

فعالية تطبيق ليزر Er:YAG باستخدام طريقتي التماس وعدم التماس في فك ارتباط الوجوه الخزفية (دراسة مخبرية)

الدكتور إياد سويد*

الدكتور عمر حمادة**

مهند البلخي***

(تاريخ الإيداع 19 / 10 / 2016 . قبل للنشر في 23 / 3 / 2017)

□ ملخص □

تهدف هذه الدراسة إلى اختبار فعالية فك ارتباط الوجوه الخزفية باستخدام طريقتي التطبيق لليزر Er:YAG وهما (طريقة التماس، وطريقة عدم التماس)، وكذلك اختبار مقدار التغير الحاصل في درجة حرارة اللب السني أثناء تطبيق الليزر لكلتا الطريقتين.

تألفت عينة البحث من 16 ضاحكة علوية مقلوعة سليمة من النخور، حضرت لاستقبال وجوه خزفية، ثم صنعت الوجوه من خزف e.max وأصقت باستخدام أسمنت راتنجي ضوئي التصالب. قسمت بعدها الأسنان بشكل عشوائي إلى مجموعتين متساويتين احتوت كل منهما على 8 عينات وذلك بناءً على طريقة تطبيق الليزر المستخدمة. استخدمت في المجموعة A: طريقة عدم التماس، بينما في المجموعة B: استخدمت طريقة التماس. تم فك ارتباط الوجوه الخزفية لكلتا المجموعتين باستخدام معايير الطاقة والتردد الليزرية (360mJ, 15Hz) وذلك أثناء تحميل قوة مقدارها 20 نيوتن على الحافة العنقية للوجه الخزفي المصمم خصيصاً لذلك وبزاوية 30 درجة. سجلت الفترة الزمنية المستهلكة لفك الارتباط ومقدار التغير في درجة الحرارة، وأدخلت البيانات إلى البرنامج الإحصائي SPSS إصدار 19، واستخدم اختبار T للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق بين المجموعتين.

جميع العينات تم فك ارتباطها، إذ استهلكت عينات مجموعة طريقة عدم التماس وقتاً لفك الارتباط متوسطه (12.6 ثانية) وهو أقل بشكل جوهري من متوسط عينات مجموعة طريقة التماس (96.3 ثانية). لكن مقدار التغير في درجة حرارة اللب السني كان أكبر في عينات مجموعة عدم التماس إذ كان متوسطها (4.2 درجة مئوية) وهو أعلى بشكل جوهري من المقدار الحاصل في عينات مجموعة التماس والتي متوسطها (2.9 درجة مئوية). قيمة P كانت أقل بكثير من 0.05%.

في ضوء نتائج هذه الدراسة نستنتج بأن طريقة عدم التماس المتبعة في تطبيق ليزر Er:YAG ذات فعالية أكبر من طريقة التماس وذلك عند استخدام نفس معايير الليزر من طاقة وتردد، ولكنها تحدث تغير أكبر في درجة حرارة اللب السني. الكلمات المفتاحية: فك الارتباط - الوجوه الخزفية - طريقة تطبيق ليزر Er:YAG.

* أستاذ مساعد - قسم تعويضات الأسنان الثابتة - كلية طب الأسنان - جامعة دمشق - سورية

** مدرس - قسم طب الفم - كلية طب الأسنان - جامعة دمشق - سورية

*** طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم تعويضات الأسنان الثابتة - كلية طب الأسنان - جامعة دمشق - سورية

Efficiency of Application Er:YAG Laser by Contact and Non-Contact Modes in Debonding of Porcelain Laminate Veneers (In-Vitro Study)

Dr. Eyad Sweid*
Dr. Omar Hamadah**
Mohannad ALBalkhi***

(Received 19 / 10 / 2016. Accepted 23 / 3 / 2017)

□ ABSTRACT □

This study aimed to test the efficiency of debonding porcelain laminate veneers (PLV) by using two application modes of Er:YAG laser (contact and non-contact mode), and testing the change in dental pulp temperature for both application modes.

Sixteen extracted, non-carious human maxillary premolars, prepared for receiving PLV, which fabricated of e.max and bonded by light cured resin cement. They divided into two groups, each of them had 8 samples based on the application mode; group A with non-contact mode, and group B with contact mode. Veneers of both groups debonded by the same laser parameters (360mJ, 15Hz) during loading of a 20newton force on a specially fabricated cervical margin of veneers. Debonding time and change of temperature was recorded, then entered into SPSS V.19 and T-test for independent samples was applied.

All veneers were debonded, samples of non-contact mode group had much lower debonding time (12.6 second) than contact mode samples (96.3 second), but with higher change of temperature in non-contact (4.2 centigrade) than in contact mode (2.9 centigrade).p value was much less than 0.05%.

Within limits of this study, we can conclude that non-contact application mode was more efficient in reducing debonding time than contact application mode at same laser energy and frequency parameters, but with a higher change in pulp temperature.

Keywords: Debonding, porcelain laminate veneer, Er:YAG laser application mode

مقدمة:

* Assocate Professor. Dept. of Fixed Prosthodontics -Faculty of Dental Medicine –Damascus University-Syria.

**Assistant Professor- Dept. of Oral Medicine – Faculty of Dental Medicine –Damascus University-Syria

***Postgraduate Student- Dept. of Fixed Prosthodontics -Faculty of Dental Medicine –Damascus University- Syria

يعد استخدام الوجوه الخزفية خياراً تعويضياً جيداً نظراً لخواصها التجميلية العالية ولتقنية ارتباطها بالنسج السنوية. [1] لكن ديمومة هذا النوع من التعويضات عادة ماتتأثر بعوامل عديدة كالتغير اللوني الحاصل بطبقة أسمنت الإلصاق الراتنجي نتيجة حدوث تسرب حفافي، أو حدوث انكسار لجزء من الوجه الخزفي. [2] وبالتالي الحاجة لفكه وصنع وجه خزفي جديد. أو قد يحدث خطأ في وضع الوجه الخزفي لحظة إصاقه مما يتطلب أيضاً فك الوجه لتصحيح وضعه. [3] الأمر الذي يعتبر غاية في الصعوبة نظراً لتقنيه إصاقه القوية التي تعتمد على الارتباط مع النسج السنوية بواسطة الأسمنت الراتنجي، مما يجعل الممارس يلجأ إلى السنايل على السرعات العالية وذلك لإزالة الوجه الخزفي. [2]

مع بداية عام 1990م، استخدم الليزر في فك ارتباط الحاصرات التقييمية الخزفية وبالتالي إزالتها دون إلحاق الضرر في هيكلها. [4] إذ تم استخدام أنواع مختلفة من الليزر السني في عملية فك الارتباط لهذه الحاصرات. [4,5] تركزت معظم هذه الدراسات حينها على ليزر Nd:YAG (neodymium-doped: yttrium aluminium garnet) بطول موجي 1064 نانومتر ثم تطورت بعدها باستخدام ليزر آخر وهو Er:YAG (Erbium-doped: yttrium aluminium garnet) بطول موجي 2940 نانومتر، وذلك نظراً لفعالته بفك الارتباط دون رفعه لدرجة حرارة اللب السني بالمقدار الحاصل أثناء تطبيق الليزر الأخرى. [6,7] تؤثر هذه الليزرات خصوصاً Er:YAG من خلال امتصاصها من قبل المواد الحاوية للماء كالمونمر الموجود ضمن تركيب أسمنت الإلصاق الراتنجي. [8] مؤخراً استخدم الليزر في فك ارتباط الوجوه الخزفية. إذ تم استيعاء ذلك من خلال الطرق المتبعة في فك ارتباط الحاصرات التقييمية الخزفية باستخدام الليزر والتي بدأت منذ ثلاثة عقود. [9-13] أجري ذلك باستخدام أجهزة ليزر Er:YAG بطول موجة 2940 نانومتر وذلك بتسليط شعاع الليزر على سطح الوجه الخزفي من مسافة محددة ليتم اختراق سماكة الوجه وإحداث فك للروابط الراتنجية بينه وبين النسج السنوية الداعمة. ولقد أجريت بعض الأبحاث المخبرية على أسنان مقلوعة لتقييم فعالية هذا الليزر في فك ارتباط الوجوه الخزفية. [14,15,16] اعتقد الباحثون من خلال هذه الدراسات بأن فك الارتباط الحاصل نتيجة تطبيق الليزر يحدث جراء الاستئصال الحراري الضوئي Thermal and Photo ablation للمواد الرابطة الراتنجية. [8] لقد قيم من خلال هذه الدراسات مقدار التغير في درجة حرارة اللب أثناء تطبيق الليزر بالإضافة إلى تحري فعالية هذا الليزر في تخفيض القوة المطلوبة لفك ارتباط الوجوه الخزفية مع النسج السنوية. [14,15] ولقد تناولت دراسة أخرى الأثر الحراري الناتج عن استخدام ليزر Er:YAG في فك ارتباط التيجان المصنعة من خزف ثنائي سليكات الليثيوم. [16] إن جل هذه الدراسات كانت تدور حول معايير استخدام هذا الليزر من طاقة وتردد وفعالية كل منها في إحداث فك الارتباط للوجه الخزفي، لكنها كانت تتم من خلال استخدام أجهزة ميكانيكية خاصة لتحري قوى القص بعد تطبيق الليزر. الأمر الذي يبتعد بنظرنا عما يحصل سريرياً من مقدار واتجاه للقوى المطبقة المحدثة لفك الارتباط، وهذا ماجعلنا نفكر في إجراء هذه الدراسة المخبرية لتحري فك الارتباط بطريقة مبتكرة ومحاكية للواقع السريري تمكننا من معرفة أثر تطبيق الليزر على حرارة اللب السني وبالتالي الوصول إلى معايير آمنة للاستخدام السريري. ومن خلال البحث في الدراسات المنشورة في هذا السياق لم نجد سوى عدة دراسات مخبرية عن ذلك، أما الجزء المنشور سريرياً فقد اقتصر على تقارير الحالات. [17]

إن معظم أجهزة ليزر Er:YAG توقّر إمكانية تطبيق الليزر بإحدى وسيلتين: 1- إما تصدر الشعاع الليزري عن طريق قبضة بدون تماس مباشر مع الهدف non-contact بحيث يشع الليزر من عدسة القبضة. 2- أو عن طريق ليف

خاص Fiber يركب على رأس قبضة الأشعة ويشع الليزر منه، يطلق على هذه التقنية وضعية التماس .contact mode [18]

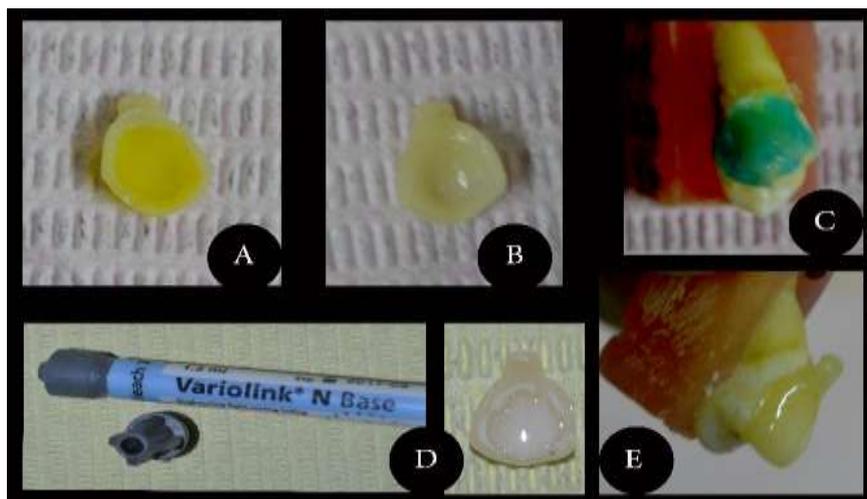
أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية هذا البحث في الوصول لمعايير مثلى في استخدام ليزر Er:YAG في فك ارتباط الوجوه الخزفية دون إحداث تغيير كبير في درجة حرارة اللب السني.
أهداف البحث:

- مقارنة طريقتي تطبيق ليزر Er:YAG (التطبيق بطريقة عدم التماس Non-contact mode والتطبيق بطريقة التماس Contact mode) وذلك من حيث أي الطريقتين تبدي فعالية أكبر في فك ارتباط الوجوه الخزفية المصنعة من الخزف الزجاجي المقوى بثنائي سيليكات الليثيوم، وذلك بتحري الزمن المستهلك لحدوث فك ارتباط الوجه الخزفي عن سطح السن.
- تحري أثر كل من الطريقتين على درجة حرارة اللب السني عند استخدام نفس معايير الليزر من طاقة وتردد.

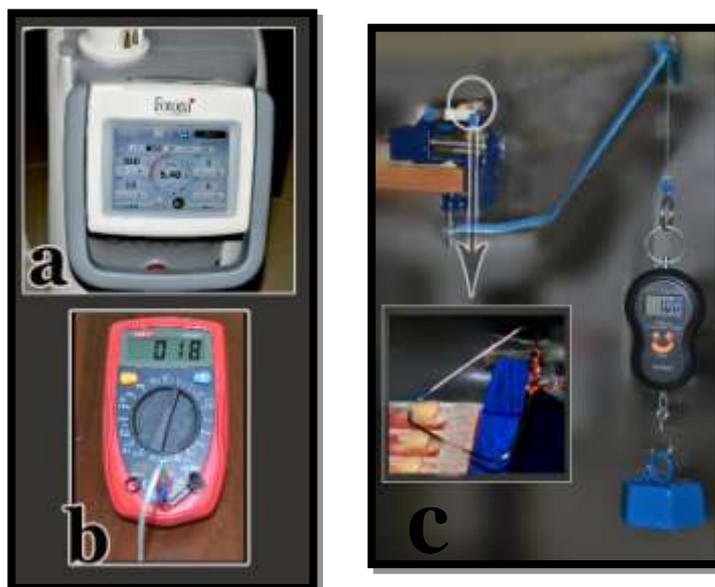
طرائق البحث ومواده:

تم جمع 16 ضاحكة بشرية علوية سليمة مقلوعة لأسباب تقويمية، وضعت الأسنان ضمن قواعد أكريلية بزاوية 45 درجة. حضرت جميع الأسنان لاستقبال وجوه خزفية بسماكة 0.5 ملم عند الحواف. ثم تم عمل وجوه خزفية من ثنائي سيليكات الليثيوم (e.max, ivoclar vivadent, Schaan, Liechtenstein) من النوع قليل الشفافية Low Translucency، وبسماكة متجانسة لجميع عينات الدراسة تمثلت بـ 0.5 ملم بجزئها العنقي و 0.7 ملم بجزئها المتوسط. صمم الوجه الخزفي بطريقة تمكننا من إجراء الدراسة المخبرية وذلك بحيث يمتد نتوء صغير من الناحية العنقية للوجه بزاوية 30 درجة عن محوره ويطول 1.5 ملم. شكل (1-E). ثم أعدت جميع الوجوه للإصاق حيث خرّش سطحها الداخلي بحمض فلور الماء تركيز 10% ثم طبق السيلان. في تلك الأثناء تمت تهيئة سطح السن بتخريشه بحمض الفوسفور تركيز 37% ثم طبقت المادة الرابطة وصلبت. ثم استخدمت إصاق راتنجي ضوئي التصلب (Variolink N, ivoclar vivadent, Schaan, Liechtenstein) وتم التصليب لمدة 60 ثانية. الشكل (1). حفظت بعدها الأسنان داخل حاضنة بدرجة حرارة 37 درجة مئوية ضمن ماء مقطر لمدة 48 ساعة. تم في البداية إجراء دراسة استقصائية pilot study على 5 عينات لتحديد القيم الأسرع من طاقة وتردد في فك الارتباط للوجوه الخزفية دون رفع درجة حرارة اللب السني فوق عتبة 5.25 درجة مئوية. إذ كانت القيم الأفضل للطاقة والتردد هي (15, 360 mJ hertz)، قسمت عينة الدراسة عشوائياً إلى مجموعتين (كل مجموعة 8 أسنان مرممة بوجوه خزفية) وذلك بناءً على طريقة تطبيق الليزر (طريقة التماس contact وطريقة عدم التماس non-contact mode).



الشكل (1) يوضح خطوات إصاق الوجوه الخزفية: (A تخريش الوجه الخزفي، B تطبيق السيلان، C تخريش السن، D الإصاق بالأسمنت الراتنجي، D الوجه بعد الإصاق)

أعدت العينات لتطبيق الليزر بحيث تثبت السن ضمن ملزمة، ووصلت بالنتوء العنقي للوجه الخزفي حلقة مريوطة بنقل يزن 1كجم بزاوية 30 درجة مئوية. الشكل (2c) ثم تم وصل قطب مزدوجة حرارية إلكترونية داخل ثقب يصل إلى الحجرة اللبية من السطح الطاحن للسن وذلك لقياس مقدار التغير في درجة حرارة اللب السني أثناء تطبيق الليزر. الشكل (2b) تم استخدام ليزر Er:YAG بطول موجي 2940 نانومتر بناء على المعايير السابقة، وباستخدام التبريد المائي والهوائي بنسبة بواسطة جهاز (Fotona Lightwalker; Slovenia, 2011) الموجود في المختبر الطبي للمعهد العالي لبحوث الليزر في جامعة دمشق ، 1:1. الشكل (2a).



الشكل (2) a شاشة جهاز ليزر Er:YAG. B. جهاز المزدوجة الحرارية، C تحميل ثقل على عنق الوجه الخزفي بزاوية 30 درجة

تم تطبيق الليزر من مسافة تبعد تقريباً 5-7 ملم عن سطح الوجه الخزفي، وبحركة المسح scanning motion ابتداءً من الزاوية الوحشية العنقية وانتهاءً بالزاوية الأنسية الإطباقية وذلك حتى حدوث فك الارتباط. وسجل لحظتها الوقت المستهلك لذلك.

الدراسة الإحصائية :

تم إدخال نتائج العوامل المدروسة (التغير في درجة الحرارة، والوقت المستهلك لحدوث فك الارتباط) ضمن البرنامج الإحصائي SPSS إصدار رقم 19. ثم أجري اختبار T للعينات المستقلة لدراسة دلالة الفروق لمتوسطات العوامل المدروسة بين المجموعتين المستخدمتين، وذلك لمعرفة ما إذا كان هناك فارق جوهري بين طريقتي تطبيق الليزر في إحداث فك ارتباط الوجه الخزفي.

النتائج: يبين الجدول رقم (1) قيم كل من المتوسط والانحراف المعياري والخطأ المعياري للعوامل المدروسة لكلتا المجموعتين. أظهرت نتائج اختبار T للعينات المستقلة الجدول رقم (2) أن قيمة مستوى الدلالة أصغر بكثير من القيمة 0.05، أي أنه عند مستوى الثقة 95% توجد فروق ذات دلالة إحصائية بين متوسطات العوامل المدروسة (الوقت المستهلك لحدوث فك الارتباط ومقدار التغير في درجات الحرارة) لمجموعتي الدراسة.

جدول رقم (1) يوضح قيم الدراسة الوصفية لكل من مجموعات الدراسة

العامل المدروس	طريقة التطبيق	عدد العينات	المتوسط	الانحراف المعياري	الخطأ المعياري
الفترة الزمنية لفك الارتباط	عدم التماس	8	12.63	2.264	.800
	التماس	8	96.38	10.405	3.679
مقدار التغير في درجة الحرارة	عدم التماس	8	4.212	.3137	.1109
	التماس	8	2.900	.3207	.1134

مخطط (1) يوضح متوسط العوامل المدروسة لحظة حدوث فك الارتباط لمجموعتي الدراسة

جدول رقم (2) يوضح نتائج اختبار T للعينات المستقلة لمتوسطات العوامل المدروسة لمجموعتي الدراسة

العامل المدروس	F	Sig.	t	درجة الحرية	قيمة مستوى الدلالة	Mean Difference	الخطأ المعياري
				df	Sig. (2-tailed)		Std. Error Difference
الوقت المستهلك لحدوث فك الارتباط (ثانية)	11.57	.004	-22.24	14	.000	-83.750	3.765
مقدار التغير في درجة الحرارة (درجة مئوية)	.194	.666	8.275	14	.000	1.3125	.1586

Non-contact mode مجموعة عدم التماس contact mode مجموعة التماس

■ متوسط الوقت المستهلك لحدوث فك الارتباط (ثانية)

■ متوسط مقدار التغير في درجة الحرارة (درجة مئوية)

المناقشة:

نظراً لحدائثة استعمال الليزر في إزالة الوجوه الخزفية فإن المعايير الأمثل لاستخدامه من طاقة وتردد مازالت غير واضحة، وذلك لعدم وجود دراسات خلصت إلى معايير واضحة للاستخدام كما في حفر الأسنان أو غيرها من الاستعمالات المختلفة لليزر السنوية. ومن هنا تم استيعاب فكرة هذه الدراسة إلى اختبار إحدى المعايير الخاصة بليزر Er:YAG وهي طريقة التطبيق وذلك لمعرفة مدى فعالية كل طريقة في فك ارتباط الوجه الخزفي ومدى تأثيرها في النسيج السنوية من حيث رفع درجة حرارة اللب السني وذلك لكي نخلص إلى معايير أمثل للاستخدام في هذا المجال. [19]

تكمن خطورة استخدام الليزر المختلفة مع النسيج السنوية الصلبة في مدى رفعها لدرجة حرارة اللب لدرجة غير رطودة تقدر بنحو 5.25 درجة مئوية. [19,20] الأمر الذي يجعل خطورة الليزر في هذا الخصوص تحد من استخدامه عند عدم معرفة أي من معايير استخدام الليزر تعطي الفعالية المطلوبة للاستخدام دون رفعها لدرجة حرارة اللب السني للحد الغير رطود. وللوصول إلى ذلك استخدمنا جهاز مزود بمزدوجة حرارية يتصل مباشرة باللب السني ليعطي قراءة إلكترونية للتغير الحاصل في درجة حرارة اللب أثناء تطبيق الليزر، تم ذلك باستخدام مزدوجة حرارية إلكترونية يتصل قطبها بداخل الحجرة اللبية للسن. مما يجعلنا نختبر معايير مختلفة من طاقات وترددات ليزرية للوصول إلى غايتنا في فك ارتباط الوجه الخزفي بفترة زمنية قصيرة دون رفع درجة حرارة اللب السني للحد الغير رطود.

تم تحديد المعايير المراد اختبارها بناءً على دراسة استقصائية pilot study أجريت على 5 عينات اعتمدت على تجريب معايير بقيم لطاقات وترددات منخفضة استوحيت من دراسات مشابهة إذ تم تطبيق الليزر حتى 3 دقائق، ففي حال حدوث فك للارتباط للوجه الخزفي خلال هذه المدة يتم اعتماد هذه القيم كحدود دنيا. إن الدراسات المخبرية التي أجريت لفك ارتباط الحاصرات الخزفية أو التيجان أو الوجوه الخزفية باستخدام الليزر، [9-16] تمت باستخدام الجهاز العام لتطبيق القوى الميكانيكية Instron إذ يكون الجهاز موجوداً بجانب جهاز الليزر لتطبيق قوى القص خلال 10 ثوان من لحظة انتهاء تطبيق الليزر، وذلك كون الأثر الحراري لليزر على الروابط الراتنجية للوجه الخزفي مع سطح السن يزول بعد 10 ثوان من انتهاء تطبيق الليزر، الأمر الذي جعلنا نبتكر طريقة بديلة لجهاز القوى الميكانيكية تقوم بتطبيق القوة أثناء تطبيق الليزر وتكون أقرب للواقع السريري من حيث اتجاه القوى ومقدارها. إذ أن جهاز تطبيق القوى الميكانيكية يعتمد على تطبيق قوى متزايدة حتى حصول الفك. أما سريراً فالقوة المطبقة من قبل الطبيب باستخدام أداة ذات رأس دقيق على الحافة العنقية للتعويض تكون بمقدار ثابت أقل بكثير من القوة التي يطبقها جهاز القوى الميكانيكية لحظة فك الارتباط. تم تقدير القوة المطبقة سريراً لإجراء النزاع نحو 20 نيوتن وذلك من خلال الاطلاع على دراسة قيست بها القوى المطبقة لبعض الأدوات السنوية على الأسنان إذ خلصت إلى أن القوى المطبقة لمختلف الأدوات تتراوح بين 3 إلى 25 نيوتن تبدأ بقوى السير اللثوي وتنتهي بقوى التقليل. [21] فكان هدفنا تطبيق قوة أقل بقليل من مقدار قوى التقليل على الحافة العنقية للوجه الخزفي وبزاوية محاكية للواقع السريري 30 درجة، إذ تم تحديد الوزن المطلوب لذلك من خلال معادلة قوى الشد التي تستخدم سلسلة ثابتة إذ تم ضرب القوة 20N بجيب تمام الزاوية 45cos وتقسيم الناتج على تسارع الجاذبية الأرضية 9.8 فكان الناتج 1.07 كجم وهو الوزن المطلوب تعليقه بعنق الوجه الخزفي لتطبيق قوة مقدارها 20 نيوتن بزاوية 30 درجة.

غالباً ماتواجه الاختبارات المخبرية لفك ارتباط الوجوه الخزفية صعوبة تعليق القوة على الوجه الخزفي نظراً لرقته، مما يجعله عرضة للكسر، الأمر الذي جعلنا نصمم وجهاً خزفياً بنتوء صغير بالحافة العنقية تعلق عليه القوة المطلوبة لإجراء الاختبار.

اتفقنا في نتائج دراستنا مع كل من نتائج دراسات Morford وزملائها عام 2011، [15] و Iseri وزملائها عام 2014 [14] في فعالية استخدام ليزر Er:YAG لفك ارتباط الوجوه الخزفية. رغم تباين الطريقة المستخدمة في تطبيق القوى لفك الارتباط، إذ استخدمنا كلاهما جهاز الاختبارات الميكانيكية Instron بعد تسليط شعاع ليزر Er:YAG على سطح الوجه الخزفي المرتبط بالسن وطبقت قوة القص حتى لحظة الفك. وذلك بالمقارنة مع عينات لم يطبق عليها ليزر، وبالتالي استنتجوا بأن تطبيق ليزر Er:YAG يؤدي إلى تخفيض القوة المطلوبة لفك ارتباط الوجه الخزفي مقارنة بالقوة اللازمة لفك ارتباط الوجوه الخزفية التي لم يطبق عليها الليزر. كما اتفقت نتائج دراستنا مع ما قام به Rechmann وزملاؤه عام 2015 بحيث أن المعايير المستخدمة من طاقات وترددات ليزرية فعّالة في إحداث فك ارتباط للتعويضات الخزفية الكاملة الملصقة بأسمنت راتنجي تؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة اللب السني لحدود قد تصل في بعضها إلى 5 درجات مئوية. لكن بشرط وجود تبريد مائي وهوائي مرافق لاستخدام الليزر. [16] لكن اختلفنا معه في استخدامه مع بعض العينات لطاقات مرتفعة إذ أدت إلى ارتفاع في درجة حرارة اللب تجاوز 5.5 درجة مئوية الأمر الذي يؤدي إلى حدوث التهاب لب غير ررود.

الاستنتاجات والتوصيات:

- ضمن حدود نتائج دراستنا نستطيع أن نستنتج بأن طريقة عدم التماس non-contact mode المتبعة في تطبيق ليزر Er:YAG ذات فعالية أكبر من طريقة التماس contact mode وذلك عند استخدام نفس معايير الليزر من طاقة وتردد (360 mJ، 15 hertz)
- وبالتالي فإنها تعتبر وسيلة فعّالة في فك ارتباط الوجوه الخزفية دون رفع درجة حرارة اللب فوق عتبة 5.5 درجة مئوية.
- يوصى بإجراء دراسات تتعلق بمعايير أكثر لاستخدام ليزر Er:YAG في فك ارتباط الوجوه الخزفية كزمن النبضة وكمية التبريد الهوائي والمائي .

المراجع:

1. ALBERS, H., *Tooth Colored Restorative, Principles and Techniques*. 8th ed, BC Decker Inc, Hamilton, London, 2002.: p. 81-88.
2. ANUSAVICE, K.J. *Informatics systems to assess and apply clinical research on dental restorative materials*. Adv Dent Res, 2003. 17: p. 43-8
3. BADER C. ; KREJCI I, *Indications and limitations of Er:YAG laser applications in dentistry*. American Journal of Dentistry, Vol. 19, No. 3, June, 2006
4. TOCCHIO R.; WILLIAMS PT, MAYER FS, Standing KG. *Laser debonding of ceramic orthodontic brackets*. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1993 Feb;103(2):155-62.

5. CHANDRA, S. *Text book of Operative Dentistry*, New Delhi, Jaypee Brothers, Medical Publishers (P) Ltd , 2007
6. WIGDOR H, ABT, E.; ASHRAFI, S.; WALSH, J. *The effect of lasers on dental hard tissues*. J Am Dent Assoc, 1993, 124:65–70 20.
7. MEHL, A.; KREMERS, L.; SALZMANN, K.; HICKEL, R. *3D volumeablation rate and thermal side effects with the Er:YAG and Nd: YAG laser*. Dent Mater, 1997, 13:246–251
8. KELLER,U. *Laser in dentistry, future trends in biomedical application of lasers* ,SPIE, 1991;1525:282-8.
9. AZZEH E, A.; FELDON, P. *Laser debonding of ceramic brackets:A comprehensive review*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2003,123:79-83
10. NALBANTGIL, D.; OZTOPRAK, M.; TOZLU, M.; ARUN, T. *Effects of different application durations of ER:YAG laser on intrapulpal temperature change during debonding*. Lasers Med Sci, 2010, 10.1007/s10103-010-0796-7 9.
11. FELDON, P.; MURRAY, P.; BURCH, J.; MEISTER, M.; FREEDMAND, M. *Diode laser debonding of ceramic brackets*. Am J Orthod Dentofac Orthop, 2010,138:458–462
12. DOSTALOVA T, JELINKOVA H, SULC J. et al. *Ceramic bracket debonding by Tm:YAP laser irradiation*. Photomed Laser Surg,2011, 29:477–484 10
13. SARP, A.; GÜLSOY, M. *Ceramic bracket debonding with ytterbium fiber laser*. Lasers Med Sci, 2011 Sep;26(5):577-84.
14. ISERI, U.; OZTOPRAK, M. et al. *Effect of Er:YAG laser on debonding strength of laminate veneers*, J Dent, 2014;8:58-62
15. MORFORD, C.; BUU, N.; RECHMANN, B. et al. *Er:YAG laser debonding of porcelain veneers*. Lasers Surg Med., 2011 Dec;43(10):965-74.
16. RECHMANN, P. et al. *Laser all-ceramic crown removal and pulpal temperature— a laboratory proof-of-principle study*. Lasers Med Sci, 2015,10.1007/s10103-015-1738-1,
17. GLENN, A.; VAN, A. *Using the Erbium Laser to Remove Porcelain Veneers in 60 Seconds Minimally Invasive*. Efficient, and Safe, Journal of Cosmetic Dentistry Winter 2013 • Volume 28 • Number 4
18. GIOVANNI, O.; MATTEO, O. *Lasers in Restorative Dentistry*. A Practical Guide Book, Springer-Verlag Berlin Heidelberg,2015,ISBN 978-3-662-47316-0
19. MARANGONI, T.; FLINT, W. *Invitrocomparisonof debonding force and intrapulpal temperature changes during ceramic orthodontic bracket removal using a carbon dioxide laser*. AmericanJournal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 1997, vol.111,no.2,pp.203–210
20. NALBANTGIL, D.; TOZLU, M.; OZTOPRAK, M. *Pulpal Thermal Changes following Er-YAG Laser Debonding of Ceramic Brackets*. Hindawi Publishing Corporation Scientific World Journal, 2014,Volume, Article ID 912429
21. VILLANUEVA, A. et al. *A biomechanical analysis of applied pinch force during periodontal scaling*. J Biomech, 2007 ; 40(9): 1910–1915