

تأثير زمن التصليب وشدته باستخدام جهاز التصليب الضوئي ثنائي القطب عالي الطاقة في مقاومة ارتباط الحاصرات المعدنية لجهد القص

علياء الصفدي*

ندي راجح**

زهير مرمز***

الملخص

خلفية البحث وهدفه: يُعدُّ عامل الزمن من العوامل الأساسية التي يهتم بها أطباء التقويم والمرضى في أثناء عملية المعالجة، لذا ظهر تكراراً الاهتمام بزمن التصليب مع الحفاظ - طبيعياً الحال - على درجة ثبات الحاصرات التقويمية الملصقة اتجاه القوى الماضغة والتقويمية بأشكالها المختلفة، إذ تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير زمن التصليب وشدته باستخدام جهاز التصليب (LED) عالي الطاقة على مقاومة ارتباط الحاصرات المعدنية لجهد القص.

مواد البحث وطرائقه: تألفت العينة من 108 ضاحكاً علوياً مقسمة إلى ثلاث مجموعات رئيسية وفقاً لزمن التصليب وشدته، إذ جرى تصليب المجموعة الأولى بزمن 20 ثانية وشدّة ضوئية 1200 ميلي واط/سم²، والمجموعة الثانية بزمن تصليب 5 ثانية وشدّة ضوئية 2000 ميلي واط/سم²، والمجموعة الثالثة بزمن تصليب 3 ثانية وشدّة 2500 ميلي واط/سم²، وذلك باستخدام جهاز التصليب (Led) عالي الطاقة. وجرى تقييم مقاومة ارتباط حاصرات الضواحك لجهد القص عبر جهاز الاختبارات القياسي (Instron)، كما دُرِسَ مشعر بقايا المادة اللاصقة المتبقية (ARI) على السطوح المينائية للضواحك بعد فك ارتباط الحاصرات المعدنية بجهاز المكبرة.

النتائج: أظهرت نتائج مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص فروقاً ذات دلالة إحصائية ($p < 0.05$) عند استخدام اختبار المقارنة الثنائية Tukey HSD بين المجموعتين الأولى والثانية والأولى والثالثة، بينما كانت الفروق غير دالة إحصائياً بين المجموعتين الثانية والثالثة، كما لم تُلاحظ فروق ذات دلالة إحصائية بين تكرارات مشعر بقايا المادة اللاصقة بين مجموعات الدراسة الثلاث.

الاستنتاج: إن اختصار زمن التصليب حتى 5 ثانية و3 ثانية مع شدة التصليب حتى 2000 - 2500 ميلي واط/سم² على التوالي أظهرت ارتباطاً جيداً للحاصرات التقويمية ضمن الحدود المقبولة سريرياً وبشكل آمن على الميناء السني. الكلمات المفتاحية: مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص -جهاز التصليب ثنائي القطب عالي الطاقة- زمن التصليب

*طالبة ماجستير في قسم تقويم الأسنان والفكين-كلية طب الأسنان- جامعة دمشق.

**مدرس في قسم تقويم الأسنان والفكين-كلية طب الأسنان- جامعة دمشق.

***أستاذ مساعد في قسم الهندسة الطبية-كلية الهندسة الكهربائية الميكانيكية-جامعة دمشق

Effect of Curing time and Intensity Using High Power Led Diode Device On Shear Bond Strength Of Metal Orthodontic Brackets

Alia Alsafadi*

Nada Rajeh**

Zuheir marmar***

Abstract

Background and Objective: The time factor is extremely important during the treatment process for the orthodontics dentist and patients alike, which necessitated greater attention to the time curing while naturally conserving the degree of stability of orthodontic brackets bonded adhesive against the masticatory and orthodontic forces in their various forms, as this research aimed to assessment the influence of time and intensity curing by using high power led on shear bond strength of metal brackets.

Materials and Methods: The sample consisted of 108 upper premolars was divided into three main groups classified according to the curing time and intensity. Consequently, the first group was cured with a time of 20 seconds and a light intensity of 1200 mw/cm², and the second group was cured with a time of 5 seconds and a light intensity 2000 mw/cm², whereas the third group was cured with a time of 3 seconds and a light intensity 2500 mw/cm² using a high power led. The brackets bonded resistance of the premolars to shear bond strength was assessed by the means of a standard test device(Instron). The residual adhesive remnant index(ARI) was also studied on the enamel surfaces of the premolars after debonding the metal brackets via streoscope device.

Results: The results showed statistically significant differences in terms of shear bond strength of brackets, as p-value greater than 0.05 when using Tukey HSD test, which was undertaken between the first and second group, whereas the differences were not significant between the second and third groups. Also, we did not observe statistically significant differences between the frequencies of ARI between three groups.

Conclusion: Reducing the time of curing up to 5 seconds and 3 seconds with the high intensity of curing up to 2000-2500 mw/cm² respectively showed a good bonding of orthodontic brackets within the clinically acceptable limits and securely on the tooth enamel.

Keywords: Shear Bond Strength-High power led -Curing time.

* Master student in Department of Orthodontic-Faculty of Dentistry-Damascus University

** Lecturer in Department of Orthodontic-Faculty of Dentistry-Damascus University

*** Ass.-prof in Department of Medical Engineering-Faculty of Electrical and Mechanical Engineering-Damascus University

المقدمة:

الدراسات أن أجهزة التصلب ثنائية القطب عالية الطاقة High Power Led حسنت من جودة تماشير مادة الإلصاق وارتباط أفضل للحاصرات التقيومية المُلصقة (Toledano, Osorio et al.2003,60 Pinto, Ferreria et al.2011,33) تُعدُّ الطاقة الكلية الصادرة عن جهاز التصلب الضوئي والمُمتلئة بزمن وشدة التصلب التي تتلقاها مادة الإلصاق من أهم العوامل في تحقيق ارتباط مُرضٍ وكافٍ سريريًا للحاصرات التقيومية (Koran, Kürschner, & Dentistry, 2001) ولطالما شغل موضوع تحقيق قوة ارتباط كافية للحاصرات التقيومية في أثناء المعالجة التقيومية مساحة هامة من اهتمام المقومين لسنوات عديدة، وقد تعددت العوامل المرتبطة بقوة ارتباط الحاصرات فمنها ما يتعلق بطريقة السطوح المينائية، ومنها ما يتعلق بنوع مادة الإلصاق، إضافةً إلى الزمن والشدة المطلوبين لتصلب مادة إصاق الحاصرات التقيومية، وذلك لتأمين ثبات ومقاومة جيدين اتجاه كل من القوى الماضغة والتقيومية المطبقة.

وعلى الرغم من كون الإلصاق مؤقتاً على عكس الإلصاق في المداواة الترميمية أو التعويضات الثابتة إذ يكون الإلصاق دائماً إلا أنه يجب على الحاصرات أن تتحمل القوى التقيومية بأشكالها المختلفة والقوى الماضغة المطبقة، التي تتراوح ما بين 40-120 نيوتن، وفي الوقت ذاته يجب أن تكون قوة الإلصاق عند مستوى يسمح بنزع الحاصرات دون أذية مينائية إذ إنّ المستويات المرتفعة من قوة الإلصاق، التي تتجاوز قوة كسر الميناء التي تقدر بـ 14 Mpa تؤدي إلى حدوث صدوع وانكسارات في الميناء (Reynolds 1975,174) لذلك ازداد اهتمام المقومين لتحسين قوة ارتباط الحاصرات على السطوح المينائية للأسنان لكي تتحمل القوى المطبقة، وإتمام

يعدُّ الراتنج المركب ذو التصلب الضوئي من أكثر مواد طب الأسنان استخداماً، إذ يعد من أهم التطورات لمواد إصاق الحاصرات التقيومية بالنسبة لمقومي الأسنان (Keim RG, et al.,2002,535) لما يقدمه من توفير في الوقت وسهولة في ضبط توضع الحاصرات قبل إتمام عملية التماثر، كما أن قوة الإلصاق الناتجة عن استخدامه كافية للإلصاق التقيومي (Arnold, Combe et al.2002,247) (Toledano,Osorio et al.2003,62) ومع ظهور تقنية التصلب الضوئي للراتنج المركب في بداية السبعينات ركّز الباحثون على تطوير هذه التقنية، فقد سيطر نظام التصلب الهالوجيني لفترة طويلة لكن اعترضته بعض العيوب مثل الإصدار الحراري المرتفع وقصر العمر السريري لمصباحه هذه العيوب دفعت باتجاه تطوير جهاز تصلب ضوئي جديد تُتلافى فيه العيوب سالفة الذكر (Miletic and Santini.2010,461) فإذا ما عدنا إلى ما قدّمه العالم Mills (1995, 169) بمقترح أنصاف النواقل في إصدار الضوء الأزرق، الذي تختلف آلية إصدار الضوء فيه عن الآلية الخاصة في نظام التصلب الهالوجيني ونشأ معها نظام تصلب جديد يدعى نظام تصلب ضوئي ثنائي الأقطاب (Light Emitting Diode) ، الذي يدعى اختصاراً بـ (LED) إذ تميزت هذه الأجهزة بخفة الوزن إضافةً لإنخفاض الإصدار الحراري المرافق لعملية التصلب الضوئي وزمن عمل سريري عالٍ يتجاوز آلاف الساعات.

وبناءً على هذا المفهوم، قام مُصنعو أجهزة التصلب الضوئي بإنتاج أجهزة تصلب ضوئية ثنائية القطب عالية الطاقة تعطي اختصاراً في زمن التصلب الضوئي عن طريق زيادة الشدة الضوئية إذ تقلل من زمن جلسة المعالجة (McCusker, et al.2013,85) كما أوضحت بعض

كما أن هنالك عوامل تتعلق بنمط القوة المطبقة إذ تختلف الاختبارات الميكانيكية لتقييم قوة ارتباط الحاصرات باختلاف نوع القوة المدروسة كاختبار مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص Shear Bond Strength إذ تُطبَّق قوة عمودية على منطقة التماس بين الحاصرة والسطح المينائي للسن (Nemeth 2000,397) حيث يساير هذا النمط من القوى سريراً القوى الماضية العمودية ولكن ليست صرفاً لأن الحاصرات المطبقة على الأسنان تتلقى القوى، وبالتالي يحدث عزم أو التواء أو توتر، ولذلك استُخدم مصطلح قوة الإصاق المقاومة لجهد القص Shear Bond Strength، الذي يدعى اختصاراً بـ (SBS) (Katona, 1994,396) يعدُّ فشل الإصاق واحداً من أكثر الحوادث إزعاجاً في الممارسة التقويمية، لما يسببه من تأخير في زمن المعالجة بسبب ترتيب جلسات معالجة إضافية غير متوقعة، وما يترتب من تكلفة إضافية على كل من الطبيب والمريض (Sakaguchi & Powers, 2012) ويمكن تقسيم مكان فشل الحاصرات حسب مكان حدوثه إلى:

- 1- فشل عند ميناء - مادة لاصقة Enamel . failure Adhesive
- 2- فشل عند مادة لاصقة - حاصرة - Adhesive - Bracket failure
- 3- الفشل المختلط أو ضمن المادة اللاصقة Cohesive failure.

تعددت الآراء واختلفت حول نمط فشل الإصاق الأفضل والأكثر أماناً، منها ما اتجه إلى تفضيل الفشل على مستوى ميناء - مادة لاصقة أي عدم بقاء لاصق على سطح الميناء معللين ذلك بأن عملية تنظيف سطح الميناء وإزالة بقايا المادة اللاصقة قد تتسبب بأذية مينائية (Cehreli, Polat-Ozsoy, Sar, Cubukcu, & Cehreli, 2012)، ومن آراء باحثين آخرين أن فشل الإصاق على مستوى مادة لاصقة - حاصرة هو المفضل معللين ذلك

المعالجة التقويمية دون أن تتجاوز العتبة اللازمة لفك ارتباطها بشكل آمن (Coups-Smith, Rossouw, & Titley, 2003).

وإن مقدار قوة الإصاق المقاومة لإجهاد القص المقبولة سريراً خاضعة للاختلاف بين الباحثين، إذ قدرها Ewoldsen وزملاؤه بحدود 3-5 ميغاباسكال (Ewoldsen, et al 1992,25)، كما ذكر Reynolds (1975,25) أن قوة الإصاق المقاومة لقوة القص تتراوح بين (5.9 - 7.8) ميغاباسكال إذ بيّن الباحث أنها تلك القوة الكافية لمقاومة قوى المضغ والقوى التقويمية وبالتالي إصاق سريري ناجح.

ذكر Endoa وزملاؤه أن الإصاق السريري الناجح هو الإصاق الذي يؤمن مقاومة لقوى القص ما بين 6-8 ميغاباسكال (Endoa T, et al 2008,200)

من ناحية أخرى بين Retief (1974,98) أن زيادة الإصاق فوق مستوى معين من القوة التي تقدر بـ (13.73) ميغاباسكال قد يؤدي إلى أضرار مينائية (الكسور والصدوع). كما أشار Bishara (2007,338) إلى أن قوة الإصاق الأقل من (12.75) ميغاباسكال تعدُّ آمنة بالنسبة لسلامة الميناء.

هناك العديد من العوامل التي تقيّم بها قوة الإصاق المطلوبة لإتمام المعالجة التقويمية حتى انتهاء المعالجة، إذ قدم كل من Brantley And Eliads تصنيفاً لطرق تقييم قوة الإصاق المطلوبة وأشكال فشلها (Eliades & Brantley, 2000)

تبعاً لعدة عوامل منها ما يتعلق بطبيعة بيئة الاختبار مثل الدراسات المخبرية التي تُجرى عن طريق أجهزة اختبارات ميكانيكية تُحاكي فيها القوى الماضية وتسجيل قيم تلك القوى، كما يمكن تقييم فشل ارتباط الحاصرات من خلال مشعر بقايا المادة اللاصقة ARI عبر أجهزة مكبرة ضوئية.

بعد فك ارتباط الحاصرات وخُصت هذه الدراسة إلى عدم وجود فرق جوهري إحصائياً بين المجموعتين وأوصت باستخدام جهاز التصليب (LED) عالي الطاقة بزمن 6 ثانية لما فيها من تقليل للوقت والجهد للطبيب والمريض.

في دراسة (Al-Khatieeb, Nahidh, Al-Khawaja,) (& Research, 2017) جرى تقييم قيم مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص عند المقارنة بين جهاز التصليب الضوئي الهالوجيني بزمن 40 ثانية وبشدة ضوئية 300 ميلي واط/سم² وجهاز التصليب الضوئي عالي الطاقة بزمن تصليب 3 ثانية وبشدة ضوئية 2300 ميلي واط إذ أبدت نتائج تقييم (SBS) قيم مقبولة سريرياً.

باستعراضنا للدراسات السابقة وجدنا أن الدراسات حول تأثير زمن وشدة التصليب وخاصةً فيما يتعلق بأجهزة التصليب (LED) عالية الطاقة على مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص محدودة ولا تعطي معلومات كافية حول خواص الإلصاق التقييمي.

ومن هنا جاءت فكرة إجراء هذه الدراسة للمقارنة بين ثلاث أزمنة (3 ثانية- و5 ثانية- و20 ثانية) وثلاث شدات تصليب (2500 ميلي واط/سم² - 2000 ميلي واط/سم² - 1200 ميلي واط/سم²) باستخدام جهاز التصليب الضوئي ثنائي القطب عالي الطاقة وذلك لمعرفة هل يمكن بانخفاض زمن وارتفاع شدة التصليب أن يكون بديلاً ملائماً عن الزمن والشدة التقليديين وذلك بدراسة مقدار مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص وتقييم مشعر بقايا المادة اللاصقة.

بالحفاظ على ميناء خالٍ من الصدوع والكسور (Bishara, et al. 2007, 339) كون أن الكسر الذي يحدث على مستوى ميناء - مادة لاصقة سيتسبب بصدوع على الميناء، لكن وجود بقايا مادة لاصقة على سطح الميناء يتطلب وقتاً أطول لإزالتها (Özer, Başaran, & Kama, 2010).

في دراسة Verma. 2016 جرى تقييم قيم مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص بالمقارنة بين عدة أجهزة تصليب من نظام التصليب (LED) وبأزمنة مختلفة وتوصلت هذه الدراسة إلى أن قيم مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص (SBS) كانت متقاربة في المجموعات المدروسة لذلك أوصت الدراسة بتقليل زمن التصليب لما فيه من توفير لوقت الطبيب مع عدم وجود اختلاف في قيم مشعر بقايا المادة اللاصقة بين المجموعات المدروسة.

أظهرت نتائج دراسة (Dall'Igna, Marchioro,) (Spohr, & Mota, 2011) عند المقارنة بين أزمنة مختلفة باستخدام نوعين من أجهزة التصليب الضوئية البلازمية (3 - 6 - 9 ثانية) وأجهزة (LED) عالية الطاقة (5 - 10 - 15 ثانية) أن قيم مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص عند استخدام أجهزة تصليب ضوئية عالية الطاقة بزمن مختصر يصل إلى 5 ثانية كانت مقبولة سريرياً.

كما قام عدد من الباحثين (Palomares, Sampaio-Filho, de Oliveira Almeida, & Miguel, 2008) بتقييم تأثير زمن وشدة التصليب في مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص باستخدام نوعين من أجهزة التصليب الضوئية (LED) منخفض الطاقة بزمن 20 ثانية وبشدة ضوئية 640 ميلي واط/سم² وعالي الطاقة بزمن 10 ثانية وبشدة ضوئية 1400 ميلي واط/سم² و6 ثانية وبشدة ضوئية 1450 ميلي واط/سم² وتقييم بقايا المادة اللاصقة

مواد البحث وطرائقه:

1. المجموعة الأولى : تضمنت 36 ضاحكاً وصلّبت الحاصرات بزمن 20 ثانية وشدّة تصليب 1200 ميلي واط/سم².

2. المجموعة الثانية: تضمنت 36 ضاحكاً وصلّبت الحاصرات بزمن 5 ثانية وشدّة تصليب 2000 ميلي واط/سم².

3. المجموعة الثالثة: تضمنت 36 ضاحكاً وصلّبت الحاصرات بزمن 3 ثانية وشدّة تصليب 2500 ميلي واط/سم².

طرائق البحث:

حفظ العينات وتحضيرها:

غُسلت الضواحك بعد قلعها مباشرة بالماء الجاري بشكل جيد وذلك لإزالة الدم عنها، وأزيلت البقايا اللثوية والألياف الرباطية، ثم نظّفت بالفراشي الدوارة مع مسحوق الخفان.

ووضعت الضواحك في محلول الفورمول بتركيز 10 % لمدة 24 ساعة لمنع تراكم الجراثيم عليها، ثم حُفظت بعد ذلك في الماء المقطر بدرجة حرارة 4م لحين الاستخدام وذلك ضمن مدة تراوحت بين الشهر والستة أشهر (Iso,2001,7).

تُلمت الجذور من أجل إحداث تثبيت ميكانيكي فيها وذلك باستخدام قيصّة سنبلّة شاقّة مع مراعاة إعادة الضواحك إلى الماء المقطر ثانيةً للمحافظة عليها رطبة.

مُزج الراتنج الإكريلي ذاتي التماسر ضمن حنجور زجاجي ثم صبّ الإكريل ضمن قوالب.

غُمست الضواحك ضمن الراتنج الإكريلي إلى مستوى الملتقى المينائي الملاطي مع مراعاة أن يكون المحور الطولي للتاج عمودياً على القالب، فتوضع كل ضاحكة ضمن قالب لوحدها. الشكل(1)

تصميم البحث:

دراسة مخبرية مقارنة بين ثلاث مجموعات رئيسة لأزمّة وشدات مختلفة.

عينة البحث:

قُدّر حجم العينة باستخدام برنامج G*Power 3.1.9 وبالإستعانة بدراسة(verma p., 2016:168) في حساب حجم العينة بحساب أن الانحراف المعياري المتعلق بهذا المتغير 2.75 والمتوسط الحسابي 10.94 وعامل التأثير 0.41 بالاعتماد على قوة دراسة 95% ومستوى دلالة 0.05 و بتطبيق اختبار One –way Anova تبين أن حجم العينة 93 ضاحكاً وللتأكد من دقة الاختبار زيد عدد العينة إلى 108 ضاحكاً.

معايير انتقاء العينة:

1. أن تكون الضواحك مقلوعة حديثاً (Gomes, Portugal, & Jardim, 2014).
2. أن تكون ذات شكل وحجم سليمين.
3. أن يكون السطح الدهليزي خالياً من العيوب والشذوذات كسوء التصنع والتبقع الفلوري أو نقص التكلس (Bishara, Ostby, Laffoon, & Warren, 2007)
4. أن يكون السطح الدهليزي خالياً من النخور والترميمات السنية أو كسور ناتجة عن استخدام كلابات القلع (Bishara et al., 2007).
5. أن تكون الضواحك غير متعرضة لأي عملية تبييض أو فلورة (على الأقل قبل أسبوعين من القلع).
6. لم يسبق أن أُلصقت حاصرات على الضواحك المقلوعة.

تقسيم عينة البحث:

قُسمت العينة بشكل عشوائي إلى ثلاث مجموعات رئيسة متساوية بالعدد وفقاً لزمن وشدّة التصليب باستخدام جهاز التصليب الضوئي ثنائي القطب عالي الطاقة:

إذ صُلِّبَت الحاصرات بواسطة جهاز التصليب الضوئي ثنائي القطب عالي الطاقة (Woodpecker ILED Wireless Curing Light) الشكل (3) من مواصفات الجهاز:

- 1- الشدة تتراوح بين 1000 حتى 2500 ميلي واط/سم².
- 2- طول موجة الضوء الأزرق الصادر عنه تتراوح بين 420 - 480 نانومتر .
- 3- استطاعة الجهاز 5 واط.
- 4- ذو وزن خفيف ويمكن شحنه عبر بطارية الليثيوم



الشكل (3): جهاز تصليب ضوئي (Woodpecker iLED Wireless curing Light)

أُزيلت المادة اللاصقة عن حواف قاعدة الحاصرة مع مراعاة عدم تغيير وضع ومحور الحاصرة. الاختبار الميكانيكي لجهد القص: استخدم جهاز الاختبارات القياسي Instron Universal Testing Machine (model 6025, UK) الموجود في جامعة دمشق - كلية الهندسة الميكانيكية الكهربائية لتطبيق اختبار جهد القص. بعد إزالة العينة من الماء المقطر وتجفيفها، تُبْنَت قاعدة العينة ضمن قالب من الألمنيوم على ملزمة جهاز الاختبارات (Instron) لتكون وحدة تطبيق القوة (الشفرة الحادة) عمودية على سطح التماس بين الحاصرة المُلصقة والسطح الدهليزي للضاحك. الشكل (4)



الشكل (1): وضع الضواحك ضمن القوالب الإكريلية

أُعِيدت القوالب إلى أواني الماء المقطر ثانيةً بعد تأكيد تصلب الراتنج الإكريلي تصلباً كاملاً لتحفظ إلى حين إلصاق الحاصرات المعدنية. إلصاق الحاصرات المعدنية:

خُرِّش جزء من السطوح الدهليزية للأسنان بمساحة توازي مساحة قاعدة الحاصرة 10.4 ملم²، وذلك لحماية باقي السطح من أي تخريش أو أذية محتملة غير مرغوب فيها بالحمض المخرش حمض الفوسفور بتركيز 37 % لمدة 30 ثانية من شركة (American Orthodontics) غُسل السطح المخرش بشكل جيد لمدة 20 ثانية ثم جُفِّف بشكل كامل حتى ظهور المظهر الطيشوري.

وُضعت كمية قليلة من المادة الرابطة (Adhesive Bond) من شركة (American Orthodontics) على السطح المخرش، ثم وضعت طبقة رقيقة من المادة اللاصقة (الكومبوزيت) على سطح الحاصرة. أُصقت الحاصرة المعدنية بوصفة MBT ارتفاع الشق 0.022 من شركة (Master Series, American Orthodontics, Sheboygan, WI USA) على السطح الدهليزي في منتصف التاج موازية للمحور الطولي مع تطبيق ضغط خفيف. الشكل (2)



الشكل (2): حاصرات (Master Series, American Orthodontics)

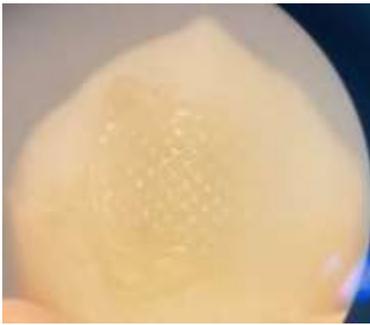


الشكل (6): جهاز المكبرة (Stroscope)



الشكل(4): اختبار القص

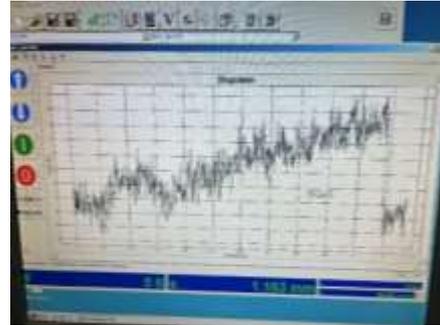
عُولجت الصور حاسوبياً بواسطة برنامج (Auto CAD) لتحديد مساحة اللاصق المتبقي. الشكل (7)



الشكل (7): تصوير السطح الدهليزي لدراسة مشعر بقايا المادة اللاصقة

إذ حُددت درجة المادة اللاصقة المتبقية على السطح، وأُعطيَت الدرجات حسب مشعر بقايا المادة اللاصقة المتبقية (Adhesive Remnant Index) ARI (Artun & Bergland) الجدول (1)

طُبقت قوة قاصة طاحنة لثوية بسرعة 1 ملم/دقيقة ثم سُجِّل مقدار قوة القص التي حصل عندها فشل الإلصاق مقدرةً بالنيوتن (N) ثم حُسبت قوة الإلصاق المقاومة لجهد القص والمقدرة بالميجاباسكال (Mpa) من خلال المعادلة التالية:
قوة الإلصاق المقاومة لجهد القص (الميجاباسكال) = القوة (نيوتن) ÷ مساحة سطح قاعدة الحاصرة (ملم²)
إذ حُسبت مقاومة الارتباط لكل عينة على حدة وتنظيمها في جداول خاصة. الشكل (5)



الشكل (5): تسجيل القوة المطبقة على الحاصرات والمقدرة بالنيوتن

دراسة مشعر بقايا المادة اللاصقة ARI:

فُحص سطح الميناء لكل ضاحك، وذلك باستخدام جهاز المكبرة (Stroscope) الموجود في جامعة دمشق كلية طب الأسنان قسم علوم الحياة بتكبير 20 مرة. الشكل (6)

المجموعات	عدد العينات	المتوسط الحسابي (Mpa)	الانحراف المعياري	أدنى قيمة	أعلى قيمة
الأولى	36	13.2	1.66	11.2	16.2
الثانية	36	9.66	1.71	6.77	12.8
الثالثة	36	8.42	1.39	6.15	10.5

المجموعة الأولى: زمن تصليب 20 ثانية وشدة تصليب 1200 ميلي واط/سم².

المجموعة الثانية: زمن تصليب 5 ثانية وشدة تصليب 2000 ميلي واط/سم².

المجموعة الثالثة: زمن تصليب 3 ثانية وشدة تصليب 2500 ميلي واط/سم².

أما الجدول (3) فيوضح نتائج اختبار التباين أحادي الجانب One Way Anova إذ نلاحظ وجود فروق دالة إحصائياً بين اثنين على الأقل من مجموعات الدراسة الثلاث إذ كانت قيمة الاحتمالية أصغر من 0.05 عند مستوى ثقة 95% .

الجدول (3): يوضح نتائج اختبار التباين أحادي الجانب One Way Anova لدراسة دلالة الفروق بين مجموعات الدراسة الثلاث

المتغير المدروس	مجموعات المقارنة	عدد العينات	F	P-value	دلالة الفروق
SBS	الأولى	36	44.6	0.00	توجد فروق دالة
	الثانية	36			
	الثالثة	36			

SBS* مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص

المجموعة الأولى: زمن تصليب 20 ثانية وشدة تصليب 1200 ميلي واط/سم².

المجموعة الثانية: زمن تصليب 5 ثانية وشدة تصليب 2000 ميلي واط/سم².

المجموعة الثالثة: زمن تصليب 3 ثانية وشدة تصليب 2500 ميلي واط/سم².

الجدول (1): يوضح درجات مشعر بقايا المادة اللاصقة

الدرجة	التعريف
1	لا يوجد مادة لاصقة على سطح السن
2	أقل من نصف المادة اللاصقة على سطح السن
3	أكثر من نصف المادة اللاصقة على سطح السن
4	كل المادة اللاصقة على سطح السن

الدراسة الإحصائية:

استُخدم برنامج SPSS (النسخة 25 SPSS Inc, Chicago, IL, United States of America) لتحليل نتائج البحث. تُرسّ توزع البيانات باستخدام اختبار Kolmogrov-Smirnov، لمعرفة ما إذا كان توزعها طبيعياً أو غير طبيعي وذلك لتحديد نوع الاختبارات المستخدمة (معلمية أو لا معلمية). وخضعت بيانات متغير مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص (SBS) لتوزع طبيعي وبناءً عليه استُخدم اختبار التباين أحادي الجانب One Way Anova، كما خضعت بيانات متغير مشعر بقايا المادة اللاصقة (ARI) لتوزع غير طبيعي وبناءً عليه استخدم الاختبار اللامعلمي Kruskal-Wallis.

النتائج:

1- دراسة تأثير زمن التصليب وشدته في مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص:

يوضح الجدول (2) الإحصاء الوصفي لتقييم مقاومة ارتباط الحاصرات المعدنية لجهد القص Shear Bond Strength (بالميجاباسكال)

الجدول (2): يوضح الإحصاء الوصفي لتقييم مقاومة ارتباط الحاصرات المعدنية لجهد القص Shear Bond Strength (بالميجاباسكال)

الجدول (5): الإحصاء الوصفي لقيم مشعر بقايا المادة اللاصقة (ARI)

الدرجة	المجموعات		
	الأولى*	الثانية**	الثالثة***
1	5	4	10
2	7	10	8
3	14	13	10
4	10	9	8

* المجموعة الأولى : زمن تصليب 20 ثانية وشدّة تصليب 1200 ميلي واط/سم².

** المجموعة الثانية: زمن تصليب 5 ثانية وشدّة تصليب 2000 ميلي واط/سم².

*** المجموعة الثالثة: زمن تصليب 3 ثانية وشدّة تصليب 2500 ميلي واط/سم².

يبين الجدول (6) نتائج الاختبار اللامعلمي -Kruskal-Wallis لدراسة جوهرية دلالة الفروق في تكرارات درجة بقاء المادة اللاصقة على سطح الأسنان بين مجموعات الدراسة الثلاث، إذ يلاحظ أن قيمة الاحتمالية كانت أكبر من 0.05 عند مستوى ثقة 95% أي ما يدل على عدم وجود فرق دال إحصائياً بين مجموعات الدراسة الثلاث بالنسبة لمتغير مشعر بقايا المادة اللاصقة.

الجدول (6): نتائج الاختبار اللامعلمي -Kruskal-Wallis لدراسة دلالة الفروق في تكرارات درجة بقاء المادة اللاصقة على سطح الأسنان (ARI)

التكرار	مجموعات المقارنة	عدد البيانات	كاي مربع	P-value	دلالة الفروق
ARI	الأولى	36	2.21	0.33	لا يوجد فرق
	الثانية	36			
	الثالثة	36			

ARI مشعر بقايا المادة اللاصقة

المجموعة الأولى* : زمن تصليب 20 ثانية وشدّة تصليب 1200 ميلي واط/سم².

** المجموعة الثانية: زمن تصليب 5 ثانية وشدّة تصليب 2000 ميلي واط/سم².

*** المجموعة الثالثة: زمن تصليب 3 ثانية وشدّة تصليب 2500 ميلي واط/سم².

ولمعرفة أي من مجموعات الدراسة تختلف عن الأخريات جوهرياً في قيم مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص (SBS) أُجري اختبار المقارنة الثنائية بين المجموعات وفقاً لطريقة Tukey HSD . الجدول (4)

الجدول (4): يوضح نتيجة المقارنة الثنائية بين المجموعات الثلاث بالنسبة لمقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص (SBS)

المجموعتان المقارنتان	متوسط الفرق	مستوى الدلالة	دلالة الفروق
الأولى* والثانية	3.597	0.00	يوجد فرق دال
الثانية** والثالثة	1.234	0.62	لا يوجد فرق دال
الأولى* والثالثة	4.831	0.00	يوجد فرق دال

المجموعة الأولى* : زمن تصليب 20 ثانية وشدّة تصليب 1200 ميلي واط/سم².

المجموعة الثانية** : زمن تصليب 5 ثانية وشدّة تصليب 2000 ميلي واط/سم².

المجموعة الثالثة*** : زمن تصليب 3 ثانية وشدّة تصليب 2500 ميلي واط/سم².

يُلاحظ في الجدول (4) أن هنالك فروق جوهرية إحصائية بين المجموعتين الأولى والثانية والمجموعتين الأولى والثالثة إذ كانت قيمة الاحتمالية أصغر من 0.05 عند مستوى ثقة 95% بينما لم يوجد فرق دال إحصائياً بين المجموعتين الثانية والثالثة إذ كانت قيمة الاحتمالية أكبر من 0.05 عند مستوى ثقة 95%.

2- دراسة تأثير زمن التصليب وشدته في مشعر بقايا المادة اللاصقة ARI: يوضح الجدول (5) الإحصاء الوصفي لقيم مشعر بقايا المادة اللاصقة (ARI)

المناقشة:

لطالما شغل موضوع تحقيق قوة ارتباط كافية للحاصرات التقويمية مساحة هامة من اهتمام المقيمين لسنوات عديدة، وقد تعددت العوامل المرتبطة بقوة ارتباط الحاصرات فمنها ما يتعلق بطريقة تهيئة السطوح المينائية ومنها ما يتعلق بنوع مادة الإلصاق إضافةً إلى الزمن والشدة المطلوبين لتصليب مادة إصاق الحاصرات التقويمية، وذلك لتأمين ثبات ومقاومة جيدين اتجاه كل من القوى الماضغة والتقويمية المطبقة.

مع تطور أجهزة التصليب الضوئية وتماشياً مع مستجدات التكنولوجيا طُوِّرت أجهزة تصليب ثنائية القطب عالية الطاقة ذات زمن مختصر قد يصل إلى 1 ثانية وشدة ضوئية عالية تصل حتى 3000 ميلي واط/سم².

وبالتالي قمنا في سياق هذا البحث بإجراء دراسة مخبرية مقارنة بين ثلاث أزمنة وشدات مختلفة باستخدام جهاز التصليب الضوئي ثنائي القطب عالي الطاقة وتقييم تأثيرها على مقاومة ارتباط الحاصرات المعدنية لجهد القص وتحري كمية المادة اللاصقة المتبقية على سطح الأسنان بعد فك ارتباط الحاصرات المعدنية التقويمية.

تألّفت عيّنة البحث من 108 ضاحكاً علوياً وُرِّعت عشوائياً إلى ثلاث مجموعات رئيسة وفقاً لزمن التصليب وشدته إذ تضمنت المجموعة الأولى 36 ضاحكاً علوياً صُلِّبت الحاصرات على الضواحك بزمن 20 ثانية وشدة تصليب 1200 ميلي واط/سم² كما تضمنت المجموعة الثانية 36 ضاحكاً صُلِّبت الحاصرات بزمن 5 ثانية وبشدة تصليب 2000 ميلي واط/سم² أما المجموعة الثالثة تضمنت 36 ضاحكاً علوياً صُلِّبت الحاصرات بزمن 3 ثانية وبشدة تصليب 2500 ميلي واط/سم².

استُخدمت الضواحك لعينة البحث كونها أكثر الأسنان استخداماً في أبحاث قوى الالتصاق المخبرية في الأدبيات الطبية في تقويم الأسنان (Fox, N.A., et al. 1994, 35). أُجري اختبار جهد القص عبر جهاز الاختبارات الميكانيكية Instron Universal Testing Machine كونه نموذجاً يحاكي قوى المضغ بالاتجاه العمودي بواسطة شفرة حادة ورقيقة بسرعة 1 ملم/دقيقة (Eliades and Brantley 2000, 10).

حُدِّدت كمية المادة اللاصقة المتبقية على سطح السن بعد فك ارتباط الحاصرات المعدنية بأخذ صور ضوئية للسطوح الدهليزية للأسنان بواسطة المكبرة الضوئية Stereoscope وتقييم الكمية المتبقية بواسطة مشعر بقايا المادة اللاصقة (Artun and Bergland, 1984, 334) (Adhesive Remnant Index) ARI.

• تأثير زمن التصليب وشدته على مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص (SBS):

أظهرت نتائج الدراسة الحالية عند مستوى ثقة 95% أن قيم مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص في المجموعة الأولى (زمن تصليب 20 ثانية وبشدة تصليب 1200 ميلي واط/سم²) أكبر بشكل دالٍ احصائياً إذ إن مستوى الدلالة أكبر من 0.05 منها في مجموعتي الدراسة الثانية (زمن تصليب 5 ثانية وبشدة تصليب 2000 ميلي واط/سم²) وأكبر منها في مجموعة الدراسة الثالثة (زمن تصليب 3 ثانية وبشدة تصليب 2500 ميلي واط/سم²) إذ بلغ متوسط المجموعة الأولى 13.26 ميغاباسكال، بينما لم توجد فروق ثنائية دالة احصائياً بين متوسط المجموعة الثانية والثالثة إذ بلغ متوسط المجموعة الثانية 9.66 ميغاباسكال ومتوسط المجموعة الثالثة 8.42 ميغاباسكال.

أمنت المجموعة الأولى التصاق عالي ولكن بقيم قد تكون خطيرة على الميناء السني إذ ذكر Reynolds (1975, 174) أن قوة الإلصاق المقاومة لإجهاد القص

التصليب بالمقارنة بين أزمنة مختلفة (15-10-6 ثانية) باستخدام جهاز التصليب ثنائي القطب عالي الطاقة.

- تأثير زمن التصليب وشدته على مشعر بقايا المادة اللاصقة (ARI):

أظهرت نتائج الدراسة الحالية وبمستوى ثقة 95 % عدم وجود فرق دال إحصائياً في تكرارات درجة بقاء المادة اللاصقة على سطح السن بين المجموعات الثلاث إذ ظهر لدينا الدرجة 3 هي الأكثر تكراراً في المجموعات الثلاث أي إنه حصل فك ارتباط الحاصرة (فشل ارتباطها) ضمن المادة اللاصقة أو ما يدعى بالفشل المختلط Cohesive failure إذ يلاحظ بقاء جزء من المادة اللاصقة على الحاصرة وجزء على الميناء (Artun et al, 1984,334) إذ تشير هذه الدرجة إلى تناقص خطر حدوث كسر أو أذية مينائية لكن قد تحتاج لوقت أطول عند تنظيف سطح الميناء.

وذلك قد يعود إلى التماثر غير الكامل للراتنج المركب تحت قاعدة الحاصرة نتيجة عدم قدرة الضوء المرئي على اختراق القاعدة المعدنية للحاصرة، فضلاً عن تأثير الهواء المحجوز خلف شبكة الحاصرة التقويمية على التماثر بسبب دور الأوكسجين في إعاقة تماثر الجذور الحرة التي قد تؤدي إلى قوة الإصاق أضعف بين شبكة الحاصرة التقويمية والراتنج المركب (Maijer et al, 1981,23) إذ يتعلق نمط حدوث فشل الإصاق بمجموعة من العوامل التي تتضمن طريقة تهيئة الميناء ونوع مادة الإصاق والحاصرات المستخدمة (Pseiner, et al. 2010,270)

اتفقنا مع الدراسات (Dall'igna, et al. 2011,157) Verma 2016,168, Alkhatieeb, et al. (2017,204) إذ لم يكن هناك فرق جوهري في مشعر بقايا المادة اللاصقة على سطح السن وكانت الدرجة 3 هي الأكثر تكراراً بين مجموعات دراستهم بأزمنة مختلفة أي إنه حدث فشل الإصاق ضمن مادة الإصاق التي تدل على

الكافية لمقاومة القوى الماضغة والتقويمية، التي تتراوح بين (5.9 - 7.8) ميغاباسكال بينما أمنت المجموعتين الثانية والثالثة ارتباط كافٍ للحاصرات ضمن الحدود المقبولة سريرياً.

وذلك بسبب وجود ارتباط بين زمن التصليب الضوئي ومقاومة ارتباط الحاصرات لإجهاد القص بناءً على درجة التماثر الضوئي التي تتعلق بزمن التصليب الضوئي المطبق والشدة الضوئية لجهاز التصليب المستخدم، أي الطاقة الكلية لجهاز التصليب، إذ إن معدلات التحويل أو التماثر الضوئي من وحدات التماثر (مونوميرات) إلى ثنائية التماثر (بوليميرات) تزداد بزيادة زمن التصليب الضوئي وبالتالي الطاقة الكلية التي يتلقاها الراتنج المركب. تعد أجهزة التصليب (LED) عالية الطاقة ذات كفاءة فيما يتعلق بكمية تشكل الجذور الحرة لأولية ونظراً إلى أن تماثر المادة اللاصقة يعتمد على توافر الطاقة الإجمالية Total Amount Of Energy للتفعيل الضوئي.

اتفقنا مع دراسة (Gomes,et al. 2014,80) التي وجدت أن اختصار زمن التصليب أبقى قيم مقاومة الحاصرات لجهد القص آمنة ومقبولة سريرياً حيث قارنت مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص مع أزمنة مختلفة باستخدام جهاز التصليب الضوئي ثنائي القطب عالي الطاقة إذ أبدت أعلى قيمة لمتوسط مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص عند تصليب 10 ثانية بينما لم يكن هناك فرق جوهري بين متوسطات قيم مقاومة ارتباط الحاصرات لجهد القص في الأزمنة المختصرة للتصليب (2-4-6-8 ثانية) حيث تراوحت المتوسطات بين (7.4 - 9.3) ميغاباسكال وهي قيم مقبولة سريرياً.

كما اتفقنا مع دراسة (Verma, 2016,16) إذ ازدادت قيم مقاومة ارتباط الحاصرات لإجهاد القص بزيادة زمن

الاستنتاجات:

في ضوء الدراسة الحالية نستنتج:

- 1- أن اختصار زمن التصليب حتى 3 ثانية و5 ثانية وارتفاع شدة التصليب حتى 2000 - 2500 ميلي واط/سم² أظهرت ارتباطاً جيداً للحاصرات التقويمية ضمن الحدود المقبولة سريرياً وبشكل آمن على الميناء السني.
- 2- أن زمن التصليب وشدته باستخدام جهاز التصليب (LED) عالي الطاقة لايوثران في كمية المادة اللاصقة المتبقية على سطوح الأسنان.

المقترحات :

1. إجراء دراسة سريرية تحاكي هذه الدراسة المخبرية وذلك لتحري تأثير البيئة الفموية في نتائج البحث.

قوة تماسك غير كافية للكومبوزيت التقويمي بالقرب من الحاصرة لكن هذا النمط من الفشل المختلط (Cohesive) يحافظ على الميناء من دون أذى.

نوصي ضمن حدود هذا البحث باختصار زمن وزيادة شدة تصليب الحاصرات التقويمية باستخدام جهاز التصليب ثنائي القطب عالي الطاقة- ضمن المتغيرات الحالية- إذ أمن قوة ارتباط كافية للحاصرات في الأزمنة المختصرة (3ثانية - 5 ثانية) إضافة إلى اختصار وقت الطبيب في إصاق الحاصرات التقويمية وزمن جلوس المريض على كرسي المعالجة.

من محدوديات هذه الدراسة أنها دراسة مخبرية لاتعكس البيئة الفموية من ناحية الرطوبة والتبدل الحراري.

References

1. Keim RG, Gottlieb EL, Nelson AH, & Vogels D. (2002) **.study of orthodontic diagnosis and treatment procedures**. Part 1. Results and trends. *J Clin Orthod*. 36(10):553-68. PMID: 12428306
2. Arnold, R. W., Combe, E. C., & Warford Jr, J. H. (2002). **Bonding of stainless steel brackets to enamel with a new self-etching primer**. *AMERICAN JOURNAL OF ORTHODONTICS AND DENTOFACIAL ORTHOPEDICS*, 122(3), 274-276.
3. Toledano, M., Osorio, R., Osorio, E., Romeo, A., De la Higuera, B., & García-Godoy, F. (2003). **Bond strength of orthodontic brackets using different light and self-curing cements**. *The Angle Orthodontist*, 73(1), 56-63.
4. Miletic, V., & Santini, A. (2010). **Micro-Raman assessment of the ratio of carbon-carbon double bonds of two adhesive systems cured with LED or halogen light-curing units**. *Journal of Adhesive Dentistry*, 12(6), 461.
5. Mills, R. (1995). **Blue light emitting diodes--another method of light curing?** *British dental journal*, 178(5), 169.
6. McCusker, N., Lee, S. M., Robinson, S., Patel, N., Sandy, J. R., & Ireland, A. J. (2013). **Light curing in orthodontics; should we be concerned?** *Dental Materials*, 29(6), e85-e90.
7. Pinto, C. M. d. S., et al. (2011). **"Evaluation of different LED light-curing devices for bonding metallic orthodontic brackets."** *Brazilian dental journal* 22: 249-25
8. Reynolds, I. (1975). **A review of direct orthodontic bonding**. *British journal of orthodontics*, 2(3), 171-178.
9. Coups-Smith, K., Rossouw, P., & Titley, K. (2003). **Glass ionomer cements as luting agents for orthodontic brackets**. *The Angle Orthodontist*, 73(4), 436-444.
10. Eliades, T., & Brantley, W. (2000). **The inappropriateness of conventional orthodontic bond strength assessment protocols**. *The European Journal of Orthodontics*, 22(1), 13-2
11. Nemeth, B. R., Wiltshire, W. A., & Lavelle, C. L. (2006). **Shear/peel bond strength of orthodontic attachments to moist and dry enamel**. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 129(3), 396-401.
12. Katona, T. R. (1994). **The effects of load location and misalignment on shear/peel testing of direct bonded orthodontic brackets—a finite element model**. *AMERICAN JOURNAL OF ORTHODONTICS AND DENTOFACIAL ORTHOPEDICS*, 106(4), 395-402.
13. Sakaguchi, R. L., & Powers, J. M. (2012). **Craig's restorative dental materials-e-book: Elsevier Health Sciences**.
14. Cehreli, S. B., Polat-Ozsoy, O., Sar, C., Cubukcu, H. E., & Cehreli, Z. C. (2012). **A comparative study of qualitative and quantitative methods for the assessment of adhesive remnant after bracket debonding**. *The European Journal of Orthodontics*, 34(2), 188-192.
15. Bishara, S. E., Ostby, A. W., Laffoon, J. F., & Warren, J. (2007). **Shear bond strength comparison of two adhesive systems following thermocycling: a new self-etch primer and a resin-modified glass ionomer**. *The Angle Orthodontist*, 77(2), 337-341.
16. Özer, T., Başaran, G., & Kama, J. D. (2010). **Surface roughness of the restored enamel after orthodontic treatment**. *AMERICAN JOURNAL OF ORTHODONTICS AND DENTOFACIAL ORTHOPEDICS*, 137(3), 368-374.
17. Verma, P. (2016). **Curing efficiency of three light emitting diode units at different curing profiles**. *Indian Journal of Dental Research*, 27(2), 168.
18. ISO, T. (1994). 11405. **Dental materials—Guidance on testing of adhesion to tooth structure**, 1-14.
19. Fox, N. A., McCabe, J. F., & Buckley, J. G. (1994). **A critique of bond strength testing in orthodontics**. *British journal of orthodontics*, 21(1), 33-43.
20. Arnold, R. W., Combe, E. C., & Warford Jr, J. H. (2002). **Bonding of stainless steel brackets to enamel with a new self-etching primer**. *AMERICAN JOURNAL OF ORTHODONTICS AND DENTOFACIAL ORTHOPEDICS*, 122(3), 274-276.

21. Özcan, M., Finnema, K., & Ybema, A. (2008). **Evaluation of failure characteristics and bond strength after ceramic and polycarbonate bracket debonding: effect of bracket base silanization.** *The European Journal of Orthodontics*, 30(2), 176-182.
22. Årtun, J., & Bergland, S. (1984). **Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment.** *American journal of orthodontics*, 85(4), 333-340.
23. Reynolds, I. (1975). **A review of direct orthodontic bonding.** *British journal of orthodontics*, 2(3), 171-178.
24. Gomes, P., Portugal, J., & Jardim, L. (2014). **Effect of high-powered LED-curing exposure time on orthodontic bracket shear bond strength.** *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial*, 55(2), 78-82.
25. Maijer, R., & Smith, D. C. (1981). **Variables influencing the bond strength of metal orthodontic bracket bases.** *American journal of orthodontics*, 79(1), 20-34.
26. Pseiner, B. C., Freudenthaler, J., Jonke, E., & Bantleon, H.-P. (2010). **Shear bond strength of fluoride-releasing orthodontic bonding and composite materials.** *The European Journal of Orthodontics*, 32(3), 268-273.
27. Dall'Igna, C. M., Marchioro, E. M., Spohr, A. M., & Mota, E. G. (2011). **Effect of curing time on the bond strength of a bracket-bonding system cured with a light-emitting diode or plasma arc light.** *The European Journal of Orthodontics*, 33(1), 55-59.
28. Al-Khatieeb, M. M., Nahidh, M., & Al-Khawaja, N. F. (2017). **Effect of reducing curing time on the shear bond strength of metal orthodontic brackets: An in vitro comparative study.** *International Journal of Sciences and Research*, 6(6), 201-206.
29. Ewoldsen, N. (1995). **Effects of enamel conditioning on bond strength with a restorative light-cured glass ionomer.** *J Clin Orthod*, 29, 621-624.
30. Endoa T, Ozoeb R, Shinkaic K, Shimomurad J, Katohe Y, Shimookaf S, **Comparison of shear bond strengths of orthodontic brackets bonded to deciduous and permanent teeth.** *Am J Orthod Dentofacial Othop* 2008;134:198-202.
31. Koran, P., Kürschner, R. J. J. o. E., & Dentistry, R. (2001). **effects of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization.** *I3(2)*, 140-141.
32. Palomares, N. B., Sampaio-Filho, H., de Oliveira Almeida, M. A., & Miguel, J. A. M. J. W. j. o. o. (2008). **Effect of high-intensity LED units at reduced curing time on in vitro bond strength of orthodontic brackets.** *9(3)*.