالة الفروق
المجموعة الشاهدة	**T2 & T3**	1.000	-.937	لا توجد فروق دالة
	T2 &T4	***P* < 0.0001**	-5.021	**توجد فروق دالة**
	T3 & T4	***P* < 0.0001**	-4.084	**توجد فروق دالة**
مجموعة الليزر	**T2 & T3**	1.000	.000	لا توجد فروق دالة
	T2 &T4	1.000	-.463	لا توجد فروق دالة
	T3 & T4	1.000	-.463	لا توجد فروق دالة

يوضح الجدول السابق للمقارنات الثنائية في المجموعة الشاهدة أن تناقص درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger من الزمن T2 وT3 إلى T4 كان جوهريًا إحصائيًا ($P < 0.0001$) في حين لم يكن التناقص من T2 إلى T3 جوهري إحصائيًا ($P = 1.000$). بينما لم تظهر المقارنات الثنائية في مجموعة الليزر أي فروق جوهرية إحصائيًا في درجات تشكل البقع البيضاء حسب Geiger خلال الأزمنة الثلاث ($P = 1.000$).

4-3 نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح السني المدروس على الصور الفوتوغرافية:

1-4-3 التأكد من دقة قياس نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية:

دراسة دقة قياس قيم نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية عبر حساب معامل الارتباط البيني (Intra Class Correlation Coefficient ICC) بين القراءتين الأولى والثانية:

تم حساب معامل الارتباط البيني بين قيم نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في القراءة الأولى وقيم نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في القراءة الثانية، وكانت النتائج كما يلي:

جدول رقم 3- 19: يبين نتائج حساب معامل الارتباط البيني ICC بين قيم نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في القراءتين الأولى والثانية.

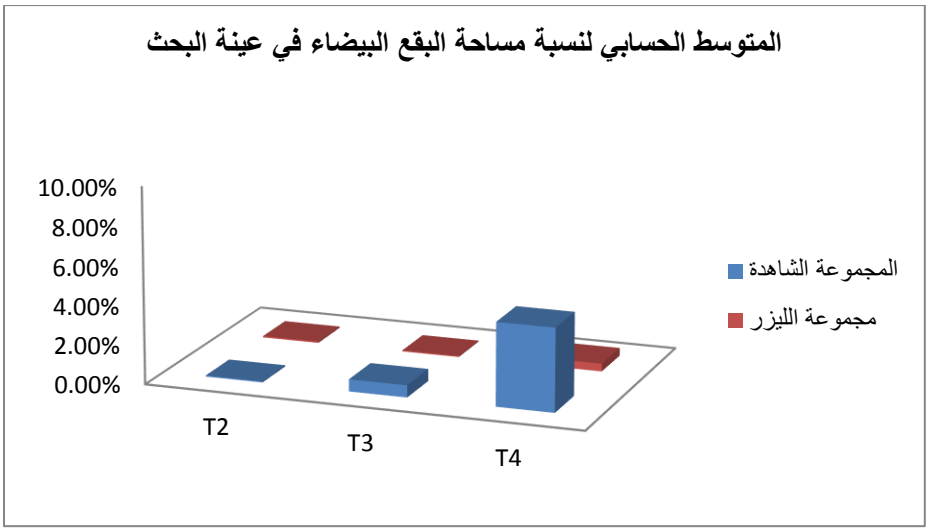
المجموعة المدروسة		الزمن	درجة الانسجام الداخلي	قيمة معامل الارتباط ICC	قيمة مستوى الدلالة	دلالة التوافق	درجة التوافق	قبول القراءات
المجموعة الشاهدة	علوي	T2	قوية	0.999	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T3	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T4	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
	سفلي	T2	قوية	0.986	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T3	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T4	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
	يمين	T2	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T3	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T4	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
	يسار	T2	قوية	0.988	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T3	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T4	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
مجموعة الليزر	علوي	T2	قوية	0.996	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T3	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T4	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
	سفلي	T2	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T3	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T4	قوية	0.99	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
	يمين	T2	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T3	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T4	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
	يسار	T2	قوية	0.996	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T3	قوية	1	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة
		T4	قوية	0.999	$P < 0.0001$	يوجد توافق دال	ممتازة	مقبولة

يُلاحظ في الجدول أعلاه أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، مما يعني وجود توافق دال إحصائياً بين قيم نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في القراءة الأولى وقيم نسبة مساحة البقع البيضاء في القراءة الثانية، تراوحت قيم معامل الارتباط ICC بين 0.996 و 1 أي أن شدة التوافق كانت ممتازة مما يدل على وجود درجة انسجام قوية في قيم نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين القراءتين الأولى والثانية، وبالتالي يمكن الاكتفاء بقراءة واحدة لتحديد قيم نسبة مساحة البقع البيضاء إلى السطح السني المدروس على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث.

3-4-2 نتائج قياس مقدار نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:

جدول رقم 3- 20: يبين المتوسط الحسابي والانحراف المعياري والحد الأدنى والحد الأعلى لمقدار نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

الزمن	المجموعة المدروسة	عدد العينة	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	القيمة الأدنى	القيمة الأعلى
T2	المجموعة الشاهدة	252	0.06	0.45	0	4.53
	مجموعة الليزر	258	0.07	0.93	0	14.61
T3	المجموعة الشاهدة	252	0.62	2.61	0	16.63
	مجموعة الليزر	258	0.05	0.53	0	7.55
T4	المجموعة الشاهدة	251	4.26	7.35	0	32.34
	مجموعة الليزر	257	0.40	2.30	0	24.48



مخطط رقم 3- 5: يمثل المتوسط الحسابي لنسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

بلغ المتوسط الحسابي لنسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية عند الزمن T2 0.07% في مجموعة الليزر مقابل 0.06% في المجموعة الشاهدة، وعند الزمن T3 كان المتوسط الحسابي لنسبة مساحة البقع البيضاء في مجموعة الليزر0.05% بينما ارتفع في المجموعة الشاهدة ليصبح 0.62%، بينما عند الزمن T4 بلغ المتوسط الحسابي لنسبة مساحة البقع البيضاء 0.40% في مجموعة الليزر بينما ارتفع بشكل كبير في المجموعة الشاهدة ليصبح 4.26%.

3-4-3 دراسة دلالة الفروق في نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة:

أولاً، تم التحقق من توزع قيم نسبة مساحة البقع البيضاء وفقاً للمنحنى الطبيعي باستخدام اختبارKolmogorov-Smirnov (الجدول رقم 3-21)

جدول رقم 3- 21: يبين نتائج اختبار Kolmogorov-Smirnov لمعرفة طبيعة توزع قيم نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية.

الزمن	المجموعة المدروسة	العدد	قيمة الاختبار	درجة الحرية	قيمة مستوى الدلالة	الاختبار المطبق
T2	الشاهدة	252	0.533	252	$P < 0.0001$	Mann-whitney
	الليزر	258	0.522	258		
T3	الشاهدة	252	0.523	252		
	الليزر	258	0.532	258		
T4	الشاهدة	251	0.404	251		
	الليزر	257	0.535	257		

تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في نسبة مساحة البقع البيضاء إلى السطح السني المدروس على الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة نظراً للتوزع غير الطبيعي للبيانات بعد إجراء اختبارKolmogorov-Smirnov ، حيث كانت النتائج كما يلي: (الجدول رقم 3-22)

جدول رقم 3- 22: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في نسب مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.

الزمن	المجموعة المدروسة	متوسط الرتب	قيمة مستوى الدلالة	قيمة U	قيمة Z	دلالة الفروق
T2	المجموعة الشاهدة	256.54	0.399	32,246	-.843	لا توجد فروق دالة
	مجموعة الليزر	254.48				
T3	المجموعة الشاهدة	263.73	$P < 0.0001$	30,434	-3.706	توجد فروق دالة
	مجموعة الليزر	247.46				
T4	المجموعة الشاهدة	289.94	$P < 0.0001$	23,359	-8.154	توجد فروق دالة
	مجموعة الليزر	219.89				

يوضح الجدول السابق عدم وجود فرق دال إحصائياً في نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح السني على الصور الفوتوغرافية بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر عند الزمن T2 ($P = 0.399$). في حين كان هناك فرق دال إحصائيًا في نسبة مساحة البقع البيضاء عند الزمن T3 إذ كانت الدرجات في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 263.73) أكبر من الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 247.46) وكانت قيمة ($P < 0.0001$)، وكذلك الأمر عند الزمن T4 إذ كانت الدرجات في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 298.94) أكبر من الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 219.89) وكانت قيمة ($P < 0.0001$).

أيضاً تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في نسبة مساحة البقع البيضاء لكل من الجهتين اليمنى واليسرى بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة خلال أزمنة المراقبة (الجدول رقم 3-23).

جدول رقم 3- 23: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في نسب مساحة البقع البيضاء بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في كل من الجهتين اليمنى واليسرى.

الزمن	الجهة	المجموعة المدروسة	متوسط الرتب	قيمة مستوى الدلالة	قيمة U	قيمة Z	دلالة الفروق
T2	يمين	المجموعة الشاهدة	129.51	0.558	8,191	-.586	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الليزر	128.50				
	يسار	المجموعة الشاهدة	127.53	0.545	7,932	-.605	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الليزر	126.49				
T3	يمين	المجموعة الشاهدة	133.55	**0.005**	7,674	-2.785	**توجد فروق دالة**
		مجموعة الليزر	124.49				
	يسار	المجموعة الشاهدة	130.68	**0.015**	7,542	-2.442	**توجد فروق دالة**
		مجموعة الليزر	123.47				
T4	يمين	المجموعة الشاهدة	148.97	***P* < 0.0001**	5,592	-6.445	**توجد فروق دالة**
		مجموعة الليزر	108.35				
	يسار	المجموعة الشاهدة	141.36	***P* < 0.0001**	6,093	-5.009	**توجد فروق دالة**
		مجموعة الليزر	112.10				

يوضح الجدول السابق عدم وجود فرق دال إحصائيًا في نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السن على الصور الفوتوغرافية بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر في الزمن T2 في كل من الجهتين اليمنى

واليسرى ($P = 0.558$) و($P = 0.545$) على الترتيب. في حين كان هناك فرق دال إحصائيًا في نسبة مساحة البقع البيضاء في الزمن T3 في الجهة اليمنى إذ كانت الدرجات في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 133.55) أكبر من الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 124.49) وكانت قيمة ($P = 0.005$)، وكذلك الأمر في الجهة اليسرى إذ كانت الدرجات في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 130.68) أكبر من الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 132.47) وكانت قيمة (P = 0.015) ، وأيضًا في الزمن T4 في الجهة اليمنى إذ كانت الدرجات في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 148.97) أكبر من الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 108.35) وكانت قيمة ($P < 0.0001$) وأيضًا في الجهة اليسرى إذ كانت الدرجات في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 141.36) أكبر من الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 112.10) وكانت قيمة (P < 0.0001).

كما تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في نسبة مساحة البقع البيضاء في كل من الفك العلوي والسفلي بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة خلال أزمنة المراقبة (الجدول رقم 3-24).

جدول رقم (3-24).

جدول رقم 3- 24: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في نسبة مساحة البقع البيضاء بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة في كل من الفكين العلوي والسفلي.

الزمن	الجهة	المجموعة المدروسة	متوسط الرتب	قيمة مستوى الدلالة	قيمة U	قيمة Z	دلالة الفروق
T2	علوي	المجموعة الشاهدة	128.03	0.544	7,996	-.607	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الليزر	126.98				
	سفلي	المجموعة الشاهدة	129.52	0.153	8,062	-1.428	لا توجد فروق دالة
		مجموعة الليزر	127.50				
T3	علوي	المجموعة الشاهدة	132.71	**0.002**	7,411	-3.028	**توجد فروق دالة**
		مجموعة الليزر	122.45				
	سفلي	المجموعة الشاهدة	132.06	**0.007**	7,740	-2.698	**توجد فروق دالة**
		مجموعة الليزر	125.00				
T4	علوي	المجموعة الشاهدة	145.18	***P* < 0.0001**	5,620	-5.997	**توجد فروق دالة**
		مجموعة الليزر	108.41				
	سفلي	المجموعة الشاهدة	147.80	***P* < 0.0001**	5,740	-6.691	**توجد فروق دالة**
		مجموعة الليزر	109.50				

يوضح الجدول السابق عدم وجود فرق دال إحصائيًا في نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السن على الصور الفوتوغرافية بين المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر في الزمن T2 في كل من الفكين العلوي والسفلي ($P = 0.554$) و($P = 0.153$) على الترتيب. في حين كان هناك فرق دال إحصائيًا في نسبة مساحة البقع البيضاء في الزمن T3 في الفك العلوي إذ كانت الدرجات في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 132.71) أكبر من الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 122.45) وكانت قيمة ($P = 0.002$) ، وكذلك الأمر في الفك السفلي إذ كانت الدرجات في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 132.06) أكبر من الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 125.00) وكانت قيمة ($P = 0.007$)، وأيضًا في الزمن T4 في الفك العلوي إذ كانت الدرجات في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 145.18) أكبر من الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 108.41) وكانت قيمة ($P < 0.0001$) وأيضًا في الفك السفلي إذ كانت الدرجات في المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 147.80) أكبر من الدرجات في مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 109.50) وكانت قيمة ($P < 0.0001$).

كما أُجري اختبار Friedman للعينات المترابطة لدراسة دلالة الفروق في نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السن على الصور الفوتوغرافية في كل من المجموعتين بين فترات المراقبة. (جدول رقم 3-25)

جدول رقم 3- 25: يبين نتائج اختبار Friedman للعينات المترابطة لدلالة الفروق في نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السن على الصور الفوتوغرافية بين المجموعتين خلال أزمنة المراقبة.

المجموعة المدروسة	قيمة الاختبار	درجة الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
المجموعة الشاهدة	143.460	2	***P* < 0.0001**	**توجد فروق دالة**
مجموعة الليزر	15.250	2	***P* < 0.0001**	**توجد فروق دالة**

يوضح الجدول السابق وجود فروق جوهرية إحصائيًا خلال أزمنة المراقبة في كل من المجموعة الشاهدة ومجموعة الليزر. ولمعرفة الفرق تم إجراء المقارنات الثنائية بتصحيح بونفيروني (جدول رقم 3-26).

جدول رقم 3- 26: يبين نتائج المقارنات الثنائية بتصحيح بونفيروني لدلالة الفروق في نسب مساحة البقع البيضاء بين أزمنة المراقبة في المجموعتين.

المجموعة	المقارنة بين النقاط الزمنية	مستوى الدلالة	قيمة Z	دلالة الفروق
المجموعة الشاهدة	**T2 & T3**	1.000	-.759	لا توجد فروق دالة
	T2 &T4	***P* < 0.0001**	-5.534	**توجد فروق دالة**
	T3 & T4	***P* < 0.0001**	-4.776	**توجد فروق دالة**
مجموعة الليزر	**T2 & T3**	1.000	.044	لا توجد فروق دالة
	T2 &T4	1.000	-.573	لا توجد فروق دالة
	T3 & T4	1.000	-.618	لا توجد فروق دالة

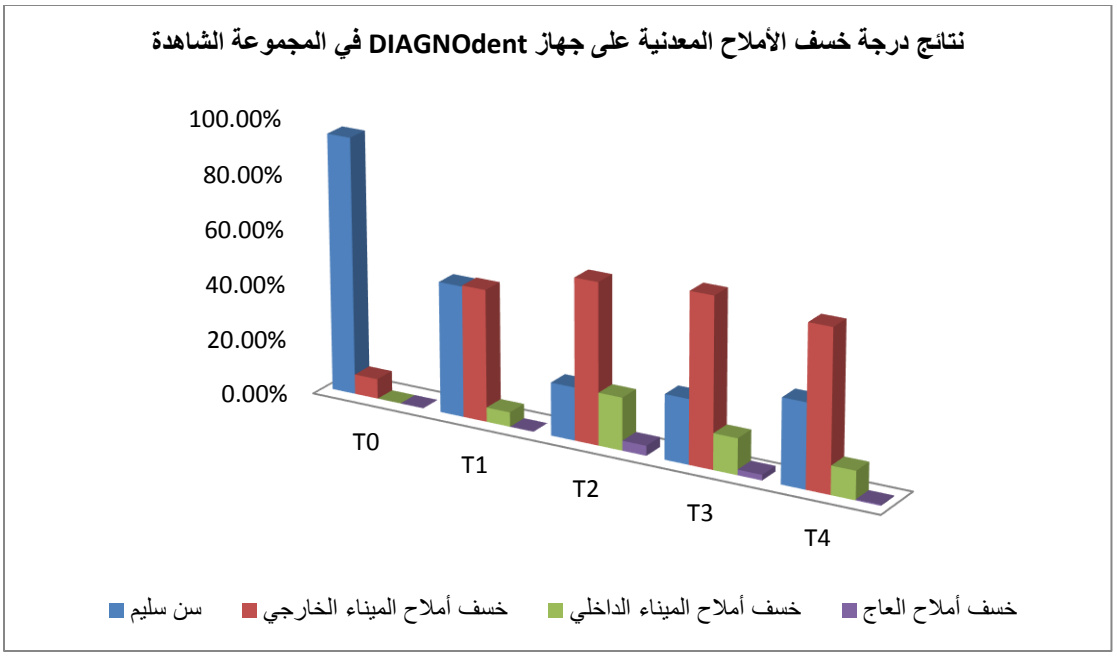
يوضح الجدول السابق للمقارنات الثنائية في المجموعة الشاهدة أن تزايد نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السن على الصور الفوتوغرافية من الزمن T2 وT3 إلى T4 كان دالًا إحصائيًا ($P < 0.0001$) في حين لم يكن التزايد من T2 إلى T3 دالاً إحصائيًا ($P = 1.000$). بينما لم تظهر المقارنات الثنائية في مجموعة الليزر أي فروق دالة إحصائيًا في نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السن خلال الأزمنة الثلاث ($P = 1.000$).

3-5) دراسة درجة انخساف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNODENT:

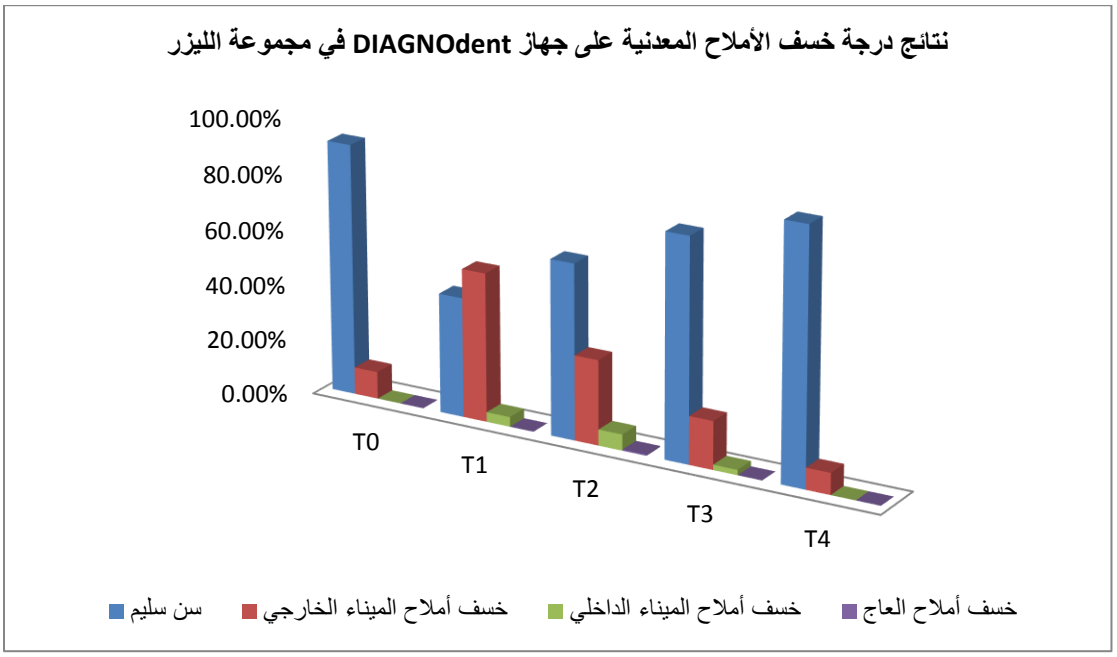
3-5-1) نتائج درجة انخساف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNODENT في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة:

جدول رقم 3- 27: يبين الإحصاء الوصفي لدرجات خسف الملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في عينة البحث وفقاً للمجموعة المدروسة.

الزمن	درجة خسف الأملاح على DIAGNOdent	المجموعة الشاهدة		مجموعة الليزر	
		العدد	النسبة المئوية	العدد	النسبة المئوية
T0	سن سليم	234	92.9%	233	90.3%
	خسف أملاح الميناء الخارجي	18	7.1%	25	9.7%
	خسف أملاح الميناء الداخلي	0	0.0%	0	0.0%
	خسف أملاح العاج	0	0.0%	0	0.0%
T1	سن سليم	119	47.2%	111	43.0%
	خسف أملاح الميناء الخارجي	120	47.6%	138	53.5%
	خسف أملاح الميناء الداخلي	13	5.2%	9	3.5%
	خسف أملاح العاج	0	0.0%	0	0.0%
T2	سن سليم	48	19.1%	163	63.2%
	خسف أملاح الميناء الخارجي	147	58.3%	79	30.6%
	خسف أملاح الميناء الداخلي	48	19.0%	15	5.8%
	خسف أملاح العاج	9	3.6%	1	0.4%
T3	سن سليم	59	23.4%	208	80.6%
	خسف أملاح الميناء الخارجي	155	61.5%	45	17.4%
	خسف أملاح الميناء الداخلي	33	13.1%	5	1.9%
	خسف أملاح العاج	5	2.0%	0	0.0%
T4	سن سليم	77	30.7%	237	92.2%
	خسف أملاح الميناء الخارجي	147	58.6%	20	7.8%
	خسف أملاح الميناء الداخلي	26	10.4%	0	0.0%
	خسف أملاح العاج	1	0.4%	0	0.0%



مخطط رقم 3- 6: يمثل نتائج درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في المجموعة الشاهدة خلال أزمنة المراقبة.



مخطط رقم 3- 7: يمثل نتائج درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في مجموعة الليزر خلال أزمنة المراقبة.

2-5-3) دراسة دلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNODENT بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة:

تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في درجات انخساف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة، وكانت النتائج كما يلي:

جدول رقم 3- 28: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent بين المجموعتين خلال أزمنة المراقبة

الزمن	المجموعة المدروسة	متوسط الرتب	قيمة مستوى الدلالة	قيمة U	قيمة Z	دلالة الفروق
T0	**المجموعة الشاهدة**	252.21	.301	33,336	1.034	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
	مجموعة الليزر	258.71				
T1	**المجموعة الشاهدة**	251.50	.492	33,516	.686	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
	مجموعة الليزر	259.41				
T2	**المجموعة الشاهدة**	316.87	***P* < 0.0001**	17,043	-10.139	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	مجموعة الليزر	195.56				
T3	**المجموعة الشاهدة**	331.20	***P* < 0.0001**	13,431	-12.852	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	مجموعة الليزر	181.56				
T4	**المجموعة الشاهدة**	334.66	***P* < 0.0001**	12,134	-14.253	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
	مجموعة الليزر	176.22				

يلاحظ من الجدول السابق عدم وجود فروق دالة إحصائيًا في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في الأزمنة القاعدية T0 وT1 بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة ($P = 0.301$) و ($P = 0.492$) على الترتيب. في حين كانت قيم درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent لمجموعة الليزر في الزمن T2 (متوسط الرتب = 195.56) أقل بشكل دال إحصائيًا من المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 316.87)، وأيضًا في الزمن T3 كانت قيم مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 181.56) أقل بشكل دال إحصائيًا من المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 331.20)، وكذلك الأمر بالنسبة للزمن T4 إذ كانت قيم مجموعة الليزر (متوسط الرتب = 176.22) أقل بشكل جوهري إحصائيًا من المجموعة الشاهدة (متوسط الرتب = 334.66)، وكانت قيمة ($P < 0.0001$).

كما تم إجراء اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في كل من الجهتين اليمنى واليسرى بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة (الجدول رقم 3-29).

جدول رقم 3- 29: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في الجهتين اليمنى واليسرى بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.

الزمن	الجهة	المجموعة المدروسة	متوسط الرتب	قيمة مستوى الدلالة	قيمة U	قيمة Z	دلالة الفروق
T0	يمين	المجموعة الشاهدة	127.22	.932	7970.5	-.097	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
		مجموعة الليزر	126.79				
	يسار	المجموعة الشاهدة	125.53	.116	8700.5	1.572	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
		مجموعة الليزر	132.45				
T1	يمين	المجموعة الشاهدة	126.61	.925	8046.5	.094	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
		مجموعة الليزر	127.38				
	يسار	المجموعة الشاهدة	125.43	.382	8.713.5	.874	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
		مجموعة الليزر	132.55				
T2	يمين	المجموعة الشاهدة	155.49	***P* < 0.0001**	4465	-6.594	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	99.62				
	يسار	المجموعة الشاهدة	161.89	***P* < 0.0001**	4045.5	-7.745	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	96.36				
T3	يمين	المجموعة الشاهدة	162.64	***P* < 0.0001**	3579	-8.494	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	92.74				
	يسار	المجموعة الشاهدة	169.08	***P* < 0.0001**	3126	-9.680	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	89.23				
T4	يمين	المجموعة الشاهدة	166.24	***P* < 0.0001**	3008.5	-9.818	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	88.00				
	يسار	المجموعة الشاهدة	168.94	***P* < 0.0001**	3056	-10.384	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	88.69				

يوضح الجدول السابق عدم وجود فروق دالة إحصائيًا في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في كل من الجهتين اليمنى واليسرى بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة عند الأزمنة

الأولية T0 وT1. في حين كانت قيم درجة خسف الأملاح المعدنية في مجموعة الليزر أقل بشكل دال إحصائيًا منها في المجموعة الشاهدة عند أزمنة المراقبة T2 و T3 و T4 ($P < 0.0001$).

وأُجري اختبار Mann-Whitney U لدراسة دلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في كل من الفكين العلوي والسفلي بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة (الجدول رقم 3-30).

جدول رقم 3- 30: يبين نتائج اختبار Mann-Whitney U لدلالة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في الفكين العلوي والسفلي بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.

الزمن	الفك	المجموعة المدروسة	متوسط الرتب	قيمة مستوى الدلالة	قيمة U	قيمة Z	دلالة الفروق
T0	العلوي	المجموعة الشاهدة	123.66	.131	8542.5	1.512	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
		مجموعة الليزر	131.22				
	السفلي	المجموعة الشاهدة	129.06	.767	81200	-.297	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
		مجموعة الليزر	127.95				
T1	العلوي	المجموعة الشاهدة	128.72	.770	7910.5	-.292	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
		مجموعة الليزر	126.32				
	السفلي	المجموعة الشاهدة	123.21	.195	8863.5	1.296	لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية
		الليزر	133.71				
T2	العلوي	المجموعة الشاهدة	157.46	**$P < 0.0001$**	4317.5	-6.932	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	98.47				
	السفلي	المجموعة الشاهدة	159.98	**$P < 0.0001$**	4194	-7.418	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	97.51				
T3	العلوي	المجموعة الشاهدة	162.32	**$P < 0.0001$**	3710	-8.258	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	93.76				
	السفلي	المجموعة الشاهدة	169.53	**$P < 0.0001$**	2980.5	-9.961	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	88.10				
T4	العلوي	المجموعة الشاهدة	165.78	**$P < 0.0001$**	3065	-9.712	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	88.45				
	السفلي	المجموعة الشاهدة	169.43	**$P < 0.0001$**	2994	-10.487	**يوجد فرق ذو دلالة إحصائية**
		مجموعة الليزر	88.21				

يوضح الجدول السابق عدم وجود فروق دالة إحصائيًا في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في كل من الفكين العلوي والسفلي بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة عند الأزمنة الأولية T0 وT1. في حين كانت قيم درجة خسف الأملاح المعدنية في مجموعة الليزر أقل بشكل دال إحصائيًا منها في المجموعة الشاهدة عند أزمنة المراقبة T2 و T3 و T4 ($P < 0.0001$).

كما أُجري اختبار Friedman للعينات المترابطة لدراسة الفروق في درجة خسف الأملاح المعدنية بين فترات المراقبة في كل من المجموعتين (الجدول رقم 3-31).

جدول رقم 3- 31: يبين نتائج اختبار Friedman للعينات المترابطة لدلالة الفروق في درجة خسف الأملاح بين فترات المراقبة.

المجموعة المدروسة	قيمة الاختبار	درجة الحرية	قيمة مستوى الدلالة	دلالة الفروق
المجموعة الشاهدة	355.148	4	***P* < 0.0001**	**توجد فروق دالة**
مجموعة الليزر	241.413	4	***P* < 0.0001**	**توجد فروق دالة**

يوضح الجدول السابق وجود فروق جوهرية إحصائيًا بين فترات المراقبة في قيم درجات خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent لكل من المجموعة الشاهدة و مجموعة الليزر لذلك أُجريت المقارنات الثنائية بتصحيح بونفيروني لتحديد الفروق بين الأزمنة لكلا المجموعتين (الجدول رقم 3-32, و 3-33).

جدول رقم 3- 32: يبين نتائج المقارنات الثنائية لدراسة الفروق في درجة خسف الأملاح بين أزمنة المراقبة في المجموعة الشاهدة.

المجموعة	المقارنة بين النقاط الزمنية	مستوى الدلالة	قيمة Z	دلالة الفروق
المجموعة الشاهدة	**T0 مع T1**	***P* < 0.0001**	7.551-	**توجد فروق دالة**
	T0 مع T2	***P* < 0.0001**	14.199-	**توجد فروق دالة**
	T0 مع T3	***P* < 0.0001**	12.632-	**توجد فروق دالة**
	T0 مع T4	***P* < 0.0001**	10.712-	**توجد فروق دالة**
	T1 مع T2	***P* < 0.0001**	6.648-	**توجد فروق دالة**
	T1 مع T3	***P* < 0.0001**	5.081-	**توجد فروق دالة**
	T1 مع T4	**0.016**	3.162-	**توجد فروق دالة**
	T2 مع T3	1.000	1.567	لا توجد فروق دالة
	T2 مع T4	**0.005**	3.486	**توجد فروق دالة**
	T3 مع T4	.549	1.919	لا توجد فروق دالة

يوضح الجدول السابق للمقارنات الثنائية في المجموعة الشاهدة أن ازدياد قيم درجات خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent من الزمن T0 إلى T1 ومن T1 إلى T2 كان دالا إحصائيًا ($P < 0.0001$) في حين كان الازدياد من T2 إلى T3 ومن T3 إلى T4 غير دالا إحصائيًا ($P = 1.000$) و($P = 0.549$) على الترتيب. وفي الملخص كان الازدياد في القيم من T0 إلى T4 دالا إحصائيًا ($P < 0.0001$).

جدول رقم 3- 33: يبين نتائج المقارنات الثنائية لدراسة الفروق في درجة خسف الأملاح بين أزمنة المراقبة في مجموعة الليزر.

المجموعة	المقارنة بين النقاط الزمنية	مستوى الدلالة	قيمة Z	دلالة الفروق
مجموعة الليزر	**T0 مع T1**	***P* < 0.0001**	8.439-	**توجد فروق دالة**
	T0 مع T2	***P* < 0.0001**	5.077-	**توجد فروق دالة**
	T0 مع T3	0.698	1.813-	لا توجد فروق دالة
	T0 مع T4	1.000	0.404	لا توجد فروق دالة
	T1 مع T2	***P* < 0.0001**	3.362	**توجد فروق دالة**
	T1 مع T3	***P* < 0.0001**	6.625	**توجد فروق دالة**
	T1 مع T4	***P* < 0.0001**	8.843	لا توجد فروق دالة
	T2 مع T3	**0.001**	3.264	**توجد فروق دالة**
	T2 مع T4	***P* < 0.0001**	5.482	**توجد فروق دالة**
	T3 مع T4	0.266	2.218	لا توجد فروق دالة

ويوضح الجدول السابق للمقارنات الثنائية في مجموعة الليزر أن ازدياد قيم درجات خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent من الزمن T0 إلى T1 كان دالا إحصائيًا ($P < 0.0001$)، ثم تناقصت القيم من T1 إلى T2 ومن T2 إلى T3 بشكل دال إحصائيًا ($P < 0.0001$) و($P = 0.001$) على الترتيب. بينما لم يكن التناقص من T3 إلى T4 دالا إحصائيًا ($P = 0.266$). وفي الملخص لم يكن الفرق في القيم من T0 إلى T4 دالا إحصائيًا ($P = 1.000$).

الباب الرابع

المناقشة

Discussion

4- المناقشة Discussion:

4-1 مناقشة هدف البحث:

يُعتبر نقص التمعدن الميناني أو تشكل آفات البقع البيضاء في سياق المعالجة التقويمية مشكلة شائعة تواجه أطباء التقويم وتؤثر سلباً على رضا المريض عن نتائج المعالجة التقويمية بعد إزالة الحاصرات (Kim et al., 2016b)، حيث قد تبقى في حال لم يُعاد تمعدنها كندبات بعد انتهاء المعالجة التقويمية مما يتطلب اتخاذ تدابير تجميلية خاصة لإزالتها، وفي بعض الحالات قد تتطور هذه الآفات بشكل غير ردود إلى تجاويف نخرية تتطلب معالجة ترميمية (Sudjalim et al., 2006).

من أجل ذلك قامت العديد من المحاولات في الأدبيات الطبية للوقاية من تشكل هذه الآفات لكنها لاقت نجاحاً محدوداً، فبالرغم من وجود دليل يثبت فعالية معاجين الأسنان ومضامض الفلورايد في الوقاية من نقص التمعدن إلا أن اعتمادها على تعاون المريض يحد من فعاليتها. لذا تعتبر وسائل الوقاية التي لا تتطلب تعاون المريض هي الأكثر ملائمة لمرضى التقويم ذوي الخطورة النخرية العالية (van der Veen et al., 2007; Øgaard, 2008).

بُذلت العديد من المحاولات في الآونة الأخيرة لزيادة مقاومة الميناء لنقص التمعدن عبر التشعيع بالليزر. ويُعتبر ليزر CO2 أول أنظمة الليزر المطبقة في هذا المجال كما يعتبر الأكثر فعالية بينها (Rodrigues et al., 2004) حيث أن طول موجته يتناسب مع طيف امتصاص بلورات الهيدروكسي أباتيت المينائية (Fried et al., 1997; Fried et al., 2002).

وقد أُنجزت هذه الدراسة السريرية المضبوطة المعشاة بتصميم الفم المشطور بهدف تقييم تأثير التشعيع بليزر CO2 على مقاومة الميناء لتشكل البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية مقارنة مع الجهات الشاهدة لدى نفس المريض.

4-2 مناقشة طريقة العمل:

تألفت عينة البحث من 520 سناً لدى 26 مريضاً ومريضة تراوحت أعمارهم بين 14 و 25 سنة، استُبعد من هذه الأسنان 10 أسنان بسبب عدم تحقيقها لمعايير التضمين، ليصبح عدد الأسنان المشمولة في عينة البحث 510 أسنان مقسمة إلى مجموعتين اثنتين:

1. مجموعة الدراسة: والتي تضمنت تطبيق ليزر CO2 على الميناء حول الحاصرات التقويمية.
2. المجموعة الشاهدة : طُبق فيها ضوء غير علاجي بهدف تعمية المريض عن جهة التداخل خوفاً من تحيز المريض بالاهتمام بناحية خلال تفريش أسنانه وإهمال الناحية الأخرى.

اعتُمدت في هذا البحث تقنية شطر الفم (Split mouth technique) بحيث تم تطبيق الليزر في نصفي فك علوي وسفلي بجهتين متعاكستين واستُخدم النصفان الآخران لدى نفس المريض كمجموعة شاهدة بهدف توحيد الظروف والعوامل الحيوية بين المجموعتين الشاهدة والتجريبية كتركيز الفلورايد في الماء، درجة العناية الفموية، تركيب اللعاب، وغير ذلك من العوامل المشوشة (Confounding factors) التي قد تؤثر على النتائج.

أيضاً تم تطبيق الليزر في جهتين متعاكستين كي يتم استبعاد العوامل المشوشة مثل وجود جانب مفضل في المضغ لدى المريض أو تركيز المريض في التفريش على أحد الجهتين لسهولة الوصول إليها.

ولتفادي الوقوع في خطأ الانحياز من قبل الباحث فقد تم اختيار جهات التداخل بطريقة عشوائية، حيث قام كل مريض بانتقاء ورقة موضوعة ضمن ظرف كتيم مكتوب عليها إما الرمز A أو الرمز B، وبذلك تم تقسيم المرضى عشوائياً إلى مجموعتين متساويتين تبعاً لتوزيع جهات التداخل والجهات الشاهدة:

المجموعة A : تم تطبيق الليزر في كل من نصفي الفك العلوي الأيمن والسفلي الأيسر (أي الربعين الأول والثالث)، بينما بقي الربعين الثاني والرابع كجهات شاهدة.

المجموعة B : تم تطبيق الليزر في كل من نصفي الفك العلوي الأيسر والسفلي الأيمن (أي الربعين الثاني والرابع)، بينما بقي الربعين الأول والثالث كجهات شاهدة.

تم تدريب المرضى على التفريش مرتين يومياً باستخدام معاجين أسنان حاوية على الفلورايد بتركيز 1100 PPM ، كي لا تُحرم المجموعة الشاهدة من الإجراءات الوقائية. فوفقاً لدراسة Rechmann وآخرين، إن أنظمة الحاصرات التقويمية الملصقة تشكل تحدياً مسبباً لنقص التمعدن، وبالتالي يمكن استخدامها لتحري فعالية الإجراءات الوقائية (Rechmann et al., 2011)، وهذا التحدي لا يمكن التغلب عليه عبر تطبيق معاجين الأسنان الحاوية على الفلورايد 1100 PPM (Gorton and Featherstone, 2003).

تم تحري تشكل البقع البيضاء سريرياً وعلى الصور الفوتوغرافية، وتحديد درجة تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية ومساحتها بالنسبة إلى مساحة السطح الدهليزي باستخدام برنامج AutoCAD 2014 ،إضافة إلى قياس مقدار خسف الأملاح على جهاز DIAGNOdent Pen، وذلك لأن تقييم التأثير الوقائي لمادة ما حسب دراسة Benson وزملائه يتطلب تقييم محصلتين اثنتين، المحصلة الأولى تحدد عدد البقع البيضاء المتشكلة، والمحصلة الثانية تقيس شدة البقع البيضاء المتمثلة بمساحة الآفة أو درجة خسارة الأملاح أو عمق الآفة (Benson et al., 2013).

تم تحديد الفترات الزمنية لمراقبة تشكل البقع البيضاء بعد شهر واحد من تطبيق الليزر (T2)، حيث تعتبر فترة كافية لتشكل البقع البيضاء سريرياً وهي فترة المراقبة في الدراسة السريرية ل Rechmann وزملائه (Rechmann et al., 2011). وبعد شهرين من تطبيق الليزر (T3) وهي فترة المراقبة في دراسة Miresmaeili وزملائه (Miresmaeili et al., 2014). واعتمدت فترة ستة أشهر بعد تطبيق الليزر (T4) هي الفترة النهائية للمراقبة بالاستناد على دراسة Tufekci وزملائه الذي استنتج أن تشكل البقع البيضاء يزداد بشكل متسارع خلال الأشهر الستة الأولى من المعالجة التقويمية ليزداد بشكل أبطأ بعد ذلك، لذا من المهم تقييم نقص التمعدن خلال الأشهر الستة الأولى وتطبيق الإجراءات الوقائية خلال هذه الفترة من المعالجة التقويمية (Tufekci et al., 2011).

قوة الدراسة:

1- حسب المعلومات المتوفرة، هذه أول دراسة سريرية مضبوطة ومعشاة تحرت تأثير ليزر CO2 على مقاومة الميناء لنقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية بشكل سريري.
2- اعتماد تصميم الفم المشطور ساهم في توحيد الظروف الحيوية بين مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة.
3- اعتماد أسلوب التعمية الثنائية التي حدت من الانحياز.

4-3 مناقشة نتائج الدراسة:

عند مقارنة مجموعة الليزر مع المجموعة الشاهدة لم يُلحظ وجود فروق دالة إحصائياً في كل من تشكل البقع البيضاء سريرياً وعلى الصور الفوتوغرافية ودرجة ومساحة البقع البيضاء وذلك بعد شهر من تطبيق الليزر (الزمن T2).

لكن عند أزمنة المراقبة التالية (الزمنين T3 و T4)، أصبحت الفروق دالة إحصائياً بين المجموعتين في كل من تشكل البقع البيضاء سريرياً وتشكل البقع البيضاء ودرجتها ومساحتها على الصور الفوتوغرافية حيث كانت أقل في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة.

بينما كانت درجة خسف الأملاح على جهاز DIAGNOdent أقل في مجموعة الليزر بشكل دال إحصائياً خلال أزمنة المراقبة (T2 و T3 وT4).

4-3-1 دراسة تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري:

أظهرت نتائج هذه الدراسة وجود فروق ذات دلالة إحصائية في تشكل البقع البيضاء سريرياً بين المجموعتين عند الزمنين T3 و T4، حيث أظهرت النتائج أن نسبة الأسنان المصابة التي تشكلت فيها بقع بيضاء خلال الفحص السريري كانت أقل في مجموعة الليزر (2 سن \0.78%) منها في المجموعة الشاهدة (4 أسنان \1.59%) عند الزمن T2 إلا أن الفرق بين المجموعتين لم يكن ذا دلالة إحصائية.

عند الزمن T3 لم تتغير نسبة الأسنان المصابة في مجموعة الليزر (2 سن \0.78%) بينما ارتفعت في المجموعة الشاهدة (18 سن \7.14%) لتصبح أقل في مجموعة الليزر بشكل دال إحصائياً منها في المجموعة الشاهدة.

ارتفعت نسبة الأسنان المصابة قليلاً في مجموعة الليزر عند الزمن T4 (9 أسنان \3.50%) بينما ارتفعت بشكل كبير في المجموعة الشاهدة (79 سن \31.47%) وكانت نسبة الأسنان المصابة أقل بشكل دال إحصائياً في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة.

وبالتالي، فإن تطبيق ليزر CO2 كان له تأثير فعال في الوقاية من نقص تمعدن الميناء حول الحاصرات التقويمية عبر إنقاص عدد البقع البيضاء المتشكلة بالفحص السريري خلال أزمنة المراقبة، حيث أدى إلى تثبيط تشكل البقع البيضاء بمعدل 28% خلال فترة ستة أشهر من تطبيق الليزر.

حسب المعلومات المتوفرة، لا توجد دراسة سريرية سابقة تحرت تأثير ليزر CO2 على تشكل البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية.

لكن يمكن أن تتفق نتائج الدراسة الحالية جزئياً مع الدراسة السريرية لKaur وزملائه (Kaur et al., 2017) التي قيمت تأثير معالجة سطح الميناء بليزر CO2 m10.6µ وذلك على الضواحك المعدة للقلع عبر تحري القساوة المجهرية السطحية والتغيرات بالمجهر الالكتروني الماسح بعد شهرين من تطبيق الليزر. واستنتجت أن تطبيق ليزر CO2 فعال في زيادة مقاومة الميناء لنقص التمعدن عبر زيادة القساوة المجهرية السطحية لكن أظهر المجهر الالكتروني أن تطبيق ليزر CO2 أدى إلى تشكل صدوع مجهرية مما قد يسبب زيادة تراكم اللويحة، على أية حال لم تتحرى الدراسة الحالية التغيرات بالمجهر الالكتروني الماسح إلا أنه يمكن أن تفسر التغيرات الملاحظة في مجموعة ليزر CO2 في دراسة Kaur وزملائه باختلاف بارامترات ليزر CO2 المستخدمة فقد كانت الطاقة المطبقة 1 واط وزمن التشعيع 12 ثانية (مقابل 0,7 واط وزمن تشعيع 3 ثوانٍ في الدراسة الحالية)، فوفقاً ل(Nakagaki et al., 2015) إن تطبيق ليزر CO2 بطاقات منخفضة 0.5 -1 واط مفضل لتثبيط نقص التمعدن عبر التعديل الميكانيكي والكيميائي لخواص الميناء وجعله أكثر مقاومة للحموض بينما الطاقات المرتفعة تسبب زيادة حدوث الأذيات الحرارية والتصدعات في الميناء مما يسرع انحلاله.

أيضاً قد تتفق نتائج الدراسة الحالية جزئياً مع الدراسة السريرية لRechman وزملائه التي تحرت تأثير ليزر CO2 بطول موجة 9.6 µm على الميناء المجاور للحاصرات التقويمية للضواحك المعدة للقلع مستخدمة الميناء المجاور لنفس السن كعينة شاهدة عبر دراسة القساوة المجهرية المقطعية لتحديد مقدار خسارة الأملاح، واستنتجت أن تطبيق الليزر أدى إلى تثبيط نقص التمعدن بمقدار 46% خلال أربعة أسابيع

و 87% خلال 12 أسبوع (Rechmann et al., 2011)، إلا أنه في الدراسة الحالية لم تكن الفروق جوهرية بين المجموعتين بعد 4 أسابيع من تطبيق الليزر حيث كان عدد البقع البيضاء المتشكلة محدوداً في كلا المجموعتين (2 سن في مجموعة الليزر و 4 أسنان في المجموعة الشاهدة)، يمكن تفسير ذلك باختلاف المتغير الحصيلي بين الدراستين، حيث كان المتغير المدروس في دراسة Rechmann هو مقدار خسارة الأملاح في تحليل القساوة المجهرية المقطعية والذي يمكن أن يتأثر بنقص التمعدن قبل أن تصبح البقع البيضاء واضحة للعين المجردة في الفحص السريري.

أيضاً يمكن أن تتفق نتائج الدراسة الحالية مع نتائج دراسة Miresmaeili وزملائه السريرية التي تحرت تأثير ليزر CO2 بطول موجة 10.6 µm على الميناء المجاور للحاصرات التقويمية للضواحك المعدة للقلع مقارنة مع الضاحك المقابل لدى نفس المريض كمجموعة شاهدة عبر مقارنة القساوة المجهرية السطحية بين المجموعتين بعد شهرين على الأقل من تطبيق الليزر، واستنتجت أن قيم القساوة المجهرية السطحية حول الحاصرات التقويمية كانت أعلى بشكل دال إحصائياً في مجموعة الليزر مما يدل على وجود تأثير وقائي لليزر CO2 (Miresmaeili et al., 2014).

كذلك اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع الدراسة السريرية ل Rechmann وزملائه عام 2013 (Rechmann et al., 2013) التي راقبت التأثير السريري لليزر CO2 بالتزامن مع تطبيق المادة السادة على الأرحاء الأولى على نخور الشقوق والوهاد مقارنة مع المادة السادة فقط في الجهة الشاهدة عند نفس المريض عبر مراقبة مشعر ICDAS (International Caries Detection and Assessment System) بواسطة الفحص البصري إضافة إلى التألق المحدث بالضوء SOPROLIFE Light Induced Fluorescence Evaluator والتقييم بال DIAGNOdent بعد 3, 6 ,12 شهر من تطبيق الليزر حيث أظهرت نتائج التألق المحدث بالضوء تزايد قيم الSOPROLIFE في المجموعة الشاهدة عن الزمن القاعدي بينما تناقصت في مجموعة الليزر وكان الفرق بينهما دال إحصائياً بعد 6 و 12 شهر من المراقبة.

أيضاً اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع الدراسة In-situ ل Souza-Gabriel وآخرين التي تحرت تأثير ليزر CO2 مع أو بدون الفرنيش الفلوري على مقاومة نقص التمعدن لدى 14 متطوع قاموا بارتداء صفائح حنكية مزودة بشرائح ميناء بقري تم تعريضها لمحلول من السكروز بشكل يومي لمدة 14 يوم ثم تمت مقارنة القساوة المجهرية المقطعية بينها حيث أظهرت النتائج أن قيم القساوة المجهرية كانت أعلى بشكل جوهري في مجموعة الليزر فقط، وبالتالي فإن ليزر CO2 كان فعالاً في تثبيط نقص التمعدن المينائي دون أن يقدم الفرنيش الفلوري أي تأثير إيجابي تآزري مع الليزر (Souza-Gabriel et al., 2015).

كما يمكن أن تتفق نتائج الدراسة الحالية مع العديد من الدراسات المخبرية ومنها:
دراسة Paulos وزملائه التي قارنت تأثير كل من ليزرCO2 وليزر Nd:YAG على مقاومة الميناء لنقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية عبر مقارنة التألق الكمي المحدث بالضوء QLF والتحري بالمجهر الالكتروني الماسح بعد تعريض المقاطع المينائية لدورتي PH وذلك لتحري مقاومة الطبقات العميقة في الميناء لنقص التمعدن، حيث أظهرت النتائج أن التشعيع بليزر CO2 بطول موجة 10.6 µm كان له التأثير الأكبر في مقاومة الميناء لنقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية كما أنه يؤثر في الطبقات تحت السطحية للميناء مما يجعل تأثيره طويل الأمد (Paulos et al., 2017).
أيضاً الدراسة المخبرية ل Stangler وآخرين التي تحرت تأثير ليزر CO2 بطول موجة 10.6 µmعلى نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية عبر قياس القساوة المجهرية السطحية واستنتجت أن تطبيق ليزر CO2 حول الحاصرات التقويمية لوحده أو بالتزامن مع الفلورايد كان له دور فعال في زيادة القساوة المجهرية مقارنة مع المجموعة الشاهدة (Stangler et al., 2013).
أيضاً دراسة Seino وزملائه التي قارنت تأثير ليزر CO2 وليزر Nd:YAG مع أو بدون تطبيق الفلورايد الموضعي على مقاومة الميناء لنقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية عبر التقييم بالتألق الكمي المحدث بالضوء QLF واستنتجت أن تطبيق ليزر CO2 10.6 µm لوحده قادر على السيطرة على نقص التمعدن المينائي حول الحاصرات التقويمية بنفس مستوى تأثير تطبيق الفلورايد الموضعي (Seino et al., 2015).
كذلك دراسة de Souza-e-Silva وآخرين التي تحرت تأثير ليزر CO2 10.6 µm مع أو بدون استخدام المواد اللاصقة المحررة للفلورايد على نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية عبر قياس القساوة المجهرية للميناء، حيث أظهرت مجموعة الليزر قيم قساوة مينائية أعلى واستنتجوا أن تطبيق ليزر الCO2 لوحده فعال في تثبيط نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية ولم تقدم المواد اللاصقة المحررة للفلورايد أي تأثير وقائي إضافي (de Souza-e-Silva et al., 2013).
إضافة إلى الاتفاق مع العديد من الدراسات المخبرية: (Ramalho et al., 2013; Mathew et al., 2013; Anaraki et al., 2012; Kim et al., 2017; Kim et al., 2016a; Correa-Afonso et al., 2012; Souza-Gabriel et al., 2010; Steiner-Oliveira et al., 2008; Schmidlin et al.,2007; Steiner-Oliveira et al., 2006; Kantorowitz et al., 1998; Tsai et al., 2002; Featherstone et al., 1998; Hsu et al., 2000) التي ذكرت التأثير الإيجابي لليزر CO2 في تثبيط نقص التمعدن المينائي.

لم يؤثر توضع وجهة نصف الفك الذي تم فيه تطبيق الليزر على نتائج تشكل البقع البيضاء في الفحص السريري حيث كانت قل في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة بشكل دال إحصائياً عند الزمنين T3 و T4 سواء تم تطبيق الليزر في الجهة اليمنى أو الجهة اليسرى وفي الفك العلوي أو الفك السفلي. يمكن أن يُفسر ذلك بما استنتجه كل من Ograad و Adebayo حول عدم وجود فروق جوهرية في تشكل وانتشار البقع البيضاء بين الجهتين اليمنى واليسرى للفكين العلوي والسفلي (Adebayo et al., 2008; Ogaard et al., 1988).

4-3-2 دراسة تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية:

أظهرت نتائج الدراسة أن تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية كان أقل بشكل دال إحصائياً في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة وذلك بعد شهرين وستة أشهر من تطبيق الليزر أي عند أزمنة المراقبة T3 و T4.

وبالتالي فإن تطبيق ليزر CO2 كان له تأثير فعال في الوقاية من نقص تمعدن الميناء حول الحاصرات التقويمية عبر إنقاص تشكل البقع البيضاء الملاحظ على الصور الفوتوغرافية.

كما لم يؤثر توضع و جهة نصف الفك الذي تم فيه تطبيق الليزر على نتائج تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية حيث كانت أقل بشكل دال إحصائياً في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة عند الزمنين T3 و T4 سواء تم تطبيق الليزر في الجهة اليمنى أو الجهة اليسرى وفي الفك العلوي أو الفك السفلي.

حسب المعلومات المتوفرة، لا توجد دراسة سابقة سريرية أو مخبرية تحرت تأثير ليزر CO2 على تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية.

كانت نتائج دراسة تشكل البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية مشابهة تماماً لنتائج الفحص السريري، وبالتالي يمكن الاكتفاء بأحد الوسيليتن لتقييم تشكل أو عدم تشكل البقع البيضاء في الدراسات السريرية المشابهة.

4-3-3 دراسة درجة البقع البيضاء حسب GEIGER على الصور الفوتوغرافية:

أظهرت نتائج الدراسة أن درجة البقع البيضاء المتشكلة حسب مشعر Geiger قد ازدادت خلال أزمنة المراقبة في كل من مجموعة الليزر والمجموعة الشاهدة إلا أنها كانت أقل بشكل دال إحصائياً في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة عند الزمنين T3 و T4.

وبالتالي فإن تطبيق ليزر CO2 كان له تأثير وقائي فعال في تثبيط نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية عبر إنقاص درجة البقع البيضاء المتشكلة حسب مشعر Geiger.

يمكن أن تتفق نتائج الدراسة الحالية مع دراسة Rechmann وزملائه عام 2013 حيث ازدادت قيم مشعر ICDAS عن القيم الأولية في المجموعة الشاهدة بينما تناقصت في مجموعة الليزر ولم يكن الفرق بين المجموعتين جوهرياً بعد ثلاثة أشهر من تطبيق الليزر، بينما أصبح الفرق دالاً إحصائياً بين المجموعتين بعد ستة أشهر و12 شهر من تطبيق الليزر (Rechmann et al., 2013). إلا أنه في الدراسة الحالية كان الفرق بين المجموعتين دالاً إحصائياً بعد شهرين من تطبيق الليزر ويفسر ذلك باختلاف المشعر المستخدم بين الدراستين حيث كان في دراسة Rechmann يعتمد على تشكل النخور في الشقوق والوهاد بالفحص البصري وإن تشكل النخر الصريح يحتاج لستة أشهر (Mattousch et al., 2007)، بينما مشعر Geiger المستخدم في الدراسة الحالية يعتمد على درجة البقع البيضاء التي يمكن أن تتشكل خلال شهر واحد من تطبيق الحاصرات التقويمية.

لم يُؤثر توضع و جهة نصف الفك الذي تم فيه تطبيق الليزر على نتائج درجة البقع البيضاء المتشكلة حسب Geiger على الصور الفوتوغرافية، حيث كانت أقل في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة بشكل دال إحصائياً عند الزمنين T3 و T4 سواء تم تطبيق الليزر في الجهة اليمنى أو الجهة اليسرى وفي الفك العلوي أو الفك السفلي.

4-3-4 دراسة نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح السني المدروس على الصور الفوتوغرافية:

لم يكن الفرق في المتوسط الحسابي لنسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح الدهليزي على الصور الفوتوغرافية بين المجموعتين دالاً إحصائياً بعد شهر (T1) من تطبيق الليزر، بينما بعد شهرين (T2) وبعد ستة أشهر (T4)، حدث ارتفاع بسيط في المتوسط الحسابي لنسبة مساحة البقع البيضاء في مجموعة الليزر أما في المجموعة الشاهدة فقد ارتفع بشكل كبير ليصبح المتوسط الحسابي لنسبة مساحة البقع البيضاء أقل بشكل دال إحصائياً في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة.

وبالتالي فإن تطبيق ليزر CO2 كان له دور فعال في تثبيط نقص التمعدن الميئائي حول الحاصرات التقويمية من خلال إنقاص شدة البقع البيضاء عبر تقليل مساحة الآفة المتشكلة نسبة إلى مساحة السطح السني المدروس.

حسب المعلومات المتوفرة، لا توجد دراسة سريرية أو مخبرية سابقة تحرت تأثير ليزر CO2 على مساحة آفات البقع البيضاء المتشكلة.

لم يؤثر توضع نصف الفك الذي تم فيه تطبيق الليزر على نتائج نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح السني على الصور الفوتوغرافية حيث كانت أقل في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة بشكل دال إحصائياً عند الزمن T4 سواء تم تطبيق الليزر في الفك العلوي أو في الفك السفلي.

بينما كان الفرق دالاً إحصائياً بين المجموعتين عند الزمنين T3 و T4 حيث كان المتوسط الحسابي لنسبة مساحة البقع البيضاء أقل في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة عند المقارنة بين المجموعتين لكل من الجهتين اليمنى واليسرى.

5-3-4 دراسة درجة انخساف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNODENT PEN:

لم يُلحظ وجود فروق ذات دلالة إحصائية في درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent Pen بين المجموعتين عند الأزمنة الأولية (T0 و T1)، بينما أصبحت درجة انخساف الأملاح المعدنية أقل بشكل دال إحصائياً لدى مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة عند أزمنة المراقبة T2و T3 و T4.

وبالتالي فإن تطبيق ليزر CO2 كان له دور فعال في تثبيط نقص التمعدن الميناائي حول الحاصرات التقويمية من خلال إنقاص شدة البقع البيضاء المتمثلة بإنقاص درجة خسف الأملاح على جهاز DIAGNOdent Pen.

كما لم يؤثر توضع و جهة نصف الفك الذي تم فيه تطبيق الليزر على نتائج درجة خسف الأملاح على جهاز DIAGNOdent حيث كانت القيم أقل في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة بشكل دال إحصائياً عند جميع أزمنة المراقبة سواء تم تطبيق الليزر في الجهة اليمنى أو الجهة اليسرى وفي الفك العلوي أو الفك السفلي.

حدث تزايد واضح في درجة انخساف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في كل من المجموعتين عند الزمن T1 ويمكن تفسير ذلك بأن تسجيل قيم الدياغنودينت عند الزمن T1 كان بعد الإلصاق وتطبيق الليزر مباشرة وبالتالي قد يكون ارتفاع قيم الدياغنودينت ناجم عن التخريش الحمضي قبل إلصاق الحاصرات التقويمية.

عند الزمن T2 استمرت قيم الدياغنودينت بالارتفاع في المجموعة الشاهدة بينما تناقصت في مجموعة الليزر. عند الزمنين T3 و T4 استمرت قيم الدياغنودينت بالتناقص بشكل واضح في مجموعة الليزر مع حدوث تناقص خفيف في المجموعة الشاهدة. يُمكن أن يُفسر التناقص الواضح في درجة خسف الأملاح المعدنية المُلاحظ في مجموعة الليزر خلال أزمنة المراقبة بحدوث إعادة تمعدن للميناء، لم يدرس تأثير ليزر CO2 في تحريض إعادة التمعدن الميناائي أو في معالجة البقع البيضاء المتشكلة حول الحاصرات التقويمية في الأبحاث السريرية إلا أنه ذُكر في عدد من الدراسات المخبرية منها دراسة Poosti وزملائه

التي استنتجت ان تطبيق ليزر CO2 قبل الفلورايد كان فعالاً في استعادة لون الميناء وزيادة القساوة المجهرية المقطعية للميناء مخسوف الأملاح (Poosti et al., 2014)، دراسة Stangler وآخرين التي ذكرت وجود تأثير فعال لليزر CO2 10.6 µm كعامل معيد للتمعدن للميناء عبر زيادته للقساوة المجهرية السطحية للميناء حول الحاصرات التقويمية (Stangler et al., 2013)، ودراسة Esteves-Oliveira وآخرين التي استنتجت أن تطبيق ليزر CO2 لم يكن فعالاً في تثبيط خسارة الأملاح بمقدار 95% فقط، إنما أيضاً أدى إلى إعادة تمعدن الميناء المخسوف الأملاح مسبقاً عبر زيادة قيم القساوة المجهرية السطحية (Esteves-Oliveira et al., 2011).

اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع الدراسة السريرية ل Rechmann وزملائه عام 2013 التي تحرت تأثير ليزر CO2 على مقاومة الأرحاء لنخور الشقوق والوهاد بالتزامن مع السيلانت مقارنة مع السيلانت فقط في الجهة الشاهدة ولم تُظهر وجود فروق جوهرية في قيم ال DIAGNOdent بين المجموعتين بالرغم من وجود تأثير فعال لليزر في تثبيط نخور الشقوق والوهاد عند المقارنة بالفحص السريري عبر مشعر ICDAS ومقارنة التألق المحدث بالضوء (Rechmann et al., 2013)، بينما في الدراسة الحالية كانت قيم ال DIAGNOdent أقل بشكل جوهري في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة لتؤكد التأثير الوقائي لليزر CO2 الملاحظ عند الفحص السريري والفحص بالصور الفوتوغرافية، يُمكن تفسير هذا الاختلاف بأن موثوقية جهاز ال DIAGNOdent أعلى في تشخيص نخور السطوح الملساء منها في تشخيص نخور الشقوق والوهاد (Shi et al., 2001, Shi et al., 2000).

الباب الخامس

الاستنتاجات

Conclusions

5- الاستنتاجات Conclusions:

عند تحري تأثير التشعيع بليزر CO2 على مقاومة الميناء لتشكل البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية بمقارنة مجموعة الليزر مع المجموعة الشاهدة خلال أزمنة المراقبة يمكن أن نستنتج أن الليزر كان له دور وقائي فعال في تثبيط نقص التمعدن الميناني حول الحاصرات التقويمية خلال المعالجة من خلال مايلي:

1- كان عدد البقع البيضاء المتشكلة في الفحص السريري أقل في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة وذلك بعد شهرين وستة أشهر من تطبيق الليزر، حيث أدى تطبيق الليزر إلى إنقاص تشكل البقع البيضاء بمعدل 28% خلال ستة أشهر.

2- كان عدد البقع البيضاء المتشكلة بالفحص على الصور الفوتوغرافية أقل في مجموعة الليزرمنها في المجموعة الشاهدة وذلك بعد شهرين وستة أشهر من تطبيق الليزر، كما أن تقييم تشكل البقع البيضاء بالفحص السريري يمكن أن يغني عن تقييم تشكلها على الصور الفوتوغرافية.

3- كانت درجة البقع البيضاء المتشكلة حسب مشعر Geiger على الصور الفوتوغرافية في مجموعة الليزر أقل منها في المجموعة الشاهدة وذلك بعد شهرين وستة أشهر من تطبيق الليزر.

4- كانت نسبة مساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية في مجموعة الليزر أصغر منها في المجموعة الشاهدة وذلك بعد شهرين وستة أشهر من تطبيق الليزر.

5- كانت درجة خسف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent في مجموعة الليزر أقل منها في المجموعة الشاهدة خلال جميع أزمنة المراقبة.

الباب السادس

المقترحات والتوصيات

Suggestions & Recomendations

1-6 المقترحات Suggestions:

1- نقترح إجراء دراسة سريرية بفترة متابعة أطول لتحري التأثير طويل الأمد لليزر CO2 في تثبيط تشكل البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية بعد انتهاء المعالجة.

2- نقترح إجراء دراسة سريرية لتقييم التأثيرات الحرارية لتطبيق ليزر CO2 لتثبيط نقص التمعدن حول الحاصرات التقويمية على اللب السني بشكل سريري عبر اختبار حيوية اللب، قياس مقدار ارتفاع الحرارة باستخدام الكاميرا الحرارية، والمتابعة بالصور الشعاعية الذروية.

3- نقترح إجراء دراسة سريرية لتقييم تأثير تطبيق ليزر CO2 لتثبيط نقص التمعدن على الخواص اللونية والبصرية للميناء المعالج خاصة في الأسنان الأمامية.

4- نقترح إجراء دراسة سريرية لتحري تاثير ليزر CO2 في معالجة وإعادة تمعدن البقع البيضاء المتشكلة حول الحاصرات التقويمية.

5- نقترح إجراء دراسة سريرية لتحري تأثير ليزر CO2 بطرق كمية أكثر دقة كالتألق الكمي المحدث بالضوء QLF.

2-6 التوصيات Recommendations:

1- نوصي بتطبيق ليزر CO2 منذ بداية المعالجة التقويمية للوقاية من تشكل البقع البيضاء كطريقة وقائية حديثة لا تتطلب تعاون المريض.

2- نوصي بضرورة تزويد قسم تقويم الأسنان والفكين بأجهزة خاصة للتقييم الكمي والكشف المبكر للنخور كجهاز التألق الكمي المحدث بالضوء QLF.

3- نوصي أطباء التقويم بضرورة توعية المريض بأهمية تأسيس صحة فموية جيدة، فمهما تطورت وسائل الوقاية من نقص التمعدن لا تعد بديلاً عن إجراءات الصحة الفموية المنزلية.

الباب السابع

المراجع

Refferences

7- المراجع REFFERENCES:

(A)

- ADEBAYO, O. A., BURROW, M. F. & TYAS, M. J. 2008. Bond strength test: role of operator skill. *Aust Dent J,* 53**,** 145-50.
- AL-KHATEEB, S., FORSBERG, C. M., DE JOSSELIN DE JONG, E. & ANGMAR-MANSSON, B. 1998. A longitudinal laser fluorescence study of white spot lesions in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 113**,** 595-602.
- AL-KHATEEB, S., TEN CATE, J. M., ANGMAR-MANSSON, B., DE JOSSELIN DE JONG, E., SUNDSTROM, G., EXTERKATE, R. A. & OLIVEBY, A. 1997. Quantification of formation and remineralization of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. *Adv Dent Res,* 11**,** 502-6.
- AL-MULLA, A., KARLSSON, L., KHARSA, S., KJELLBERG, H. & BIRKHED, D. 2010. Combination of high-fluoride toothpaste and no post-brushing water rinsing on enamel demineralization using an in-situ caries model with orthodontic bands. *Acta Odontol Scand,* 68**,** 323-8.
- ALABDULLAH, M. M., NABAWIA, A., AJAJ, M. A. & SALTAJI, H. 2017. Effect of fluoride-releasing resin composite in white spot lesions prevention: a single-centre, split-mouth, randomized controlled trial. *Eur J Orthod,* 39**,** 634-640.
- ALCANTARA, P. C., ALEXANDRIA, A. K., SOUZA, I. P. & MAIA, L. C. 2014. In situ effect of titanium tetrafluoride and sodium fluoride on artificially decayed human enamel. *Braz Dent J,* 25**,** 28-32.
- ALCOUFFE, F. 1989. Oral hygiene behavior: differences between men and women. *Clin Prev Dent,* 11**,** 6-10.
- ALJEHANI, A., BAMZAHIM, M., YOUSIF, M. A. & SHI, X. Q. 2006. In vivo reliability of an infrared fluorescence method for quantification of carious lesions in orthodontic patients. *Oral Health Prev Dent,* 4**,** 145-50.
- ALJEHANI, A., TRANAEUS, S., FORSBERG, C. M., ANGMAR-MANSSON, B. & SHI, X. Q. 2004. In vitro quantification of white spot enamel lesions adjacent to fixed orthodontic appliances using quantitative light-induced fluorescence and DIAGNOdent. *Acta Odontol Scand,* 62**,** 313-8.

- ALJEHANI, A., YANG, L. & SHI, X. Q. 2007. In vitro quantification of smooth surface caries with DIAGNOdent and the DIAGNOdent pen. *Acta Odontol Scand,* 65**,** 60-3.
- ALMOSA, N. A., LUNDGREN, T., BRESIN, A., BIRKHED, D. & KJELLBERG, H. 2014. Diagnosing the severity of buccal caries lesions in orthodontic patients at de-bonding using digital photographs. *Acta Odontol Scand,* 72**,** 474-80.
- ANA, P., BACHMANN, L. & ZEZELL, D. 2006. Lasers effects on enamel for caries prevention. *Laser Physics,* 16**,** 865-875.
- ANARAKI, S. N., SERAJZADEH, M. & FEKRAZAD, R. 2012. Effects of laser-assisted fluoride therapy with a CO2 laser and Er, Cr:YSGG laser on enamel demineralization. *Pediatr Dent,* 34**,** e92-6.
- ANDERSON, A. M., KAO, E., GLADWIN, M., BENLI, O. & NGAN, P. 2002. The effects of argon laser irradiation on enamel decalcification: An in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 122**,** 251-9.
- ANDERSSON, A., SKOLD-LARSSON, K., HALLGREN, A., PETERSSON, L. G. & TWETMAN, S. 2007. Effect of a dental cream containing amorphous cream phosphate complexes on white spot lesion regression assessed by laser fluorescence. *Oral Health Prev Dent,* 5**,** 229-33.
- APEL, C., BIRKER, L., MEISTER, J., WEISS, C. & GUTKNECHT, N. 2004. The caries-preventive potential of subablative Er:YAG and Er:YSGG laser radiation in an intraoral model: a pilot study. *Photomed Laser Surg,* 22**,** 312-7.
- APEL, C., MEISTER, J., GOTZ, H., DUSCHNER, H. & GUTKNECHT, N. 2005. Structural changes in human dental enamel after subablative erbium laser irradiation and its potential use for caries prevention. *Caries Res,* 39**,** 65-70.
- ARTUN, J. & THYLSTRUP, A. 1986. Clinical and scanning electron microscopic study of surface changes of incipient caries lesions after debonding. *Scand J Dent Res,* 94**,** 193-201.
- AZARPAZHOOH, A. & LIMEBACK, H. 2008. Clinical efficacy of casein derivatives: a systematic review of the literature. *J Am Dent Assoc,* 139**,** 915-24; quiz 994-5.

(B)

- .BACKER, D. O. 1966. The clinical testing of agents for the prevention of dental caries. *Adv Fluorine Res,* 4**,** 1-2.

- BADER, J. D., SHUGARS, D. A. & BONITO, A. J. 2002. A systematic review of the performance of methods for identifying carious lesions. *J Public Health Dent,* 62**,** 201-13.
- BANKS, P. A., BURN, A. & O'BRIEN, K. 1997. A clinical evaluation of the effectiveness of including fluoride into an orthodontic bonding adhesive. *Eur J Orthod,* 19**,** 391-5.
- BANKS, P. A., CHADWICK, S. M., ASHER-MCDADE, C. & WRIGHT, J. L. 2000. Fluoride-releasing elastomerics--a prospective controlled clinical trial. *Eur J Orthod,* 22**,** 401-7.
- BEERENS, M. W., VAN DER VEEN, M. H., VAN BEEK, H. & TEN CATE, J. M. 2010. Effects of casein phosphopeptide amorphous calcium fluoride phosphate paste on white spot lesions and dental plaque after orthodontic treatment: a 3-month follow-up. *Eur J Oral Sci,* 118**,** 610-7.
- BENHAM, A. W., CAMPBELL, P. M. & BUSCHANG, P. H. 2009. Effectiveness of pit and fissure sealants in reducing white spot lesions during orthodontic treatment. A pilot study. *Angle Orthod,* 79**,** 338-45.
- BENSON, P. 2008. Evaluation of White Spot Lesions on Teeth with Orthodontic Brackets. *Seminars in Orthodontics,* 14**,** 200-208.
- BENSON, P. E., PARKIN, N., DYER, F., MILLETT, D. T., FURNESS, S. & GERMAIN, P. 2013. Fluorides for the prevention of early tooth decay (demineralised white lesions) during fixed brace treatment. *Cochrane Database Syst Rev***,** Cd003809.
- BENSON, P. E., PENDER, N. & HIGHAM, S. M. 1999. An in situ caries model to study demineralisation during fixed orthodontics. *Clin Orthod Res,* 2**,** 143-53.
- BENSON, P. E., PENDER, N. & HIGHAM, S. M. 2003a. Quantifying enamel demineralization from teeth with orthodontic brackets--a comparison of two methods. Part 1: repeatability and agreement. *Eur J Orthod,* 25**,** 149-58.
- BENSON, P. E., PENDER, N. & HIGHAM, S. M. 2003b. Quantifying enamel demineralization from teeth with orthodontic brackets--a comparison of two methods. Part 2: validity. *Eur J Orthod,* 25**,** 159-65.
- BENSON, P. E., SHAH, A. A. & WILLMOT, D. R. 2005. Measurement of white lesions surrounding orthodontic brackets: captured slides vs digital camera images. *Angle Orthod,* 75**,** 226-30.

- BERGMAN, G. & LINDEN, L. A. 1969. The action of the explorer on incipient caries. *Sven Tandlak Tidskr,* 62**,** 629-34.
- BERGSTRAND, F. & TWETMAN, S. 2011. A review on prevention and treatment of post-orthodontic white spot lesions - evidence-based methods and emerging technologies. *Open Dent J,* 5**,** 158-62.
- BJELKHAGEN, H., SUNDSTROM, F., ANGMAR-MANSSON, B. & RYDEN, H. 1982. Early detection of enamel caries by the luminescence excited by visible laser light. *Swed Dent J,* 6**,** 1-7.
- BLANKENAU, R. J., POWELL, G., ELLIS, R. W. & WESTERMAN, G. H. 1999. In vivo caries-like lesion prevention with argon laser: pilot study. *J Clin Laser Med Surg,* 17**,** 241-3.
- BOERSMA, J. G., VAN DER VEEN, M. H., LAGERWEIJ, M. D., BOKHOUT, B. & PRAHL-ANDERSEN, B. 2005. Caries prevalence measured with QLF after treatment with fixed orthodontic appliances: influencing factors. *Caries Res,* 39**,** 41-7.
- BORGGREVEN, J. M., VAN DIJK, J. W. & DRIESSENS, F. C. 1980. Effect of laser irradiation on the permeability of bovine dental enamel. *Arch Oral Biol,* 25**,** 831-2.
- BORSBOOM, P. C. & TEN BOSCH, J. J. 1982. Fiber-optic scattering monitor for use with bulk opaque material. *Appl Opt,* 21**,** 3531-5.
- BROCHNER, A., CHRISTENSEN, C., KRISTENSEN, B., TRANAEUS, S., KARLSSON, L., SONNESEN, L. & TWETMAN, S. 2011. Treatment of post-orthodontic white spot lesions with casein phosphopeptide-stabilised amorphous calcium phosphate. *Clin Oral Investig,* 15**,** 369-73.

(C)

- CAI, F., SHEN, P., MORGAN, M. V. & REYNOLDS, E. C. 2003. Remineralization of enamel subsurface lesions in situ by sugar-free lozenges containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. *Aust Dent J,* 48**,** 240-3.
- CECCHINI, R. C., ZEZELL, D. M., DE OLIVEIRA, E., DE FREITAS, P. M. & EDUARDO CDE, P. 2005. Effect of Er:YAG laser on enamel acid resistance: morphological and atomic spectrometry analysis. *Lasers Surg Med,* 37**,** 366-72.
- CHANG, N. N., JEW, J. M., SIMON, J. C., CHEN, K. H., LEE, R. C., FRIED, W. A., CHO, J., DARLING, C. L. & FRIED, D. 2017. Influence of multi-wavelength laser irradiation of

enamel and dentin surfaces at 0.355, 2.94, and 9.4 mum on surface morphology, permeability, and acid resistance. *Lasers Surg Med,* 49**,** 913-927.

- CHAPMAN, J. A., ROBERTS, W. E., ECKERT, G. J., KULA, K. S. & GONZALEZ-CABEZAS, C. 2010. Risk factors for incidence and severity of white spot lesions during treatment with fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 1.94-188 ،38
- CHEN, C. C. & HUANG, S. T. 2009. The effects of lasers and fluoride on the acid resistance of decalcified human enamel. *Photomed Laser Surg,* 27**,** 447-52.
- CHIMELLO, D. T., SERRA, M. C., RODRIGUES, A. L., JR., PECORA, J. D. & CORONA, S. A. 2008. Influence of cavity preparation with Er:YAG Laser on enamel adjacent to restorations submitted to cariogenic challenge in situ: a polarized light microscopic analysis. *Lasers Surg Med,* 40**,** 634-43.
- CHIN-YING, S. H., XIAOLI, G., JISHENG, P. & WEFEL, J. S. 2004. Effects of CO2 laser on fluoride uptake in enamel. *J Dent,* 32**,** 161-7.
- COCHRAN, J. A., KETLEY, C. E., ARNADOTTIR, I. B., FERNANDES, B., KOLETSI-KOUNARI, H., OILA, A. M., VAN LOVEREN, C., WHELTON, H. P. & O'MULLANE, D. M. 2004a. A comparison of the prevalence of fluorosis in 8-year-old children from seven European study sites using a standardized methodology. *Community Dent Oral Epidemiol,* 32 Suppl 1**,** 28-33.
- COCHRAN, J. A., KETLEY, C. E., SANCHES, L., MAMAI-HOMATA, E., OILA, A. M., ARNADOTTIR, I. B., VAN LOVEREN, C., WHELTON, H. P. & O'MULLANE, D. M. 2004b. A standardized photographic method for evaluating enamel opacities including fluorosis. *Community Dent Oral Epidemiol,* 32 Suppl 1**,** 19-27.
- COCHRANE, N. J., CAI, F., HUQ, N. L., BURROW, M. F. & REYNOLDS, E. C. 2010. New approaches to enhanced remineralization of tooth enamel. *J Dent Res,* 89**,** 1187-97.
- COHEN, J., FEATHERSTONE, J. D., LE, C. Q., STEINBERG, D. & FEUERSTEIN, O. 2014. Effects of CO2 laser irradiation on tooth enamel coated with biofilm. *Lasers Surg Med,* 46**,** 216-23.
- CORREA-AFONSO, A. M., CICONNE-NOGUEIRA, J. C., PECORA, J. D. & PALMA-DIBB, R. G. 2012. In vitro assessment of laser efficiency for caries prevention in pits and fissures. *Microsc Res Tech,* 75**,** 245-52.

- CORTES, D. F., ELLWOOD, R. P. & EKSTRAND, K. R. 2003. An in vitro comparison of a combined FOTI/visual examination of occlusal caries with other caries diagnostic methods and the effect of stain on their diagnostic performance. *Caries Res,* 37**,** 8-16.
- CROSS, K. J., HUQ, N. L., STANTON, D. P., SUM, M. & REYNOLDS, E. C. 2004. NMR studies of a novel calcium, phosphate and fluoride delivery vehicle-alpha(S1)-casein(59-79) by stabilized amorphous calcium fluoride phosphate nanocomplexes. *Biomaterials,* 25**,** 5061-9.

(D)

- DA SILVA TAGLIAFERRO, E. P., RODRIGUES, L. K., SOARES, L. E., MARTIN, A. A. & NOBRE-DOS-SANTOS, M. 2009. Physical and compositional changes on demineralized primary enamel induced by CO2 Laser. *Photomed Laser Surg,* 27**,** 585-90.
- DAVIDSON, C. L. & BEKKE-HOEKSTRA, I. S. 1980. The resistance of superficially sealed enamel to wear and carious attack in vitro. *J Oral Rehabil,* 7**,** 299-305.
- DE JOSSELIN DE JONG, E., SUNDSTROM, F., WESTERLING, H., TRANAEUS, S., TEN BOSCH, J. J. & ANGMAR-MANSSON, B. 1995. A new method for in vivo quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res,* 29**,** 2-7.
- DE SOUZA-E-SILVA, C. M., PARISOTTO, T. M., STEINER-OLIVEIRA, C., KAMIYA, R. U., RODRIGUES, L. K. & NOBRE-DOS-SANTOS, M. 2013. Carbon dioxide laser and bonding materials reduce enamel demineralization around orthodontic brackets. *Lasers Med Sci,* 28**,** 111-8.
- DEDERICH, D. N. 1993. Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *The Journal of the American Dental Association,* 124**,** 57-61.
- ENAIA, M., BOCK, N. & RUF, S. 2011. White-spot lesions during multi-bracket appliance treatment: A challenge for clinical excellence. *Am J Orthod Dent facial Orthop,* 140**,** e17-24.

(E)

- ESTEVES-OLIVEIRA, M., EL-SAYED, K. F., DORFER, C. & SCHWENDICKE, F. 2017a. Impact of combined CO2 laser irradiation and fluoride on enamel and dentin biofilm-induced mineral loss. *Clin Oral Investig,* 21**,** 1243-1250.

- ESTEVES-OLIVEIRA, M., PASAPORTI, C., HEUSSEN, N., EDUARDO, C., LAMPERT, F. & APEL, C. 2011a. *Prevention of toothbrushing abrasion of acid-softened enamel by CO2 laser irradiation*.
- ESTEVES-OLIVEIRA, M., PASAPORTI, C., HEUSSEN, N., EDUARDO, C. P., LAMPERT, F. & APEL, C. 2011b. Prevention of toothbrushing abrasion of acid-softened enamel by CO(2) laser irradiation. *J Dent,* 39**,** 604-11.
- ESTEVES-OLIVEIRA, M., PASAPORTI, C., HEUSSEN, N., EDUARDO, C. P., LAMPERT, F. & APEL, C. 2011c. Rehardening of acid-softened enamel and prevention of enamel softening through CO2 laser irradiation. *J Dent,* 39**,** 414-21.
- ESTEVES-OLIVEIRA, M., WOLLGARTEN, S., LIEBEGALL, S., JANSEN, P., BILANDZIC, M., MEYER-LUECKEL, H., FISCHER, H., STOLLENWERK, J. & POPRAWE, R. 2017b. A New Laser-Processing Strategy for Improving Enamel Erosion Resistance. *J Dent Res,* 96**,** 1168-1175.
- ESTEVES-OLIVEIRA, M., ZEZELL, D. M., MEISTER, J., FRANZEN, R., STANZEL, S., LAMPERT, F., EDUARDO, C. P. & APEL, C. 2009. CO2 Laser (10.6 microm) parameters for caries prevention in dental enamel. *Caries Res,* 43**,** 261-8.

(F)

- FARHADIAN, N., REZAEI-SOUFI, L., JAMALIAN, S. F., FARHADIAN, M., TAMASOKI, S., MALEKSHOAR, M. & JAVANSHIR, B. 2017. Effect of CPP-ACP paste with and without CO2 laser irradiation on demineralized enamel microhardness and bracket shear bond strength. *Dental Press J Orthod,* 22**,** 53-60.
- FEATHERSTONE, J. D. 2000. Caries detection and prevention with laser energy. *Dent Clin North Am,* 44**,** 955-69, ix.
- FEATHERSTONE, J. D., BARRETT-VESPONE, N. A., FRIED, D., KANTOROWITZ, Z. & SEKA, W. 1998. CO2 laser inhibitor of artificial caries-like lesion progression in dental enamel. *J Dent Res,* 77**,** 1397-403.
- FEKRAZAD, R., NAJAFI, A., MAHFAR, R., NAMDARI, M. & AZARSINA, M. 2017. Comparison of enamel remineralization potential after application of titanium tetra fluoride and carbon dioxide laser. *Laser Ther,* 26**,** 113-119.

- FENG, C. H. & CHU, X. Y. 2013. [Efficacy of one year treatment of icon infiltration resin on post-orthodontic white spots]. *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban,* 45**,** 40-3.
- FONTANA, M. 2016. Enhancing Fluoride: Clinical Human Studies of Alternatives or Boosters for Caries Management. *Caries Res,* 50 Suppl 1**,** 22-37.
- FRIED, D., GLENA, R. E., FEATHERSTONE, J. D. & SEKA, W. 1997. Permanent and transient changes in the reflectance of CO2 laser-irradiated dental hard tissues at lambda = 9.3, 9.6, 10.3, and 10.6 microns and at fluences of 1-20 J/cm2. *Lasers Surg Med,* 20**,** 22-31.
- FRIED, D., ZUERLEIN, M. J., LE, C. Q. & FEATHERSTONE, J. D. 2002. Thermal and chemical modification of dentin by 9-11-microm CO2 laser pulses of 5-100-micros duration. *Lasers Surg Med,* 31**,** 275-82.

(G)

- GEIGER, A. M., GORELICK, L., GWINNETT, A. J. & BENSON, B. J. 1992. Reducing white spot lesions in orthodontic populations with fluoride rinsing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 101**,** 403-7.
- GEIGER, A. M., GORELICK, L., GWINNETT, A. J. & GRISWOLD, P. G. 1988. The effect of a fluoride program on white spot formation during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 93**,** 29-37.
- GERALDO-MARTINS, V. R., LEPRI, C. P. & PALMA-DIBB, R. G. 2013. Influence of Er,Cr:YSGG laser irradiation on enamel caries prevention. *Lasers Med Sci,* 28**,** 33-9.
- GIMENEZ, T., PIOVESAN, C., BRAGA, M. M., RAGGIO, D. P., DEERY, C., RICKETTS, D. N., EKSTRAND, K. R. & MENDES, F. M. 2015. Visual Inspection for Caries Detection: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res,* 94**,** 895-904.
- GOLDSTEIN, J. 2003. *Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis,* New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- GOMEZ, J. 2015. Detection and diagnosis of the early caries lesion. *BMC Oral Health,* 15 Suppl 1**,** S3.
- GOMEZ, J., TELLEZ, M., PRETTY, I. A., ELLWOOD, R. P. & ISMAIL, A. I. 2013. Non-cavitated carious lesions detection methods: a systematic review. *Community Dent Oral Epidemiol,* 41**,** 54-66.

- GONZALEZ, C., ZAKARIASEN, K., DEDERICH, D. & PRUHS, R. 1995. Potential preventive and therapeutic hard-tissue applications of CO2, Nd: YAG and argon lasers in dentistry: a review. *ASDC journal of dentistry for children,* 63**,** 196-207.
- GONZALEZ, C. D., ZAKARIASEN, K. L., DEDERICH, D. N. & PRUHS, R. J. 1996. Potential preventive and therapeutic hard-tissue applications of CO2, Nd:YAG and argon lasers in dentistry: a review. *ASDC J Dent Child,* 63**,** 196-207.
- GORELICK, L., GEIGER, A. M. & GWINNETT, A. J. 1982. Incidence of white spot formation after bonding and banding. *Am J Orthod,* 81**,** 93-8.
- GORTON, J. & FEATHERSTONE, J. D. 20 .03In vivo inhibition of demineralization around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 123**,** 10-4.

(H)

- HALS, E. & SIMONSEN, L. T. 1972. Histopathology of experimental in vivo caries around silver amalgam fillings. *Caries Res,* 6**,** 16-33.
- HARAZAKI, M., HAYAKAWA, K., FUKUI, T., ISSHIKI, Y. & POWELL, L. G. 2001. The Nd-YAG laser is useful in prevention of dental caries during orthodontic treatment. *Bull Tokyo Dent Coll,* 42**,** 79-86.
- HE, W. D., LIU, Y. Z., XU, Y. Y. & CHEN, D. 2010. [Study on application of CPP-ACP on tooth mineralization during orthodontic treatment with fixed appliance]. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue,* 19**,** 140-3.
- HEINRICH-WELTZIEN, R., KUHNISCH, J., IFLAND, S., TRANAEUS, S., ANGMAR-MANSSON, B. & STOSSER, L. 2005. Detection of initial caries lesions on smooth surfaces by quantitative light-induced fluorescence and visual examination: an in vivo comparison. *Eur J Oral Sci,* 113**,** 494-8.
- HEYMANN, G. C. & GRAUER, D. 2013. A contemporary review of white spot lesions in orthodontics. *J Esthet Restor Dent,* 25**,** 85-95.
- HICKS, J., WINN, D., 2ND, FLAITZ, C. & POWELL, L. 2004. In vivo caries formation in enamel following argon laser irradiation and combined fluoride and argon laser treatment: a clinical pilot study. *Quintessence Int,* 35**,** 15-20.
- HOSOYA, Y., TAGUCHI, T. & TAY, F. R. 2007. Evaluation of a new caries detecting dye for primary and permanent carious dentin. *J Dent,* 35**,** 137-43.

- HOUWINK, B. & WAGG, B. J. 1979. Effect of fluoride dentifrice usage during infancy upon enamel mottling of the permanent teeth. *Caries Res,* 13**,** 231-7.
- HSU, C. Y., JORDAN, T. H., DEDERICH, D. N. & WEFEL, J. S. 2000. Effects of low-energy CO2 laser irradiation and the organic matrix on inhibition of enamel demineralization. *J Dent Res,* 79**,** 1725-30.
- HSU, C. Y., JORDAN, T. H., DEDERICH, D. N. & WEFEL, J. S. 2001. Laser-matrix-fluoride effects on enamel demineralization. *J Dent Res,* 80**,** 1797-801.
- HSU, D. J., DARLING, C. L., LACHICA, M. M. & FRIED, D. 2008. Nondestructive assessment of the inhibition of enamel demineralization by CO2 laser treatment using polarization sensitive optical coherence tomography. *J Biomed Opt,* 13**,** 054027
- HSU, J., FOX, J. L., WANG, Z., POWELL, G. L., OTSUKA, M. & HIGUCHI, W. I. 1998. Combined effects of laser irradiation/solution fluoride ion on enamel demineralization. *J Clin Laser Med Surg,* 16**,** 93-105.
- HUYSMANS, M. C. & LONGBOTTOM, C. 2004. The challenges of validating diagnostic methods and selecting appropriate gold standards. *J Dent Res,* 83 Spec No C**,** C48-52.

(I)

- IIJIMA, Y., CAI, F., SHEN, P., WALKER, G., REYNOLDS, C. & REYNOLDS, E. C. 2004. Acid resistance of enamel subsurface lesions remineralized by a sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. *Caries Res,* 38**,** 551-6.
- ISMAIL, A. I., SOHN, W., TELLEZ, M., AMAYA, A., SEN, A., HASSON, H. & PITTS, N. B. 2007. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol,* 35**,** 170-8.

(J)

- JULIEN, K. C., BUSCHANG, P. H. & CAMPBELL, P. M. 2013. Prevalence of white spot lesion formation during orthodontic treatment. *Angle Orthod,* 83**,** 641-7.

(K)

- KANTOROWITZ, Z., FEATHERSTONE, J. D. & FRIED, D. 1998. Caries prevention by CO2 laser treatment: dependency on the number of pulses used. *J Am Dent Assoc,* 129**,** 585-91.

- KIM, J. W., CHAN, K. H. & FRIED, D. 2016a. Evaluation of enamel surface modification using PS-OCT after laser treatment to increase resistance to demineralization. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng,* 9692.
- KARANDISH, M. 2014. The efficiency of laser application on the enamel surface: a systematic review. *J Lasers Med Sci,* 5**,** 108-14.
- KATO, I. T., KOHARA, E. K., SARKIS, J. E. & WETTER, N. U. 2006. Effects of 960-nm diode laser irradiation on calcium solubility of dental enamel: an in vitro study. *Photomed Laser Surg,* 24**,** 689-93.
- KAUR, T., TRIPATHI, T., RAI, P. & KANASE, A. 2017. SEM Evaluation of Enamel Surface Changes and Enamel Microhardness around Orthodontic Brackets after Application of CO2 Laser, Er,Cr:YSGG Laser and Fluoride Varnish: An In vivo Study. *J Clin Diagn Res,* 11**,** Zc59-zc63.
- KECIK, D., CEHRELI, S. B., SAR, C. & UNVER, B. 2008. Effect of acidulated phosphate fluoride and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate application on shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod,* 78**,** 129-33.
- KHALAF, K. 2014. Factors Affecting the Formation, Severity and Location of White Spot Lesions during Orthodontic Treatment with Fixed Appliances. *J Oral Maxillofac Res,* 5**,** e4.
- KHOROUSHI, M. & KACHUIE, M. 2017. Prevention and Treatment of White Spot Lesions in Orthodontic Patients. *Contemp Clin Dent,* 8**,** 11-19.
- KIDD, E. A .M. & FEJERSKOV, O. 2004. What Constitutes Dental Caries? Histopathology of Carious Enamel and Dentin Related to the Action of Cariogenic Biofilms. *Journal of Dental Research,* 83**,** 35-38.
- KIM, J. W., CHAN, K. H. & FRIED, D. 2016a. Evaluation of enamel surface modification using PS-OCT after laser treatment to increase resistance to demineralization. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng,* 9692.
- KIM, J. W., LEE, R., CHAN, K. H., JEW, J. M. & FRIED, D. 2017. Influence of a pulsed CO2 laser operating at 9.4 mum on the surface morphology, reflectivity, and acid resistance of dental enamel below the threshold for melting. *J Biomed Opt,* 22**,** 28001.
- KIM, S., KATCHOOI, M., BAYIRI, B., SARIKAYA, M., KORPAK, A. M. & HUANG, G. J. 2016b. Predicting improvement of postorthodontic white spot lesions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 149**,** 625-33.

- KIRSCHNECK, C., CHRISTL, J. J., REICHENEDER, C. & PROFF, P. 2016. Efficacy of fluoride varnish for preventing white spot lesions and gingivitis during orthodontic treatment with fixed appliances-a prospective randomized controlled trial. *Clin Oral Investig,* 20**,** 2371-2378.
- KUTSCH, V. K. 1993. Lasers in dentistry: comparing wavelengths. *The Journal of the American Dental Association,* 124**,** 49-54.
- KWON, Y. H., KWON, O. W., KIM, H. I. & KIM, K. H. 2003. Nd:YAG laser ablation of enamel for orthodontic use: tensile bond strength and surface modification. *Dent Mater J,* 22**,** 397-403.
- KWON, Y. H., LEE, J. S., CHOI, Y. H., LEE, J. M. & SONG, K. B. 2005. Change of enamel after Er:YAG and CO2 laser irradiation and fluoride treatment. *Photomed Laser Surg,* 23**,** 389-94.

(L)

- LEE, R., CHAN, K. H., JEW, J., SIMON, J. C. & FRIED, D. 2017. Synergistic effect of fluoride and laser irradiation for the inhibition of the demineralization of dental enamel. *Proc SPIE Int Soc Opt Eng,* 10044.
- LONGBOTTOM, C. & HUYSMANS, M. C. 2004. Electrical measurements for use in caries clinical trials. *J Dent Res,* 83 Spec No C**,** C76-9.
- LOPATIENE, K., BORISOVAITE, M. & LAPENAITE, E. 2016. Prevention and Treatment of White Spot Lesions During and After Treatment with Fixed Orthodontic Appliances: a Systematic Literature Review. *J Oral Maxillofac Res,* 7**,** e1.
- LUCCHESE, A. & GHERLONE, E. 2013. Prevalence of white-spot lesions before and during orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod,* 35**,** 664-8.
- LUNDSTROM, F. & KRASSE, B. 1987. Streptococcus mutans and lactobacilli frequency in orthodontic patients; the effect of chlorhexidine treatments. *Eur J Orthod,* 9**,** 109-16.

(M)

- MAHMOUD, G., PRETTY, I., GORDON, P. & MCCABE, J. 2007. Effect of fluoride-release on Enamel de-mineralisation adjacent to orthodontic brackets. *BSDR. Durham, UK*.

- MARCUSSON, A., NOREVALL, L. I. & PERSSON, M. 1997. White spot reduction when using glass ionomer cement for bonding in orthodontics: a longitudinal and comparative study. *Eur J Orthod,* 19**,** 233-42.
- MARINHO, V. C. 2009. Cochrane reviews of randomized trials of fluoride therapies for preventing dental caries. *Eur Arch Paediatr Dent,* 10**,** 183-91.
- MARINHO, V. C., WORTHINGTON, H. V., WALSH, T. & CLARKSON, J. E. 2013. Fluoride varnishes for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev***,** Cd002279.
- MATHEW, A., REDDY, N. V., SUGUMARAN, D. K., PETER, J., SHAMEER, M. & DAURAVU, L. M. 2013. Acquired acid resistance of human enamel treated with laser (Er:YAG laser and Co2 laser) and acidulated phosphate fluoride treatment: An in vitro atomic emission spectrometry analysis. *Contemp Clin Dent,* 4**,** 170-5.
- MATTICK, C. R., MITCHELL, L., CHADWICK, S. M. & WRIGHT, J. 2001. Fluoride-releasing elastomeric modules reduce decalcification: a randomized controlled trial. *J Orthod,* 28**,** 217-9.
- MATTOUSCH, T. J., VAN DER VEEN, M. H. & ZENTNER, A. 2007. Caries lesions after orthodontic treatment followed by quantitative light-induced fluorescence: a 2-year follow-up. *Eur J Orthod,* 29**,** 294-8.
- MCCABE, J. F., YAN, Z., AL NAIMI, O. T., MAHMOUD, G. & ROLLAND, S. L. 2011. Smart materials in dentistry. *Aust Dent J,* 56 Suppl 1**,** 3-10.
- MELLBERG, J. R. 1992. Hard-tissue substrates for evaluation of cariogenic and anti-cariogenic activity in situ. *J Dent Res,* 71 Spec No**,** 913-9.
- MELROSE, C. A., APPLETON, J. & LOVIUS, B. B. 1996. A scanning electron microscopic study of early enamel caries formed in vivo beneath orthodontic bands. *Br J Orthod,* 23**,** 43-7.
- MEURMAN, J. H., HEMMERLE, J., VOEGEL, J. C., RAUHAMAA-MAKINEN, R. & LUOMANEN, M. 1997. Transformation of hydroxyapatite to fluorapatite by irradiation with high-energy CO2 laser. *Caries Res,* 31**,** 397-400.
- MIETHKE, R. R. 1997. Comment on determination of fluoride from ligature ties. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 111**,** 33a.

- MIRESMAEILI, A., FARHADIAN, N., REZAEI-SOUFI, L., SAHARKHIZAN, M. & VEISI, M. 2014. Effect of carbon dioxide laser irradiation on enamel surface microhardness around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 146**,** 161-5.
- MIRHASHEMI, A. H., HAKIMI, S., AHMAD AKHOUNDI, M. S. & CHINIFORUSH, N. 2016. Prevention of Enamel Adjacent to Bracket Demineralization Following Carbon Dioxide Laser Radiation and Titanium Tetra Fluoride Solution Treatment: An In Vitro Study. *J Lasers Med Sci*, 7**,** 192-196.
- MITCHELL, L. 1992. An investigation into the effect of a fluoride releasing adhesive on the prevalence of enamel surface changes associated with directly bonded orthodontic attachments. *Br J Orthod,* 19**,** 207-14.
- MIZRAHI, E. 1982. Enamel demineralization following orthodontic treatment. *Am J Orthod,* 82**,** 62-7.
- MORRIER, J. J. 2014. [White spot lesions and orthodontic treatment. Prevention and treatment]. *Orthod Fr,* 85**,** 235-44.

(N)

- NAKAGAKI, S., IIJIMA, M., ENDO, K., SAITO, T. & MIZOGUCHI, I. 2015. Effects of CO2 laser irradiation combined with fluoride application on the demineralization, mechanical properties, structure, and composition of enamel. *Dent Mater J,* 34**,** 287-93.
- NELSON, D. G., WEFEL, J. S., JONGEBLOED, W. L. & FEATHERSTONE, J. D. 1987. Morphology, histology and crystallography of human dental enamel treated with pulsed low-energy infrared laser radiation. *Caries Res,* 21**,** 411-26.
- NEUHAUS, K. W., LONGBOTTOM, C., ELLWOOD, R. & LUSSI, A. 2009. Novel lesion detection aids. *Monogr Oral Sci,* 21**,** 52-62.
- NOGUEIRA, V. K. C. & BUSSANELI, D. G. 2017. Caries treatment decisions among undergraduate and postgraduate students supported by visual detection systems.
- NOKHBATOLFOGHAHAIE, H., ALIKHASI, M., CHINIFORUSH, N., KHOEI, F., SAFAVI, N. & YAGHOUB ZADEH, B. 2013. Evaluation of Accuracy of DIAGNOdent in Diagnosis of Primary and Secondary Caries in Comparison to Conventional Methods. *J Lasers Med Sci,* 4**,** 159-67.

- NYVAD, B., MACHIULSKIENE, V. & BAELUM, V. 1999. Reliability of a new caries diagnostic system differentiating between active and inactive caries lesions. *Caries Res,* 33**,** 252-60.

(O)

- O'REILLY, M. M. & FEATHERSTONE, J. D. 1987. Demineralization and remineralization around orthodontic appliances: an in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 92**,** 33-40.
- OGAARD, B. 1989. Prevalence of white spot lesions in 19-year-olds: a study on untreated and orthodontically treated persons 5 years after treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 96**,** 423-7.
- OGAARD, B., ROLLA, G. & ARENDS, J. 1988. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 1. Lesion development. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 94**,** 68-73.
- ØGAARD, B. 2008. White Spot Lesions During Orthodontic Treatment: Mechanisms and Fluoride Preventive Aspects. *Seminars in Orthodontics,* 14**,** 183-193.
- ØGAARD, B. 2001. *Oral microbiological changes, long-term enamel alterations due to decalcification, and caries prophylactic aspects*.
- ØGAARD, B. 2008. White Spot Lesions During Orthodontic Treatment: Mechanisms and Fluoride Preventive Aspects. *Seminars in Orthodontics,* 14**,** 183-193.
- OGAARD, B., ARENDS, J., SCHUTHOF, J., ROLLA, G., EKSTRAND, J. & OLIVEBY, A. 1986. Action of fluoride on initiation of early enamel caries in vivo. A microradiographical investigation. *Caries Res,* 20**,** 270-7.
- OGAARD, B., ROLLA, G., DIJKMAN, T., RUBEN, J. & ARENDS, J. 1991. Effect of fluoride mouthrinsing on caries lesion development in shark enamel: an in situ caries model study. *Scand J Dent Res,* 99**,** 372-7.
- OGAARD, B. & TEN BOSCH, J. J. 1994. Regression of white spot enamel lesions. A new optical method for quantitative longitudinal evaluation in vivo. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 106**,** 238-242.
- OLIVI, G., GENOVESE, M. D. & CAPRIOGLIO, C. 2009. Evidence-based dentistry on laser paediatric dentistry: review and outlook. *Eur J Paediatr Dent,* 10**,** 29-40.

(P)

- PASCOTTO, R. C., NAVARRO, M. F., CAPELOZZA FILHO, L. & CURY, J. A. 2004. In vivo effect of a resin-modified glass ionomer cement on enamel demineralization around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 125**,** 36-41.
- PASSALINI, P., FIDALGO, T. K. D. S., CALDEIRA, E. M., GLEISER, R., NOJIMA, M. D. C. G. & MAIA, L. C. 2010. Preventive effect of fluoridated orthodontic resins subjected to high cariogenic challenges. *Brazilian Dental Journal,* 21**,** 211-215.
- PATEL, C. 1964. Selective Excitation Through Vibrational Energy Transfer and Optical Maser Action in N 2-C O 2. *Physical Review Letters,* 13**,** 617.
- PAULOS, R. S., SEINO, P. Y., FUKUSHIMA, K. A., MARQUES, M. M., DE ALMEIDA, F. C. S., RAMALHO, K. M., DE FREITAS, P. M., BRUGNERA, A. J. & MOREIRA, M. S. 2017. Effect of Nd:YAG and CO2 Laser Irradiation on Prevention of Enamel Demineralization in Orthodontics: In Vitro Study. *Photomed Laser Surg,* 35**,** 282-286.
- PERRINI, F., LOMBARDO, L., ARREGHINI, A., MEDORI, S. & SICILIANI, G. 2016. Caries prevention during orthodontic treatment: In-vivo assessment of high-fluoride varnish to prevent white spot lesions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 149**,** 238-43.
- PICK, R. M. 1993. Using Lasers in Clinical Denial Practice. *The Journal of the American Dental Association,* 124**,** 37-47.
- PINELLI, C., CAMPOS SERRA, M. & DE CASTRO MONTEIRO LOFFREDO, L. 2002. Validity and reproducibility of a laser fluorescence system for detecting the activity of white-spot lesions on free smooth surfaces in vivo. Caries Res, 36, 19-24
- PITHON, M. M., SANTOS MDE, J., DE SOUZA, C. A., LEAO FILHO, J. C., BRAZ, A. K., DE ARAUJO, R. E., TANAKA, O. M. & OLIVEIRA, D. D. 2015. Effectiveness of fluoride sealant in the prevention of carious lesions around orthodontic brackets: an OCT evaluation. *Dental Press J Orthod,* 20**,** 37-42.
- PITTS, N. B. 1993. Current methods and criteria for caries diagnosis in Europe. *J Dent Educ,* 57**,** 409-14.
- POOSTI, M., AHRARI, F., MOOSAVI, H. & NAJJARAN, H. 2014. The effect of fractional CO2 laser irradiation on remineralization of enamel white spot lesions. *Lasers Med Sci,* 29**,** 1349-55.

- PRETTY, I. A., PENDER, N., EDGAR, W. M. & HIGHAM, S. M. 2003. The in vitro detection of early enamel de- and re-mineralization adjacent to bonded orthodontic cleats using quantitative light-induced fluorescence. *Eur J Orthod,* 25**,** 217-23.

(Q)

- QIAO, L. Y., YU, J. T. & JIA, X. Y. 2005. [A study on acquired acid resistance of enamel and dentine irradiated by Er, Cr: YSGG laser in vitro]. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi,* 40**,** 34-7.

(R)

- RAMALHO, K. M., EDUARDO CDE, P., HEUSSEN, N., ROCHA, R. G., LAMPERT, F., APEL, C. & ESTEVES-OLIVEIRA, M. 2013. Protective effect of CO2 laser (10.6 mum) and fluoride on enamel erosion in vitro. *Lasers Med Sci,* 28**,** 71-8.
- RAWLS, H. R. & OWEN, W. D. 1978. Demonstration of dye-uptake as a potential aid in early diagnosis of incipient caries. *Caries Res,* 12**,** 69-75.
- RECHMANN, P., CHARLAND, D. A., RECHMANN, B. M., LE, C. Q. & FEATHERSTONE, J. D. 2013. In-vivo occlusal caries prevention by pulsed CO2 -laser and fluoride varnish treatment--a clinical pilot study. *Lasers Surg Med,* 45**,** 302-10.
- RECHMANN, P., FRIED, D., LE, C. Q., NELSON, G., RAPOZO-HILO, M., RECHMANN, B. M. & FEATHERSTONE, J. D. 2011. Caries inhibition in vital teeth using 9.6-mum CO2-laser irradiation. *J Biomed Opt,* 16**,** 071405.
- REYNOLDS, E. C. 1997. Remineralization of enamel subsurface lesions by casein phosphopeptide-stabilized calcium phosphate solutions. *J Dent Res,* 76**,** 1587-95.
- REYNOLDS, E. C. 2009. Casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate: the scientific evidence. *Adv Dent Res,* 21**,** 25-9.
- REZAEI, Y., BAGHERI, H. & ESMAEILZADEH, M. 2011. Effects of laser irradiation on caries prevention. *Journal of Lasers in Medical Sciences,* 2**,** 159.
- RICHTER, A. E., ARRUDA, A. O., PETERS, M. C. & SOHN, W. 2011. Incidence of caries lesions among patients treated with comprehensive orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 139**,** 657-64.

- RICKETTS, D. N., KIDD, E. A., LIEPINS, P. J. & WILSON, R. F. 1996. Histological validation of electrical resistance measurements in the diagnosis of occlusal caries. *Caries Res,* 30**,** 148-55.
- ROBERTSON, A. J. & TOUMBA, K. J. 1999. Cross-polarized photography in the study of enamel defects in dental paediatrics. *J Audiov Media Med,* 22**,** 63-70.
- ROBERTSON, M. A., KAU, C. H., ENGLISH, J. D., LEE, R. P., POWERS, J. & NGUYEN, J. T. 2011. MI Paste Plus to prevent demineralization in orthodontic patients: a prospective randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 140**,** 660-8.
- RODRIGUES, L. K., NOBRE DOS SANTOS, M. & FEATHERSTONE, J. D. 2006. In situ mineral loss inhibition by CO2 laser and fluoride. *J Dent Res,* 85**,** 617-21.
- RODRIGUES, L. K., NOBRE DOS SANTOS, M., PEREIRA, D., ASSAF, A. V. & PARDI, V. 2004. Carbon dioxide laser in dental caries prevention. *J Dent,* 32**,** 531-40.
- RODRIGUES, L. K. A., DE FREITAS, P. M. & NOBRE-DOS-SANTOS, M. 2015. Lasers in caries prevention. *Lasers in Dentistry: Guide for Clinical Practice***,** 126.
- RODRIGUEZ-VILCHIS, L. E., CONTRERAS-BULNES, R., OLEA-MEJIA, O. F., SANCHEZ-FLORES, I. & CENTENO-PEDRAZA, C. 2011. Morphological and structural changes on human dental enamel after Er:YAG laser irradiation: AFM, SEM, and EDS evaluation. *Photomed Laser Surg,* 29**,** 493-500.
- ROSENBLOOM, R. G. & TINANOFF, N. 1991. Salivary Streptococcus mutans levels in patients before, during, and after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 100**,** 35-7.
- RUSSELL, A. 1961. The differential diagnosis of fluoride and nonfluoride enamel opacities. *Journal of Public Health Dentistry,* 21**,** 143-146.

(S)

- SAGARIKA, N., SUCHINDRAN, S., LOGANATHAN, S. & GOPIKRISHNA, V. 2012. Prevalence of white spot lesion in a section of Indian population undergoing fixed orthodontic treatment: An in vivo assessment using the visual International Caries Detection and Assessment System II criteria. *J Conserv Dent,* 15**,** 104-8.

- SCHMIDLIN, P. R., DORIG, I., LUSSI, A., ROOS, M. & IMFELD, T. 2007. CO2 laser-irradiation through topically applied fluoride increases acid resistance of demineralised human enamel in vitro. *Oral Health Prev Dent,* 5**,** 201-8.
- SEINO, P. Y., FREITAS, P. M., MARQUES, M. M., DE SOUZA ALMEIDA, F. C., BOTTA, S. B. & MOREIRA, M. S. 2015. Influence of CO2 (10.6 mum) and Nd:YAG laser irradiation on the prevention of enamel caries around orthodontic brackets. *Lasers Med Sci,* 30**,** 611-6.
- SHEN, P., CAI, F., NOWICKI, A., VINCENT, J. & REYNOLDS, E. C. 2001. Remineralization of enamel subsurface lesions by sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. *J Dent Res,* 80**,** 2066-70.
- SHI, X. Q., TRANAEUS, S. & ANGMAR-MANSSON, B. 2001. Validation of DIAGNOdent for quantification of smooth-surface caries: an in vitro study. *Acta Odontol Scand,* 59**,** 74-8.
- SHI, X. Q., WELANDER, U. & ANGMAR-MANSSON, B. 2000. Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiography: an in vitro comparison. *Caries Res,* 34**,** 151-8.
- SHRESTHA, B. M. 1980. Use of ultraviolet light in early detection of smooth surface carious lesions in rats. *Caries Res,* 14**,** 448-51.
- SHUNGIN, D., OLSSON, A. I. & PERSSON, M. 2010. Orthodontic treatment-related white spot lesions: a 14-year prospective quantitative follow-up, including bonding material assessment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 138**,** 136.e1-8; discussion 136-7.
- SONIS, A. L. & SNELL, W. 1989. An evaluation of a fluoride-releasing, visible light-activated bonding system for orthodontic bracket placement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 95**,** 306-11.
- SOUZA-GABRIEL, A. E., COLUCCI, V., TURSSI, C. P., SERRA, M. C. & CORONA, S. A. 2010. Microhardness and SEM after CO(2) laser irradiation or fluoride treatment in human and bovine enamel. *Microsc Res Tech,* 73**,** 1030-5.
- SOUZA-GABRIEL, A. E., TURSSI, C. P., COLUCCI, V., TENUTA, L. M., SERRA, M. C. & CORONA, S. A. 2015. In situ study of the anticariogenic potential of fluoride varnish combined with CO2 laser on enamel. *Arch Oral Biol,* 60**,** 804-10.
- STANGLER, L. P., ROMANO, F. L., SHIROZAKI, M. U., GALO, R., AFONSO, A. M., BORSATTO, M. C. & MATSUMOTO, M. A. 2013. Microhardness of enamel adjacent to

orthodontic brackets after CO2 laser irradiation and fluoride application. *Braz Dent J,* 24**,** 508-12.

- STEINER-OLIVEIRA, C., NOBRE-DOS-SANTOS, M., ZERO, D. T., ECKERT, G. & HARA, A. T. 2010. Effect of a pulsed CO2 laser and fluoride on the prevention of enamel and dentine erosion. *Arch Oral Biol,* 55**,** 127-33.
- STEINER-OLIVEIRA, C., RODRIGUES, L. K., LIMA, E. B. & NOBRE-DOS-SANTOS, M. 2008. Effect of the CO2 laser combined with fluoridated products on the inhibition of enamel demineralization. *J Contemp Dent Pract,* 9**,** 113-21.
- STEINER-OLIVEIRA, C., RODRIGUES, L. K., SOARES, L. E., MARTIN, A. A., ZEZELL, D. M. & NOBRE-DOS-SANTOS, M. 2006. Chemical, morphological and thermal effects of 10.6-microm CO2 laser on the inhibition of enamel demineralization. *Dent Mater J,* 25**,** 455-62.
- STERN, R. H., VAHL, J. & SOGNNAES, R. F. 1972. Lased enamel: ultrastructural observations of pulsed carbon dioxide laser effects. *J Dent Res,* 51**,** 455-60.
- STRANG, R., DAMATO, F. A., CREANOR, S. L. & STEPHEN, K. W. 1987. The effect of baseline lesion mineral loss on in situ remineralization. *J Dent Res,* 66**,** 1644-6.
- STRATEMANN, M. W. & SHANNON, I. L. 1974. Control of decalcification in orthodontic patients by daily self-administered application of a water-free 0.4 per cent stannous fluoride gel. *Am J Orthod,* 66**,** 273-9.
- SUDJALIM, T. R., WOODS, M. G. & MANTON, D. J. 2006. Prevention of white spot lesions in orthodontic practice: a contemporary review. *Aust Dent J,* 51**,** 284-9; quiz 347.
- SUNDARARAJ, D., VENKATACHALAPATHY, S., TANDON, A. & PEREIRA, A. 2015. Critical evaluation of incidence and prevalence of white spot lesions during fixed orthodontic appliance treatment: A meta-analysis. *J Int Soc Prev Community Dent,* 5**,** 433-9.
- SWEENEY, C. 2008. Laser safety in dentistry. *General dentistry,* 56**,** 653-9; quiz 660-1, 767.

(T)

- TAGOMORI, S. & MORIOKA, T. 1989. Combined effects of laser and fluoride on acid resistance of human dental enamel. *Caries Res,* 23**,** 225-31.

- TEN BOSCH, J. J., BORSBOOM, P. C. & TEN CATE, J. M. 1980. A nondestructive method for monitoring de- and remineralization of enamel. *Caries Res,* 14**,** 90-5.
- TEN BOSCH, J. J., VAN DER MEI, H. C. & BORSBOOM, P. C. 1984. Optical monitor of in vitro caries. A comparison with chemical and microradiographic determination of mineral loss in early lesions. *Caries Res,* 18**,** 540-7.
- TENUTA, L. M., CEREZETTI, R. V ،.DEL BEL CURY, A. A., TABCHOURY, C. P. & CURY, J. A. 2008. Fluoride release from CaF2 and enamel demineralization. *J Dent Res,* 87**,** 1032-6.
- TOPPING, G. V. & PITTS, N. B. 2009. Clinical visual caries detection. *Monogr Oral Sci,* 21**,** 15-41.
- TORLAKOVIC, L., OLSEN, I., PETZOLD, C., TIAINEN, H. & OGAARD, B. 2012. Clinical color intensity of white spot lesions might be a better predictor of enamel demineralization depth than traditional clinical grading. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 142**,** 191-8.
- TRANAEUS, S., AL-KHATEEB, S., BJORKMAN, S., TWETMAN, S. & ANGMAR-MANSSON, B. 2001. Application of quantitative light-induced fluorescence to monitor incipient lesions in caries-active children. A comparative study of remineralisation by fluoride varnish and professional cleaning. *Eur J Oral Sci,* 109**,** 71-5.
- TRANAEUS, S., LINDGREN, L. E., KARLSSON, L. & ANGMAR-MANSSON, B. 2004. In vivo validity and reliability of IR fluorescence measurements for caries detection and quantification. *Swed Dent J,* 28**,** 173-82.
- TSAI, C. L., LIN, Y. T., HUANG, S. T. & CHANG, H. W. 2002. In vitro acid resistance of CO2 and Nd-YAG laser-treated human tooth enamel. *Caries Res,* 36**,** 423-9.
- TUFEKCI, E., DIXON, J. S., GUNSOLLEY, J. C. & LINDAUER, S. J. 2011. Prevalence of white spot lesions during orthodontic treatment with fixed appliances. *Angle Orthod,* 81**,** 206-10.
- TUFEKCI, E., PENNELLA, D. R., MITCHELL, J. C., BEST, A. M. & LINDAUER, S. J. 2014. Efficacy of a fluoride-releasing orthodontic primer in reducing demineralization around brackets: an in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 146**,** 207-14.
- TURNER, P. J. 1993. The clinical evaluation of a fluoride-containing orthodontic bonding material. *Br J Orthod,* 20**,** 307-13.

(U)

- UYSAL, T., AMASYALI, M., KOYUTURK, A. E. & OZCAN, S. 2010a. Effects of different topical agents on enamel demineralization around orthodontic brackets: an in vivo and in vitro study. *Aust Dent J,* 55**,** 268-74.
- UYSAL, T., AMASYALI, M., OZCAN, S., KOYUTURK, A. E., AKYOL, M. & SAGDIC, D. 2010b. In vivo effects of amorphous calcium phosphate-containing orthodontic composite on enamel demineralization around orthodontic brackets. *Aust Dent J,* 55**,** 285-91.

(V)

- VAN DER VEEN, M. H., MATTOUSCH, T. & BOERSMA, J. G. 2007. Longitudinal development of caries lesions after orthodontic treatment evaluated by quantitative light-induced fluorescence. *Am J Orthod Dentofacial Orthop,* 131**,** 223-8.
- VIEIRA, K. A., STEINER-OLIVEIRA, C., SOARES, L. E., RODRIGUES, L. K. & NOBRE-DOS-SANTOS, M. 2015. In vitro evaluation of enamel demineralization after several overlapping CO2 laser applications. *Lasers Med Sci,* 30**,** 901-7.
- VIVALDI-RODRIGUES, G., DEMITO, C. F., BOWMAN, S. J. & RAMOS, A. L. 2006. The effectiveness of a fluoride varnish in preventing the development of white spot lesions. *World J Orthod,* 7**,** 138-44.

(W)

- WALSH, T., WORTHINGTON, H. V., GLENNY, A. M., APPELBE, P., MARINHO, V. C. & SHI, X. 2010. Fluoride toothpastes of different concentrations for preventing dental caries in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev***,** Cd007868.
- WEFEL, J. S., STANFORD, C. M., AMENT, D. K., HOGAN, M. M., HARLESS, J. D., PFARRER, A. M., RAMSEY, L. L., LEUSCH, M. S. & BIESBROCK, A. R. 2002. In situ evaluation of sodium hexametaphosphate-containing dentifrices. *Caries Res,* 36**,** 122-8.
- WIEGAND, A., MAGALHAES, A. C., NAVARRO, R. S., SCHMIDLIN, P. R., RIOS, D., BUZALAF, M. A. & ATTIN, T. 2010. Effect of titanium tetrafluoride and amine fluoride treatment combined with carbon dioxide laser irradiation on enamel and dentin erosion. *Photomed Laser Surg,* 28**,** 219-26.

- WIGDOR, H. 1997. Patients' perception of lasers in dentistry. *Lasers in surgery and medicine,* 20**,** 47-50.
- WIGDOR, H. A., WALSH, J. T., FEATHERSTONE, J. D., VISURI, S. R., FRIED, D. & WALDVOGEL, J. L. 1995. Lasers in dentistry. *Lasers in surgery and medicine,* 16**,** 103-133.
- WITTEMAN, W. 1989. The CO2 Laser. *Applied Physics A,* 48.

(Z)

- ZABOKOVA-BILBILOVA, E., POPOVSKA, L., KAPUSEVSKA, B. & STEFANOVSKA, E. 2014. White spot lesions: prevention and management during the orthodontic treatment. *Pril (Makedon Akad Nauk Umet Odd Med Nauki),* 35**,** 161-8.
- ZERO, D. T. 1995. In situ caries models. *Adv Dent Res,* 9**,** 214-30; discussion 231-4.
- ZEZELL, D. M., BOARI, H. G. D., ANA, P. A., EDUARDO, C. D. P. & POWELL, G. L. 2009. Nd: YAG laser in caries prevention: a clinical trial. *Lasers in surgery and medicine,* 41**,** 31-35.
- ZUERLEIN, M. J., FRIED, D. & FEATHERSTONE, J. D. 1999. Modeling the modification depth of carbon dioxide laser-treated dental enamel. *Lasers Surg Med,* 25**,** 335-47.

المراجع العربية:

- حرب، راغب. (2016). تقييم التأثير الوقائي لمادة الأيكون في مقاومة انخساف الأملاح المعدنية و تشكل البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية (دراسة مخبرية). رسالة ماجستير، جامعة دمشق، دمشق.

الملخص

Abstract

8- الملخص:

الهدف: تقييم تأثيرالتشعيع بليزر CO2 بطول الموجة 10.6 ميكرومتر على تشكل آفات البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية.

المواد والطرائق: تألفت عينة الدراسة من 26 مريض (520 سن). تم تطبيق ليزر CO2 على الميناء المجاور للحاصرات التقويمية في نصفي فكين علوي وسفلي باتجاهين متعاكسين تم انتقاؤهما عشوائياً لدى كل مريض، بينما تم تطبيق ضوء غير علاجي في النصفين الآخرين كمجموعة شاهدة. شملت المتغيرات الأولية: تشكل البقع البيضاء الملاحظ بالفحص السريريً، تشكل البقع البيضاء ودرجتها حسب مشعر Geiger ومساحتها على الصور الفوتوغرافية، ودرجة انخساف الأملاح المعدنية على جهاز DIAGNOdent Pen. و تم إجراء التقييم في الأزمنة التالية: قبل إلصاق الحاصرات T0، بعد الإلصاق وتطبيق الليزر T1، بعد شهر T2، بعد شهرين T3، وبعد ستة أشهر T4 من تطبيق الليزر.

النتائج: أظهرت النتائج أن كل من تشكل البقع البيضاء الملاحظ بالفحص السريري وعلى الصور الفوتوغرافية، درجة البقع البيضاء حسب مشعر Geiger، ومساحة البقع البيضاء على الصور الفوتوغرافية كانت أقل بشكل جوهري في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة عند الزمنين T3 و T4 ($P<$ 0.0001)، وكانت درجة انخساف الأملاح على DIAGNOdent أقل بشكل جوهري في مجموعة الليزر منها في المجموعة الشاهدة عند جميع أزمنة المراقبة ($P<$ 0.0001).

الاستنتاجات: إن تطبيق ليزر CO2 له دور وقائي فعال في تثبيط تشكل البقع البيضاء خلال المعالجة التقويمية.

الكلمات المفتاحية: ليزر CO2، نقص التمعدن، وقاية، آفات البقع البيضاء، الحاصرات التقويمية.

Abstract:

Objective: To evaluate the clinical effect of 10.6 μm CO2 laser irradiation on the formation of white spot lesions (WSLs) around orthodontic brackets.

Participants: 26 patients, with a total of 520 teeth, were involved in the trial. **Method:** Two reversed quadrant of the dental arches in each patient were randomly selected to have a CO2 laser applied to the enamel around the orthodontic brackets. The other two quadrants received a non-therapeutic light as a control. There was blinding of both patients and assessors in the study. Primary outcomes were; i) WSL formation seen clinically. ii) degree of demineralization detected by DIAGNOdent and iii) WSL frequencies, degree and area measured on digital images. Teeth were examined before bonding (T0), after bonding and laser irradiation (T1), after one month (T2), two months (T3), and six months (T4).

Results: The formation of WSLs in the clinical and photographic examinations was significantly lower in the laser group when observed at two months ($P< 0.0001$), the WSLs areas were significantly lower in the laser group at two months observation time ($P< 0.0001$), and the DIAGNOdent values were significantly lower in the laser group ($P< 0.0001$) at all observation times.

Conclusions: Enamel irradiation with a CO2 laser (at wave length of 10.6 μm) has an inhibitory effect on WSL formation during orthodontic treatments.

Key words: CO2 laser, Demineralisation, Prevention, White spot lesions, Orthodontic brackets.

الملاحق

Appendixes

الملحق رقم 1: نموذج الموافقة الخطية المستنيرة

الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية طب الأسنان

قسم تقويم الأسنان والفكين

تصريح عن موافقة المريض المشاركة ضمن عينة البحث بعنوان:

تحري مقاومة الميناء لتشكل البقع البيضاء حول الحاصرات التقويمية عند تطبيق ليزر CO2: دراسة سريرية مضبوطة معشاة

الاسم الثلاثي:

الجنس:

تاريخ الولادة:

العنوان ورقم الهاتف:

أنا الموقع أدناه السيد(ة).....أوافق على أن أكون أحد أفراد عينة البحث العلمي المذكور أعلاه، الذي يجرى في قسم تقويم الأسنان والفكين في كلية طب الأسنان – جامعة دمشق. وذلك بعد إطلاعي من قبل الباحثة على طبيعة وهدف البحث المجرى والإجراءات المطبقة في سياق المعالجة بالتفصيل، حيث سيتم تطبيق ليزر CO2 في وحدة أبحاث الليزر ثم ستتم مراقبة تشكل البقع البيضاء حول الحاصرات في سياق المعالجة التقويمية الثابتة.

تاريخ / /

اسم وتوقيع المريض

استمارة فحص المريض الخاصة بالبحث

الاسم الثلاثي:

الجنس:

تاريخ الولادة:

العنوان ورقم الهاتف:

أولاً: الفحص السريري البصري:

5	4	3	2	1	1	2	3	4	5		
										T0	علوي
										T1	
										T2	
										T3	
										T4	
										T0	سفلي
										T1	
										T2	
										T3	
										T4	

ثانياً: الفحص بالتصوير:

1. تشكل أو عدم تشكل البقع البيضاء:

5	4	3	2	1	1	2	3	4	5		
										T0	علوي
										T1	
										T2	
										T3	
										T4	
										T0	سفلي
										T1	
										T2	
										T3	
										T4	

2- التقييم حسب مشعر Geiger:

5	4	3	2	1	1	2	3	4	5		
										T0	علوي
										T1	
										T2	
										T3	
										T4	
										T0	سفلي
										T1	
										T2	
										T3	
										T4	

3- نسبة مساحة البقع البيضاء إلى مساحة السطح السني المدروس:

5	4	3	2	1	1	2	3	4	5		
										T0	علوي
										T1	
										T2	
										T3	
										T4	
										T0	سفلي
										T1	
										T2	
										T3	
										T4	

ثالثاً: الفحص بجهاز DIAGNOdent:

5	4	3	2	1	1	2	3	4	5		
										T0	علوي
										T1	
										T2	
										T3	
										T4	
										T0	سفلي
										T1	
										T2	
										T3	
										T4	

تم تسجيل هذه الدراسة في قاعدة الأبحاث السريرية ClinicalTrials.gov (NCT03114475: 2017:
(https://clinicaltrials.gov

