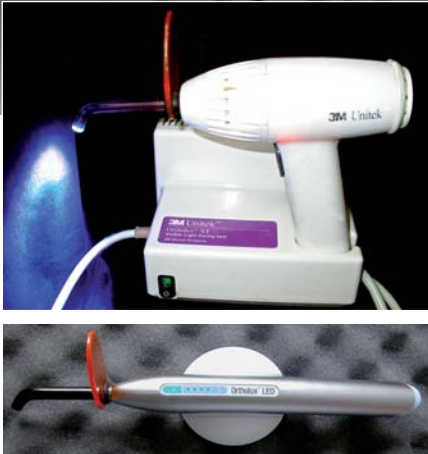


# Performance *in vitro* de brackets collées photopolymérisés avec la lampe LED.

## Mots clés :

Brackets orthodontiques  
Résistance au cisaillement  
LED curing  
Photopolymérisation



*In vitro performance of bonded brackets cured with LED.*

## Keywords :

Orthodontic brackets  
Shear strength  
LED curing  
Photopolymerization

A. CAMPOS CABRAL\*, J. PEDRA e CAL-NETO\*\*, C. CANAVARRO\*\*,  
A. de MORAES MENDES\*\*\*, J.A. MENDES MIGUEL\*\*\*

\* Specialist in Orthodontics, Private practice in Rio de Janeiro, Brazil

\*\* PHD Resident, State University of Rio de Janeiro

\*\*\* Professor, Department of Orthodontics, State University of Rio de Janeiro

**r é s u m é** Le but de cette étude était de comparer la résistance au cisaillement de brackets orthodontiques collés sur des dents de bovin, photopolymérisés avec une lampe halogène ou une lampe LED. Des brackets métalliques, Standard Edgewise, ont été collés sur 60 incisives de bovin avec l'adhésif Transbond XT. Les spécimens ont été divisés en deux groupes égaux : un groupe témoin, avec les dents et brackets photopolymérisés pendant 20 secondes (Ortholux XT Curing Light, 3M Unitek) et un groupe expérimental, ayant eu une photopolymérisation pendant 10 secondes (Ortholux LED Curing Light, 3M Unitek). Les dents ont été soumises à un test de résistance au cisaillement dans une machine à tester universelle EMIC (DL500MF) jusqu'au décollement des brackets. Le Test t de Student n'a pas montré de différence significative entre les 2 groupes (P=0.56). Le test de Chi-Deux n'a pas révélé de différence dans la quantité d'adhésif restant sur la dent entre les groupes en utilisant l'IAR (Indice de l'Adhésif Restant) (P=0.76). Il a été conclu que la résistance au cisaillement de brackets collés photopolymérisés avec une lampe LED, *in vitro*, est compatible avec une utilisation clinique.

**abstract** The aim of the present study was to compare the shear strength of orthodontic brackets bonded on bovine teeth and light cured with halogen and LED light-curing units. Standard Edgewise metallic brackets were bonded on 60 bovine incisors with the adhesive Transbond XT. The specimens were equally divided into control group, light cured for 20 seconds (Ortholux XT Curing Light, 3M Unitek) and study group, light cured for 10 seconds (Ortholux LED Curing Light, 3M Unitek). The teeth were submitted to the shear strength test in a universal testing machine EMIC (DL500MF) until debonding of brackets. The Student t test did not reveal significant difference between groups (P=0.56). The chi-square test did not find any difference in the adhesive remnant using the ARI (Adhesive Remnant Index) index on each tooth between groups (P=0.76). It was concluded that the shear bond strength of brackets cured with LED light curing unit, *in vitro*, was compatible with clinical usage.

soumis pour publication le 27/08/07  
accepté pour publication le 12/12/07

Depuis 1964, des sources de lumières visibles ont été employées pour le collage de brackets orthodontiques, avec comme avantages : facilité d'utilisation et temps de travail plus long permettant un meilleur positionnement de bracket.

Selon ALTHOFF et HARTUNG (2000), la plus grande part de l'énergie des lampes à halogène des appareils de photopolymérisation conventionnels est convertie en chaleur et seulement une petite partie se transforme en lumière. Cette chaleur produite pendant la photopolymérisation étant néfaste, une solution permettant une polymérisation plus courte mais adéquate et sans élévation de température a été recherchée.

Les systèmes LED (diode électroluminescente) émettent une lumière avec une faible élévation de température. L'analyse de ce système montre qu'il n'y a aucune émission de lumière ultra-violette (UV) délétère pour l'homme. Les lampes LED sont plus résistantes aux chocs et aux vibrations comparées aux lampes incandescentes et ont une durée de vie plus longue (Burgess et coll., 2002). Une polymérisation efficace exige 20-40 secondes de photopolymérisation avec un système halogène, ce qui représente un temps considérable pour le collage de tous les brackets, tandis que des unités laser argon ne nécessitent que 10 secondes (Klocke et coll., 2002) pour le même résultat.

Divers appareils LED sont disponibles, avec un nombre variable de lampes et d'intensités différentes, permettant ainsi un large éventail de polymérisations. Dans la pratique orthodontique, le grand avantage de systèmes de photopolymérisation est la possibilité d'un temps de travail allongé pour la pose de brackets sur la surface de l'émail ; un temps de polymérisation plus court (10 secondes) de la lampe LED est particulièrement utile. Cette étude *in vitro* a été effectuée pour étudier l'efficacité de collages de brackets orthodontiques avec des lampes LED comparées aux lampes halogènes conventionnelles.

## Matériels et méthodes

L'échantillon était composé de 60 dents de bovin ; chaque dent a reçu un bracket Standard Edgewise pour des incisives maxillaires (Victory Series 3M Unitek). Tous les brackets ont été placés avec un segment de fil rectangulaire 0.019" x 0.025" avant la photopolymérisation, pour que la base du bracket soit horizontale et perpendiculaire à la force de cisaillement. L'échantillon a été divisé en deux groupes :

1/ groupe témoin (halogène) : composé de 30 dents, photopolymérisé avec Ortholux XT Visible Light

Visible light curing units have been employed since 1964 for bonding of orthodontic brackets, providing advantages such as easy utilization and longer working period to allow better bracket placement.

According to Althoff and Hartung (2000), most energy released from conventional halogen light curing units is converted into heat and only a small amount turns into light. Since this heat generated during curing should be avoided, an alternative that might allow adequate curing without temperature rise at shorter curing time was searched.

Light-emitting diode (LED) light-curing unit emits light with lower heat generation. Analysis of this system indicated that there is no emission of ultraviolet light (UV) and thus safe to human. LED lamps are more resistant to shock and vibration comparing to incandescent lamps and have longer lifespan (Burgess et al., 2002). Adequate polymerization requires 20-40 seconds of light curing with halogen curing units, thus requiring considerable time for bonding of brackets on the entire arch, whereas argon laser units performs similar curing in only 10 seconds (Klocke et al., 2002). Different LED curing light units are commercially available, with different numbers of lamps and light intensities, thus leading to different curing potentials. In orthodontics, the great advantage of light curing systems is the possibility of longer working time for bracket placement on the enamel surface before polymerization occurs. The shorter curing time (10 seconds) with LED light curing units is adequate.

This *in vitro* study was conducted to investigate the efficiency of bonding of orthodontic brackets with LED compared to conventional halogen light curing units.

## Materials and methods

The study sample was composed of 60 bovine maxillary incisors on each of which received a Standard Edgewise bracket (Victory Series 3M Unitek). All brackets were positioned using a segment of rectangular wire 0.019" x 0.025" as guidance before light curing so that the bracket slot was parallel to the ground and perpendicular to the applied shear force. The sample was divided into two groups :

1/ control group (halogen): composed of 30 teeth, light cured with Ortholux XT Visible Light Curing

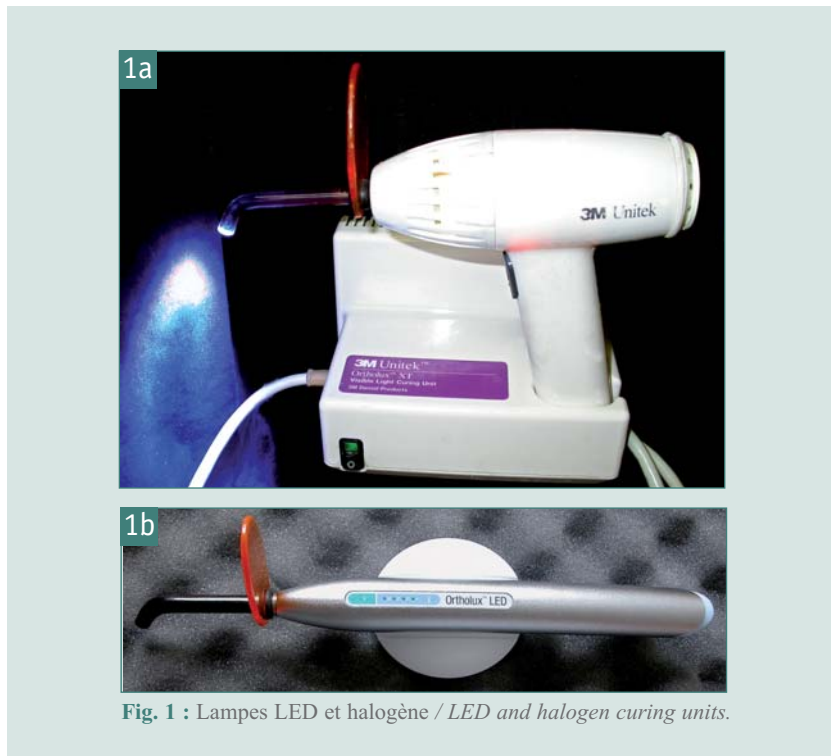


Fig. 1 : Lampes LED et halogène / LED and halogen curing units.

Curing (3M Unitek avec intensité > 600mW/cm<sup>2</sup>), à une puissance de 100W pendant 20 secondes (10 secondes sur la face mésiale et 10 secondes sur la face distale) ;

2/ groupe d'étude (LED) : composé de 30 dents, photopolymérisé avec une lampe LED Ortholux (3M Unitek avec l'intensité de 1000mW/cm<sup>2</sup>), à une puissance de 10W pendant 10 secondes (5 secondes sur la face mésiale et 5 secondes sur la face distale) (Fig. 1).

Le test de résistance au cisaillement a été effectué avec une machine à tester universelle (EMIC MFdl 500) à une vitesse de 0,5 mm/minute. La force exigée a été enregistrée sur papier millimétré par une imprimante connectée à la machine. La charge appliquée a été enregistrée en Newton et la résistance au cisaillement en méga Pascal (la charge en Newton/la surface de la base de bracket).

Après décollement, les brackets ont été examinés à l'aide d'un microscope à lumière (15x) pour évaluer l'Indice d'Adhésif Restant (IAR). A chaque échantillon a été assigné une note de 0 à 3, comme proposé par Artun et Bergland (1984). L'échelle suivante a été employée :

- 0/ absence d'adhésif sur émail ;
- 1/ moins de 50 % d'adhésif restant sur émail ;
- 2/ plus de 50 % d'adhésif restant sur émail ;
- 3/ 100 % d'adhésif restant sur l'émail après décollement. L'examineur était un professionnel calibré travaillant à l'aveugle, ne connaissant ni l'objectif de l'étude, ni les groupes.

(3M Unitek with intensity > 600mW/cm<sup>2</sup>), at a power of 100W during 20s (10s on the mesial and 10s on the distal aspect) ;

2/ study group (LED) : composed of 30 teeth, light cured with Ortholux LED Curing Light (3M Unitek with intensity of 1000mW/cm<sup>2</sup>), at a power of 10W during 10s (5s on the mesial and 5s on the distal aspect) (Fig. 1).

The shear strength test was performed under an universal testing machine (EMIC MFdl 500) at a cross-head speed of 0.5 mm/min. The force required was recorded on millimeter paper by a printer connected to the machine. The load applied was recorded in Newton and the shear strength in megapascals (load in Newton / area of bracket base).

After debonding, the brackets were analyzed under a light microscope (15x) to evaluate the Adhesive Remnant Index (ARI). Each specimen was assigned a score from 0 to 3, as suggested by Artun and Bergland (1984). The following scores were employed :

- 0/ absence of adhesive on enamel ;
- 1/ less than 50 % of adhesive remaining on enamel ;
- 2/ more than 50 % of adhesive remaining on enamel ;
- 3/ 100 % of adhesive remaining on the enamel after debonding. The examiner was a calibrated professional, blinded to the study groups and to the study purpose.



**Tableau I - Résultats du test de t comparant les valeurs de la résistance au cisaillement de chaque groupe.**

*Results of Student t test comparing the shear strength values of groups.*

Groupe / Group	n	Moyenne Mean (Mpa)	Ecart type SD (Mpa)
1- Groupe témoin (halogène) <i>Control Group (halogen)</i>	30	11,32*	5,13
2- Groupe d'étude (LED) <i>Test Group (LED)</i>	30	12,14*	5,18

\*différence non significative (P=0,56) / non-significant difference (P=0.56)

**Tableau II - Résultat de la fréquence de distribution de l'analyse du test de Chi2 de l'IAR des groupes d'étude.**

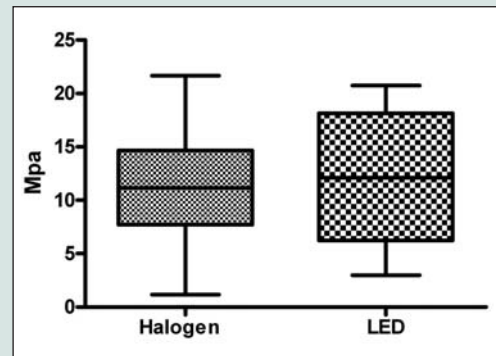
*Frequency distribution of chi-square analysis results of ARI for the study groups.*

Groupe / Group	Echelle de l'IAR* / ARI Scores*			
	0	1	2	3
Groupe témoin (halogène) <i>Control Group (halogen)</i>	10	9	6	5
Groupe d'étude (LED) <i>Test Group (LED)</i>	13	6	7	4

\* $\chi^2 = 1,18$  ; P = 0,76

**Graphique 1 – Graphe « Box plot » des valeurs de la force d'adhésion de chaque groupe.**

*« Box plot » graph of the bond strength values of groups.*



Les moyennes et les écart-types des données obtenues ont été calculés, ainsi que les forces minimales et maximales pour chaque groupe. Les valeurs de résistance au cisaillement ont été initialement évaluées par le test t de Student, et les scores ARI obtenus ont été analysés par le test non-paramétrique de Chi<sup>2</sup>.

## Résultats

Dans cette étude, la comparaison de la force de résistance au cisaillement de brackets orthodontiques collés polymérisés avec 2 types différents d'appareils à photopolymériser, à savoir Ortholux A LED Curing Light et Ortholux XT Visible Light, ont montré respectivement les valeurs moyennes de 12,14 MPa et 11,32 MPa. Le test t de Student n'a pas révélé de différence dans la force d'adhésion entre des groupes (P=0,56). Les résultats sont présentés dans le **Tableau I** et le **Graphique 1**. L'Index de l'Adhésif Restant (IAR) a été utilisé pour évaluer le mode de fracture après décollage des deux groupes en indiquant la quantité de composite restant sur la dent. La distribution de fréquence et les résultats d'analyse Chi<sup>2</sup> de l'IAR sont présentés dans le **Tableau II**. De même, il n'y avait aucune différence significative entre les 2 groupes (P=0,76 ;  $\chi^2 = 1,179$ ).

The means and standard deviations were calculated, as well as the minimum and maximum forces for each group. The shear strength values were initially evaluated by the Student t test, and the obtained ARI scores were analyzed by the non-parametric chi-square test.

## Results

In the present study, comparison of the shear strength of bonded orthodontic brackets cured with 2 different types of light curing units, namely Ortholux LED Curing Light and Ortholux XT Visible Light, revealed mean values of 12.14 MPa and 11.32 MPa, respectively. The Student t test did not reveal any evidence that might suggest difference in bond strength between groups (P=0.56). The results are presented in **Table I** and **Graph 1**. The Adhesive Remnant Index (ARI), indicating the amount of composite remaining on the tooth, was used to evaluate the fracture mode after debonding in both groups. The frequency distribution and results of chi-square analysis of the ARI are presented in **Table II**. Similarly, there was no significant difference between groups (P=0.76 ;  $\chi^2 = 1.179$ ).



## Discussion

La lampe halogène présente un inconvénient car elle produit une élévation de température à la surface du matériel à photopolymériser (Dunn et Taloumis, 2002). La diode électroluminescente (LED) a été développée comme une possibilité pour permettre la polymérisation correcte de matériaux de résine sans une augmentation néfaste de température.

Ces systèmes ne contiennent pas de filaments chauffés à de hautes températures comme dans les lampes halogènes et emploient des semi-conducteurs pour une production de lumière sans chaleur. Les lampes LED présentent plusieurs avantages : un meilleur rapport coût/bénéfice, une taille plus compacte, une production de chaleur plus basse et une durée de vie des lampes plus longue comparée aux lampes halogènes (Duke 2001).

Türkkahraman et Küçükeşmen (2006) ont évalué le collage de brackets céramiques sur des surfaces céramiques en comparant des lampes LED et halogènes. Les résultats ont montré que la polymérisation était plus efficace avec les LED. Sur un sujet équivalent, Arikan et coll. (2006) ont comparé le micro-hiatus résiduel se trouvant sous des brackets métalliques ou céramiques collés par des systèmes LED ou halogènes. La meilleure combinaison, avec les valeurs de micro-hiatus les plus faibles, a été observée pour des brackets céramiques collés avec des lampes LED.

Les résultats de la présente étude n'ont pas révélé de différence significative dans les valeurs de force d'adhésion obtenues par les lampes LED et halogènes pour le collage orthodontique. La lampe LED examinée présente une intensité lumineuse plus élevée ( $1000\text{mW}/\text{cm}^2$ ) et une puissance inférieure (10W) que la lampe halogène ( $600\text{mW}/\text{cm}^2$  et 100W). L'adhésif était photo-polymérisé pendant 10 secondes, c'est à dire la moitié du temps requis pour des lampes conventionnelles, sans diminution significative de la résistance au cisaillement des brackets.

Bien qu'il n'y ait pas universellement de valeur minimale acceptée, il a été suggéré que des valeurs d'adhésion de 8 à 9 MPa sont suffisantes, afin de supporter les forces normalement utilisées pendant un traitement orthodontique (Sunna et Rock, 1999). Hobson et coll. (2001) ont démontré que, même s'il y a contamination, moins de 14 % des brackets collés présentaient un échec quand ils sont soumis à une force de 8 MPa. Dans cette étude, les échecs de collage se produisirent lors de l'application de forces de 11,32 à 12,14 MPa en moyenne. Ces résultats sont conformes à d'autres études (Dunn et Taloumis, 2002 ; Cacciafesta et coll., 2002 ; Swanson et coll., 2004), suggérant que des valeurs de force d'adhésion correctes puissent être obtenues avec l'utilisation de la lampe LED.

## Discussion

Halogen light curing units present the disadvantage of generating temperature rise on the surface of the material to be cured (Dunn and Taloumis, 2002). LED light curing units have been developed as an alternative to allow adequate curing of resin materials without temperature rise.

LED lamps do not contain filaments heated to high temperatures as halogen lamps, and employ semiconductor fuses for production of light without heat. The LED curing light presents several advantages such as better cost-benefit relationship, more compact format, lower heat generation and longer life span compared to halogen curing light units (Duke 2001).

Türkkahraman and Küçükeşmen (2006) evaluated the bonding of ceramic brackets on ceramic surfaces comparing LED and halogen curing units. The results revealed that curing was more effective when LED curing units were employed. On a related topic, Arikan et al. (2006) compared the microleakage in metallic and ceramic brackets using LED and halogen curing units. The better combination, with the lowest microleakage values, was observed for ceramic brackets cured with LED units.

The results of the present study did not reveal any significant difference in bond strength values obtained by utilization of LED and halogen curing units for orthodontic bonding. The LED curing unit investigated presents higher light intensity ( $1000\text{mW}/\text{cm}^2$ ) and lower power (10W) than the halogen curing unit ( $600\text{mW}/\text{cm}^2$  and 100W). The adhesive was light cured for 10 seconds, which is half the time required for conventional units, without significant decrease of the shear strength of brackets.

Even though there is no universally accepted minimum value, it has been suggested that bonding values of 8 to 9 MPa are sufficient to resist the forces normally delivered during orthodontic treatment (Sunna and Rock, 1999). Hobson et al. (2001) demonstrated that, even if there is contamination, less than 14 % of bonded brackets present failure when submitted to a stress of 8 MPa. In this study, adhesive failures occurred during application of forces from 11.32 to 12.14 MPa on average. These results are in accordance with other investigations (Dunn and Taloumis, 2002 ; Cacciafesta et al., 2002 ; Swanson et al., 2004), suggesting that adequate bond strength values may be obtained with LED curing units.

Swanson et coll. (2004) ont obtenu des valeurs de 14,9 MPa pour une lampe halogène et 13,5 MPa et 12,13 MPa pour deux types de lampes LED, sans différence significative entre elles. Cacciafesta et coll. (2002) ont comparé la photo-polymérisation par la lampe halogène (10 secondes) avec celle obtenue par la lampe LED (6 secondes). Aucune différence significative n'a été trouvée entre les groupes après le test de la force au cisaillement. Dunn et Taloumis (2002) ont obtenu des résultats similaires, sans observation de différence significative en comparant 4 types de lampes, deux lampes halogènes et deux LED. Les systèmes LED sont variés avec de nombreux types différents de lampes. Les études publiées n'ont pas jusqu'ici évalué si cette variation avait une influence directe sur la force d'adhésion.

Les variations en valeurs dans les différentes études peuvent être liées au type de surface collée (Cacciafesta et coll., 2002). Des études antérieures ont démontré que l'émail humain et bovin étaient semblables quant à leurs propriétés physiques et leur composition, bien que les valeurs de force d'adhésion des brackets à l'émail bovin soient significativement plus basses comparées à celles obtenues avec un émail humain (Oesterle et coll., 1998). Cependant, des incisives bovines ont été utilisées dans cette étude parce qu'elles sont facilement obtenues à bas prix et présentent de fortes ressemblances morphologiques avec l'émail humain.

L'évaluation du résultat de l'Indice d'Adhésif Restant (IAR) n'a pas indiqué de différence significative dans les sites d'échec adhésif entre les groupes ( $P=0,76$ ). Des études précédentes ont montré que l'utilisation de la lampe LED laissait plus de 50 % d'adhésif restant sur la structure dentaire après décollement et que l'échec d'adhésion est plus fréquemment observé à l'interface adhésif-bracket (Dunn et Taloumis, 2002 ; Swanson et coll., 2004 ; Buyukylmazit et coll., 2003). Ce résultat est un avantage car l'un des soucis principaux des cliniciens est de garder la surface d'émail intacte, sans fêlure ou fracture après dépose des brackets orthodontiques (Bishara et coll., 2005). Dans l'étude présente, dans les deux groupes, 19 des 30 spécimens de chaque groupe ont montré moins de 50 % de reste d'adhésif sur la surface dentaire après décollement. C'est-à-dire que les échecs se produisent principalement entre l'émail et l'adhésif. Cependant, il n'y a eu aucune fracture ou perte d'émail en raison du décollement et la petite quantité de résine composite résiduelle a permis d'améliorer la procédure de polissage des dents.

De nouvelles études évaluant la performance clinique des sources lumière LED, y compris le suivi du collage des brackets pendant le traitement orthodontique, devraient être réalisées pour valider et recommander l'utilisation de la source lumière LED.

Swanson et al. (2004) obtained values of 14.9 MPa for halogen curing units, and 13.5 MPa and 12.13 MPa for two LED curing units, without significant difference among them. Cacciafesta et al. (2002) compared the light curing of halogen curing units (10 seconds) with that obtained by LED curing units (6 seconds). No significant difference was found between groups after the shear strength test. Dunn and Taloumis (2002) obtained similar results, without any significant difference in the comparison among 4 types of curing units, being two halogen curing units and two LED curing units. The LED systems are presented in various type of lamps. Published studies so far have not evaluated if this variation has any direct influence on the bond strength.

Variations in values in the different studies may be related to the type of bonded surface (Cacciafesta et coll., 2002). Previous studies demonstrated that human and bovine enamel are similar as to their physical properties and composition, even though the bond strength values of brackets to bovine enamel are significantly lower compared to human enamel (Oesterle et al., 1998). However, bovine incisors were used in the present study because they are easily obtained, have low cost and present strong morphological similarities with human enamel.

Evaluation of ARI scores did not indicate significant difference in the sites of adhesive failure between groups ( $P=0.76$ ). Previous studies have demonstrated that LED curing units is usually related with more than 50 % of adhesive remaining on the tooth structure after debonding, and that the adhesive failure is most frequently observed at the adhesive-bracket interface (Dunn and Taloumis, 2002 ; Swanson et al., 2004 ; Buyukylmazit, et al., 2003). This is advantageous, since one of the main concerns of clinicians is to keep the enamel surface intact, without cracks or fractures after debonding of orthodontic brackets (Bishara et al., 2005). In the present study, in both groups, 19 out of 30 specimens in each group exhibited less than 50 % of adhesive remaining on the tooth structure after debonding. It means that failures occurred primarily between enamel and adhesive. However, there were no enamel cracks or losses due to debonding, and the small amount of composite enhances the tooth polishing procedure.

Further studies evaluating the clinical performance of LED curing units, including follow-up of bracket bonding during orthodontic treatment, should be conducted to validate and recommend the use of LED curing units in large scale.

