

Effect of water and saliva contamination on the shear bond strength of a new light-cured cyanoacrylate adhesive

Vittorio Cacciafesta*, M. Francesca Sfondrini*, Sara Gatti*, Catherine Klersy**

* Department of Orthodontics, University of Pavia, Italy.

** Scientific Direction, Clinical Epidemiology and Biometry Unit, IRCCS Policlinico San Matteo, Pavia, Italy.

Correspondence to:

Vittorio Cacciafesta

c/o Studio Prof. Sfondrini

Via Libertà, 17 – 27100 Pavia – Italy

Phone and Fax: +39.0382.35.075

Aim. The purpose of the study was to assess the effect of water and saliva contamination on the shear bond strength and site of bond failure of two different orthodontic adhesives (Transbond XT and cyanoacrylate Smartbond LC). **Materials and Methods.** 120 bovine permanent mandibular incisors were randomly divided into 6 groups, and each group consisted of 20 specimens. Each adhesive was tested under three different enamel surface conditions: 1) dry, 2) water contamination, 3) saliva contamination. 120 stainless steel brackets (0.018-inch slot DB, Leone) were bonded in each test group with the respective adhesive. After bonding, all samples were stored in distilled water for 24 hours and subsequently tested in a shear mode on an Instron Universal Testing Machine. Shear bond strength and site of bond failure were evaluated. Kruskal-Wallis and Fisher's exact tests were applied to determine significant differences in terms of bond strength among the 6 groups. The chi-square test was used to determine significant differences in the Adhesive Remnant Index (ARI) scores. **Results.** Transbond XT showed the highest bond strength values when it was applied onto dry enamel ($P < 0.0002$). No significant differences were reported when Transbond was used either on water- or saliva- contaminated enamel ($P = 0.5$), however the bond strength values were significantly low. For Smartbond LC no significant differences were found between dry and moist with water conditions ($P = 0.3$). Significantly higher bond strength values were reported when Smartbond LC was used on saliva contaminated enamel ($P = 0.002$). Significant differences in debond locations were found among the different groups. **Conclusions:** The use of a cyanoacrylate adhesive is indicated under moist conditions (particularly saliva), and when a short setting time is required. This can be considered advantageous in clinical orthodontic bonding compared to conventional composites.

Cacciafesta V, Sfondrini MF, Gatti S, Klersy C. Effect of water and saliva contamination on the shear bond strength of a new light-cured cyanoacrylate adhesive. *Prog Orthod* 2007;8(1):100-111.

Introduction

The bonding of brackets with conventional composite resins involves a series of technique-sensitive steps and requires completely dry and isolated fields of operation throughout the bonding procedure to obtain clinically acceptable bond strengths. Thus, moisture contamination is considered as the most common reason for bond failure. The clinician is often faced with the problem of bonding in an environment with an increased contamination risk from fluids¹. This

may be a particular concern in the bonding of surgically exposed canines or partially erupted premolars, especially in the mandibular arch, where the majority of bracket failures are usually located². In an attempt to overcome these problems during the bonding procedure, several manufacturers have introduced adhesives that can perform either in the presence of saliva or in the presence of water. In 1993 a commercially available ethyl-cyanoacrylate material was tested as an orthodontic bracket adhesive and found to have signi-

ficantly higher tensile strength than a conventional composite: after 50, 100, 150 days in a saline solution the cyanoacrylate showed no decline in tensile bond strength³.

Other authors⁴ found that cyanoacrylate has a particularly high bond strength and has a short setting time of 5 seconds at the most. No light-curing or primer is necessary. Very recently, a new light-cured cyanoacrylate adhesive (Smartbond LC) was introduced in the orthodontic market. Its manufacturer claims that it can bond both dry

Scopo. Il presente studio intende valutare gli effetti della contaminazione da acqua e saliva sulla resistenza al taglio e sulla sede della mancata tenuta del legame di due diversi adesivi ortodontici (Transbond XT e Smartbond LC al cianoacrilato). Materiali e Metodi. Centoventi incisivi permanenti mandibolari bovini sono stati divisi casualmente in 6 gruppi, con ogni gruppo che alla fine è risultato costituito da 20 campioni. Ogni adesivo è stato testato con tre diverse condizioni dello smalto di superficie: 1) secco, 2) contaminazione da acqua, 3) contaminazione da saliva. Si sono utilizzati 120 impianti in acciaio inossidabile (0,018 pollici slot DB, Leone), sottoposti a bonding in ogni gruppo testato con il rispettivo adesivo. Successivamente al bonding, tutti i campioni sono stati immersi in acqua distillata per 24 ore e successivamente testati in modalità di taglio su una Macchina per Test Universale Instron. Sono state valutate la resistenza al taglio e la sede della mancata tenuta del legame. Sono stati implementati i test corretti di Kruskal-Wallis e Fisher per determinare differenze significative in termini di resistenza al taglio tra i 6 gruppi. È stato utilizzato il test chi-square per determinare differenze significative a livello score Adhesive Remnant Index (ARI). Risultati. Transbond XT ha permesso di ottenere i più alti valori di tenuta al taglio quando applicato sullo smalto asciutto ($P < 0,0002$). Non sono state riferite differenze significative quando è stato utilizzato Transbond su smalto contaminato con acqua o saliva ($P = 0,5$), tuttavia i valori di resistenza al taglio sono risultati significativamente bassi. Per quanto riguarda Smartbond LC non sono rilevate differenze significative tra l'asciutto o il bagnato nel caso del test con la contaminazione da acqua ($P=0.3$). Sono invece stati riferiti valori di resistenza al taglio significativamente superiori quando è stato utilizzato Smartbond LC su smalto contaminato da saliva ($P = 0,002$). Sono state riferite differenze significative per quanto riguarda le posizioni del debond tra i diversi gruppi. Conclusioni. L'utilizzo di un adesivo a base di cianoacrilato risulta utile in condizioni umide (soprattutto nel caso della saliva) e quando è necessario un tempo di posa minimo. Potrebbe risultare utile come bonding ortodontico per uso clinico rispetto ai compositi tradizionali.

Key words: Bonding; Brackets; Bond strengths; Smart Bond LC.

and moist enamel.

Since liquid contamination in the oral cavity can significantly affect the bond strengths of orthodontic adhesives during the bonding procedure, the purpose of the present study was to assess the effect of water and saliva contamination on the shear bond strength and site of bond failure of two different orthodontic adhesives, Transbond XT and Smartbond LC. Each adhesive was tested under three different enamel surface conditions:

- dry;
- water contamination;
- saliva contamination.

Materials and methods

One hundred and twenty freshly extracted bovine permanent mandibular incisors were collected from a local slaughterhouse. The criteria for tooth selection included intact buccal enamel with no cracks caused from extraction and no caries. The teeth were stored in a solution of 0.1% (weight/volume) thymol for 1 week at 4° C. The teeth were cleansed of soft tissue and embedded in cold-curing, fast-setting acrylic. Each tooth was oriented so that its labial surface was parallel to the shearing force. The teeth

were randomly assigned to one of 6 groups. Each group consisted of 20 specimens. Before bonding, the facial surface of each incisor was cleansed for ten seconds with a mixture of water and fluoride-free pumice in a rubber polishing cup using a low-speed handpiece. The enamel surface was water-rinsed to remove pumice or debris, and then dried with an oil-free air stream. 120 stainless steel maxillary central incisors brackets with an 0.018-inch slot (DB Leone, Florence, Italy) were bonded by one operator (SG). The orthodontic adhesive systems used for bonding

But. Le but de l'étude était d'évaluer l'effet de la contamination de l'eau et de salive sur la force de détachement et l'échec de deux adhésifs orthodontiques différents (Transbond XT et de cyanoacrylate Smartbond LC). Matériaux et méthodes. 120 incisives mandibulaires permanentes de bovin ont été aléatoirement divisées en 6 groupes, et chaque group est composé de 20 spécimens. Chaque adhésif a été examiné dans trois états extérieurs d'émail différent: 1) sec, 2) contamination de l'eau, 3) contamination de salive. 120 bracketts d'acier inoxydable (DB de fente 0.018-inch, Leone) ont été collées dans chaque groupe d'essai avec l'adhésif respectif. Après avoir collé, tous les échantillons ont été stockés en eau distillée pendant 24 heures et plus tard examinés dans un mode de détachement sur une machine d'essai universelle d'Instron. La force d'obligation de détachement et l'échec d'obligation ont été évalués. Des essais exacts de Kruskal-Wallis et de Fisher ont été appliqués pour déterminer des différences significatives en termes de force d'obligation parmi les 6 groupes. Le chi square test a été employé pour déterminer des différences significatives dans les points adhésifs d'index de reste (ARI). Résultats. Transbond XT a montré les valeurs de force d'obligation les plus élevées quand il a été appliqué sur l'émail sec ($P > 0.002$). Aucune différence significative n'a été rapportée quand Transbond a été employé ou sur l'eau ou la salive a souillé l'émail, toutefois les valeurs de force d'obligation étaient sensiblement basses. Pour Smartbond LC aucune différence significative n'a été trouvée entre sec et avec d l'eau. Des valeurs sensiblement plus élevées de force de détachement ont été rapportées quand Smartbond LC a été employé sur l'émail souillé par salive ($P = 0.002$). Des différences significatives dans des endroits de debond ont été trouvées parmi les différents groupes ($P = 0.3$). Conclusions. L'utilisation d'un adhésif de cyanoacrylate est indiquée dans des conditions baigné (en particulier salive), et quand peu de temps de réglage est exigé. Ceci peut être considéré avantageux dans la liaison orthodontique clinique comparée aux composés conventionnels.

Traduit par Maria Giacinta Paolone

the brackets were Transbond XT (3M/Unitek, Monrovia, Calif) and Smartbond LC (Gestenco, Gotenburg, Sweden). Each adhesive was tested under three different enamel surface conditions:

- dry;
- water contamination;
- saliva contamination.

The teeth bonded with Transbond XT were etched with 37% orthophosphoric acid gel (3M Dental Products, Monrovia, Calif) for 30 seconds, followed by thorough washing and drying. A thin layer of Transbond XT primer was applied on the etched enamel, the brackets

were then bonded near the center of the facial surface of the tooth with sufficient pressure to express excess adhesive, which was removed from the margins of the brackets base with a scaler before polymerization. The brackets were light-cured for 10 seconds on the mesial side of the bracket and for 10 seconds on the distal side (total cure time 20 seconds) with a visible light-curing unit (Ortholux XT, 3M Unitek, Monrovia, Calif). The same procedure was used for the teeth bonded with Smartbond LC. The only difference was that the adhesive was applied to the base

of the bracket in this case, but no primer was used. The bonding procedure for each treatment group is described in table 1.

In order to achieve reproducible conditions, groups 2 and 5 were moistened with water, whereas groups 3 and 6 were contaminated with saliva, and both the water and saliva were applied with a brush onto the labial surfaces until the teeth were totally contaminated. After bonding, all samples were stored in distilled water at room temperature for 24 hours and subsequently tested in a shear mode on a universal testing machine (Mo-

Objetivo. El propósito del estudio fue el de determinar el efecto de la contaminación del agua y de la saliva en el momento de la adhesión de los brackets, con dos tipos de adhesivos (Transbond XT y del cianocrilato Smartbond LC). **Materiales y métodos.** 120 incisivos bovinos mandibulares permanentes fueron divididos aleatoriamente en 6 y cada grupo en 20 especímenes. Cada adhesivo fue probado bajo tres condiciones de superficie de esmalte diferentes: 1) seco, 2) contaminado con saliva, 3) contaminado con agua. 120 brackets de acero inoxidable (DB slot 0.018-inch, Leone) fueron adheridos en cada grupo de la prueba con el adhesivo respectivo. Después de la adhesión, todas las muestras fueron mantenidas en el agua destilada durante 24 horas y probadas posteriormente con una prueba de despegue mediante un maquina "Instron Universal Testing Machina". Fueron evaluados la fuerza de adhesión y el sitio donde habían sido adheridos. Fue utilizada la "Kruskal-Wallis and Fisher's exact" para poder determinar las diferencias de adhesividad entre los 6 grupos. La prueba "chi-square test" fue utilizada la Adhesive Remnant Index (ARI), para determinar si las diferencias eran significativas. **Resultados.** El Transbond XT demostró los valores de adhesión más altos cuando fue aplicado sobre el esmalte seco ($P < 0.0002$). No se reporto ningunas diferencias significativas cuando el Transbond fue utilizado en condiciones de humedad o con agua o con saliva ($P = 0.5$). Con el Smartbond LC no se encontró ningunas diferencias significativas entre seco y húmedo con agua ($P = 0.3$). Los valores perceptiblemente más altos se encontraron en condiciones de contaminación del esmalte con saliva ($P = 0.002$). Diferencias significativas fueron encontradas durante el despegue entre los diversos grupos. **Conclusiones.** El uso de un adhesivo como el cianocrilato esta particularmente indicado en condiciones de humedad y en modo particular de humedad con saliva y además cuando el tiempo de trabajo en la unidad es corto. Esto se puede considerarse ventajoso en la practica ortodóntica comparandolo con otros adhesivos.

Traducido por Santiago Isaza Penco

Table 1 Bonding procedures for the different groups.

TransbondXT	Etching	Rinse-dry	-	XT primer	Bonding	Light-curing
TransbondXT	Etching	Rinse-dry	water	XT primer	Bonding	Light-curing
TransbondXT	Etching	Rinse-dry	saliva	XT primer	Bonding	Light-curing
SmartbondLC	Etching	Rinse-dry	-	-	Bonding	Light-curing
SmartbondLC	Etching	Rinse-dry	water	-	Bonding	Light-curing
SmartbondLC	Etching	Rinse-dry	saliva	-	Bonding	Light-curing

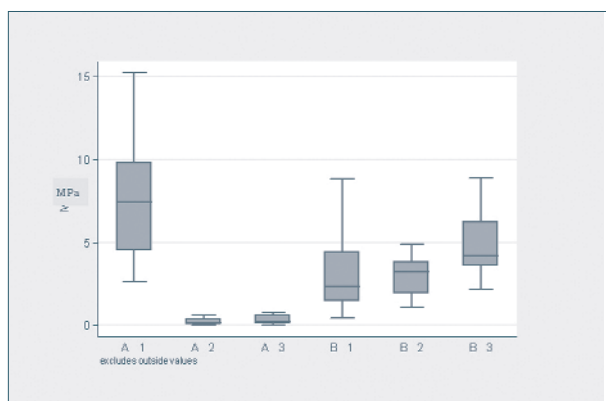


Fig. 1 Mean shear bond strengths (MPa), standard deviations and ranges of the 6 groups tested.

Legends:

- A1= Transbond XT dry
- A2= Transbond XT water-contaminated
- A3= Transbond XT saliva-contaminated
- B1= Smartbond LC dry
- B2= Smartbond LC water-contaminated
- B3= Smartbond LC saliva-contaminated

del 4301, Instron Corp, Canton, Mass). The specimens were secured in the lower jaw of the machine so that the bonded bracket base was parallel to the shear force direction. The specimens were stressed in an occlusogingival direction at a crosshead speed of 1 mm/min. The maximum load necessary to debond or initiate bracket fracture was recorded in Newtons and then converted into Megapascals as a ratio of Newtons to surface area of the bracket. After bond failure, the bracket bases and the enamel surfaces were examined under an optical microscope (Stereomicroscope SR,

Zeiss, Oberkochen, Germany) at $\times 10$ magnifications. The Adhesive Remnant Index (ARI) was used to assess the amount of adhesive left on the enamel surface. This scale ranges from 0 to 3:

- a score of 0 signifies poor bonding to the tooth while a score of 3 represents excellent bonding;
- a score of "0" indicates no adhesive remained on the tooth in the bonding area;
- a score of "1" indicates less than half of the adhesive remained on the tooth in the bonding area;
- a score of "2" indicates more than half of the adhesive re-

mained on the tooth in the bonding area;

- a score of "3" indicates all adhesive remained on the tooth in the bonding area, with a distinct impression of the bracket mesh.

The ARI scores were used as a more complex method of defining bond failure site among the enamel, the adhesive and the bracket base.

Statistical analysis was performed using a computer software (Stata 7.0, Stata Corp., College Station, TX). The descriptive statistics including the mean, standard deviation, median, minimum and maximum values were calculated for each of

Table 2 Descriptive statistics of shear bond strengths (MPa) of the 6 groups tested.

Adhesive system	Mean	SD	mdn	min	max
Transbond XT dry	7.47	3.34	7.46	2.64	15.22
Transbond XT water	0.49	0.97	0.16	0.02	4.09
Transbond XT saliva	0.69	1.12	0.20	0.03	4.45
Smartbond LC dry	3.27	2.89	2.31	0.41	9.06
Smartbond LC water	3.11	1.50	3.20	1.08	7.44
Smartbond LC saliva	5.17	2.66	4.22	2.16	13.37

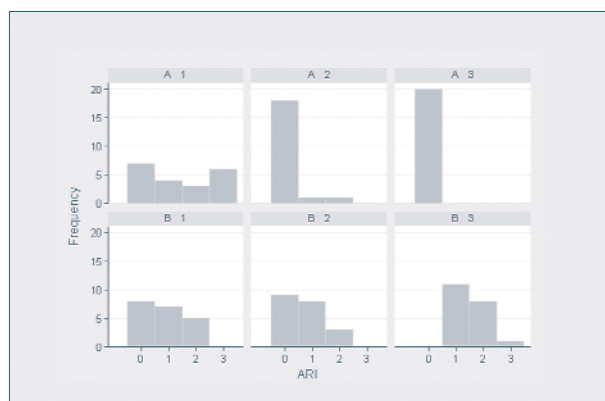


Fig. 2 Frequency of distribution of ARI scores.

Legends:

A1= Transbond XT dry

A2= Transbond XT water-contaminated

A3= Transbond XT saliva-contaminated

B1= Smartbond LC dry

B2= Smartbond LC water-contaminated

B3= Smartbond LC saliva-contaminated

the 6 groups.

Kruskal-Wallis (non parametric analysis of variance) and Fischer's exact tests were applied to determine whether significant differences in debond values existed among the various groups. The significance for all statistical tests was predetermined at $P < 0.05$, whereas for post hoc tests the Bonferroni adjustment was applied (significance at $P < 0.003$).

Results

The descriptive statistics, including the mean, standard deviation, me-

dian, minimum and maximum values, of the bond strength of the 6 groups tested are described in figure 1 and table 2. The shear bond strength values are expressed in MegaPascal (MPa).

Among all the different groups, Transbond XT showed the highest bond strength values when it was applied onto dry enamel ($P < 0.0002$). No significant differences were reported when Transbond was used either on water- or saliva-contaminated enamel ($P = 0.5$), however the bond strength values were significantly low. For Smartbond LC no significant differences were found between dry and moist

with water conditions ($P = 0.3$). Significantly higher bond strength values were reported when Smartbond LC was used on saliva contaminated enamel ($P = 0.002$).

When comparing the 2 adhesives under the same condition, Transbond XT showed higher bond strength values than Smartbond LC under dry conditions ($P = 0.0002$). On the contrary, Smartbond LC showed higher values than Transbond XT under water and saliva contamination ($P = 0.0001$) (Tab. 2, Fig. 1).

The ARI scores for the 6 groups tested are illustrated in table 3 and figure 2. Transbond XT showed significant differences in ARI scores

Table 3 Frequency of distribution of Adhesive Remnant Index (ARI) scores to indicate quantity of adhesive on tooth after debonding.

Adhesive	score 0	score 1	score 2/3	total
Transbond XT dry	7 (35%)	4 (20%)	9 (45%)	20 (100%)
Transbond XT water contaminated	18 (90%)	1 (5%)	1 (5%)	20 (100%)
Transbond XT saliva contaminated	20 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	20 (100%)
Smartbond LC dry	8 (40%)	7 (35%)	5 (25%)	20 (100%)
Smartbond LC water contaminated	9 (45%)	8 (40%)	3 (15%)	20 (100%)
Smartbond LC saliva contaminated	0 (0%)	11 (55%)	9 (45%)	20 (100%)

Legend: score 0, no adhesive on tooth; score 1, <50% of adhesive on tooth; score 2, >50% on the tooth; score 3, 100% of adhesive on tooth.

under dry and moist conditions ($P < 0.001$), with a greater frequency of ARI scores 2-3 when used on dry enamel. No significant differences were reported under water or saliva contamination ($P = 0.5$) with a greater frequency of ARI scores of 0. Smartbond LC showed a greater frequency of ARI scores of 1 and 2-3 under saliva contamination, and this was significantly different ($P = 0.001$) from its scores on water-moist enamel (greater frequency of ARI scores of 0). No significant differences ($P = 0.007$) were reported when Smartbond LC was applied either on dry or water moist enamel (greater frequency of ARI scores of 0). When comparing the 2 adhesives under the same conditions, significant differences ($P = 0.000$)

were found under saliva contamination, where Transbond XT only produced ARI scores of 0, whereas Smartbond LC produced ARI scores of 1 and 2-3 (Tab. 3).

Discussion

Previous studies by Bishara et al.⁵⁻⁶ compared the self-curing cyanoacrylate Smartbond with Transbond XT and they indicated significant differences between the 2 adhesives at 1.30 hours and 24 hours after bonding⁵, as well as in repeated bondings⁶. All cases were bonded under dry conditions and Transbond XT showed higher bond strength values than Smartbond. In agreement with

these findings, the present study confirms that Transbond XT guarantees significantly higher bond strength values under dry conditions when compared to Smartbond LC, which however showed a greater bond strength under wet conditions (particularly under saliva contamination).

Reynolds⁷ suggested that a minimum bond strength value of 6 to 8 MPa was adequate for most clinical orthodontic needs, as these values are considered to be able to withstand masticatory and orthodontic forces. But these values were recorded on dry enamel only. In the present investigation, only the values of Transbond XT under dry conditions have reached such a range. Conversely

Smartbond LC remained below this range under dry conditions, whereas it nearly approached this range in the most suitable situation for this adhesive, i.e. under wet conditions, outperforming Transbond XT. The present results which are in agreement with those of previous papers^{2,5,8-11} imply that the bond strength of Smartbond LC under standard clinical conditions is adequate for clinical use. The range of ARI scores clearly demonstrated that Transbond XT used in a dry field showed a significantly greater frequency of failure sites at the bracket-adhesive interface, but, when used under either water or saliva contamination, it debonded more frequently at the enamel-adhesive interface. Under water contamination, 90% of the adhesive remained on the brackets and under saliva contamination 100% of the adhesive was on the brackets. These findings indicate that moisture contamination dramatically reduces the ability of the adhesive to bond to the tooth. This agrees with the results by Webster et al.¹². These findings are probably due to the hydrophobic properties of the composite, as shown by Cacciafesta et al.¹³. The Smartbond LC adhesive used under dry or water-moist conditions had a higher frequency of enamel-adhesive failures. On the other hand, condition 3 (saliva contamination) produced a higher frequency of failure sites at the adhesive-bracket interface, as also shown in the study by Webster

et al.¹². This failure site indicates that bonding to the tooth surface occurs very well under wet conditions. In fact, under saliva contamination, there was no bonding material left on the bracket surface. This may be owing to the inherent hydrophilic property of the cyanoacrylate adhesive¹³. In this study bovine incisors were used because they were readily available and have a morphologic similarity to human enamel. Previous studies¹⁴⁻¹⁵ have shown that bovine and human enamels are similar in their physical properties, composition and bond strengths, although slightly lower or significantly lower bonding values can be anticipated with bovine enamel.

Conclusions

- Among all the different groups, Transbond XT showed the highest bond strength values when it was applied onto dry enamel. No significant differences were reported when Transbond was used either on water- or saliva-contaminated enamel, however the bond strength values were significantly low.
- For Smartbond LC no significant differences were found between dry and moist with water conditions. Significantly higher bond strength values were reported when Smartbond LC was used on saliva contaminated enamel.
- When comparing the 2 adhesives under the same condition,

Transbond XT showed higher bond strength values than Smartbond LC under dry conditions. On the contrary, Smartbond LC showed higher values than Transbond XT under water and saliva contamination.

- Significant differences in debond locations were found among the different groups.
- The use of a cyanoacrylate adhesive is indicated under moist conditions (particularly saliva) and when a short setting time is required. This can be considered advantageous in clinical orthodontic bonding compared to conventional composites like Transbond XT.

References

1. Cacciafesta V, Jost-Brinkmann PG, Subenberger U, Miethke RR. Effects of saliva and water contamination on the enamel shear bond strength of a light-cured glass ionomer cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998 Apr; 113(4):402-7.
2. Al-Munajed MK, Gordon PH, McCabe JF. The use of a cyanoacrylate adhesive for bonding orthodontic brackets; an ex vivo study. *J Orthod* 2000 Sep;27(3):255-60.
3. Kahl B, König A, Hilgers RD, Schwarze CW. Ethyl cyanoacrylate as an orthodontic bracket adhesive. A comparative in vitro study with cyano-veneer and a conventional orthodontic bracket adhesive. *Fortschr Kieferorthop* 1993 Dec; 54(6):263-7.
4. Ortendahl TW, Ortengren U. A new orthodontic bonding adhesive. *J Clin Orthod* 2000; 34:50-4.
5. Bishara SE, Laffoon JF, VonWald L, Warren J. Effect of time on the shear bond strength of cyanoacrylate and composite orthodontic adhesive. *Am*

- J Orthod Dentofacial Orthop 2002 Mar; 121(3):297-300.
6. Bishara SE, Laffoon JF, VonWald L, Warren J. Effect of repeated bonding on the shear bond strength of different orthodontic adhesives. Am J Orthod Dentofacial Reynolds IR Orthop 2002 May; 121(5):521-5.
 7. A review of direct orthodontic bonding. Br J Orthod 1979;2:171-8.
 8. Sunny J, Valiathan A. A comparative in vitro study with new generation ethilcyanoacrylate (Smartbond) and a composite bonding agent. Trend Biomat Artif Organ 2003;16:83-7.
 9. Ajlouni R, Bishara SE. Effect of water storage on the shear bond strength of a cyanoacrylate adhesive: clinical implications. World J Orthod 2004 Fall;5(3):250-3.
 10. Srivastava A, Gorantia S, Valiathan A. In vitro evaluation of indigenously developed cyanoacrylates as bonding agents in comparison to a conventional bonding agent. Trend Biomat Artif Organ 2002;16:25-7.
 11. Eliades T, Katsavrias E, Eliades G. Moisture insensitive adhesive: reactivity with water and bond strength to wet and saliva-contaminated enamel. Eur J Orthod 2002 Feb;24(1):35-42.
 12. Webster MJ, Nanda RS, Duncanson MG, Khajotia SS, Sinha PK. The effect of saliva on the shear bond strengths of hydrophilic bonding systems. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2001 Jan; 119(1):54-8.
 13. Cacciafesta V, Sfondrini MF, De Angelis M, Scribante A, Klersy C. Effect of water and saliva contamination on shear bond strength of brackets bonded with conventional, hydrophilic and self-etching primers. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2003 Jun;123(6):633-40.
 14. Nakamichi I, Iwaku M, Fusayama T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. J Dent Res 1983 Oct;62(10):1076-81.
 15. Oesterle LJ, Shellhart WC, Belanger GK. The use of bovine enamel in bonding studies. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1998 Nov;114(5):514-9.

Effetto della contaminazione da acqua e saliva sulla resistenza al taglio di un nuovo adesivo leggero, vulcanizzato al cianoacrilato

Vittorio Cacciafesta, M. Francesca Sfondrini, Sara Gatti, Catherine Klersy

Introduzione

Il bonding di impianti con resine composite tradizionali implica una serie di fasi specifiche a seconda della tecnica utilizzata e richiede un campo operatorio completamente isolato ed asciutto nel corso della procedura di bonding per ottenere una tenuta del legame clinicamente accettabile. Quindi la contaminazione da umidità è considerata la causa principale di mancata tenuta del bonding.

Spesso il clinico deve affrontare il problema di procedere al bonding in un ambiente con un aumento dei rischi di contaminazione da fluidi¹. Si tratta di un aspetto particolarmente importante nel caso del bonding di canini clinicamente esposti o premolari parzialmente spuntati, soprattutto a livello dell'arco mandibolare, in cui si verifica solitamente la maggior parte degli insuccessi degli impianti². Nel tentativo di ovviare a questi problemi nel corso della procedura di bonding, diversi produttori hanno introdotto sul mercato adesivi che garantiscono ottimi risultati sia alla presenza di saliva o alla presenza di acqua.

Nel 1993 un materiale a base di etil-cianoacrilato commer-

cialmente disponibile è stato testato come adesivo per impianti ortodontici ed ha dimostrato di avere una resistenza alla trazione significativamente superiore rispetto ai compositi tradizionali: dopo 50, 100, 150 giorni immerso in soluzione fisiologica. Il cianoacrilato non ha dimostrato nessuna modifica della resistenza alla trazione del bonding³.

Altri Autori⁴ hanno invece sottolineato che il cianoacrilato permette di ottenere una tenuta del bonding particolarmente alta con un tempo di posa breve, nella maggior parte dei casi pari a 5 secondi. Non è necessaria alcuna vulcanizzazione o primer. Recentemente è stato introdotto sul mercato ortodontico un nuovo adesivo a base di cianoacrilato leggermente vulcanizzato (Smartbond LC). Il suo produttore sostiene che è in grado di legare sia smalto asciutto sia smalto umido. Visto che la contaminazione da liquido nella cavità orale influenza in maniera significativa la tenuta degli adesivi ortodontici nel corso della procedura di bonding, il presente studio si è proposto di valutare gli effetti della contaminazione da acqua e saliva sul resistenza al taglio del bonding così come di determinare la sede della mancata tenuta del bonding

di due diversi adesivi ortodontici, Transbond XT e Smartbond LC. Ognuno degli adesivi è stato testato con tre diverse condizioni di smalto di superficie: 1) asciutto, 2) contaminazione da acqua, 3) contaminazione da saliva.

Materiali e Metodi

Sono stati raccolti cento venti incisivi mandibolari permanenti recentemente estratti da bovini presso un macello locale. I criteri per la selezione dei denti prevedevano smalto boccale intatto senza rotture provocate dall'estrazione ed assenza di carie. I denti sono stati stoccati in una soluzione a base di timolo allo 0,1% (peso/volume), per 1 settimana a 4° C. Dai denti sono stati rimossi tutti i resti tessutali e sono stati immersi in un prodotto acrilico a presa rapida, vulcanizzato a freddo. Ogni dente è stato orientato in modo tale che la superficie risultasse parallela alla forza di taglio. I denti sono stati casualmente assegnati ad uno dei 6 gruppi. Ogni gruppo era costituito da 20 campioni. Prima del bonding, la superficie anteriore di ogni incisivo è stata pulita per dieci secondi utilizzando una miscela di acqua e pomice senza fluoruro in una ciotolina in gomma utilizzando un manipolo a bassa velocità. La superficie dello smalto è stata sciacquata con acqua per rimuovere la pomice ed i possibili resti e successivamente asciugata sotto un flusso d'aria in assenza di olio. Un singolo operatore (SG) ha realizzato il bonding di 120 impianti per incisivi centrali mascellari in acciaio inossidabile con uno slot da 0,018 pollici (DB Leone, Firenze, Italia). I sistemi adesivi ortodontici utilizzati per il bonding degli impianti sono stati Transbond XT (3M/Unitek, Monrovia, Calif) e Smartbond LC (Gestenco, Gotenburg, Svezia). Ogni adesivo è stato testato con tre condizioni di superficie dello smalto diverse: 1) asciutto, 2) contaminazione da acqua, 3) contaminazione da saliva.

I denti legati con Transbond XT sono stati erosi con gel a base di acido ortofosforico al 37% (3M Dental Products, Monrovia, Calif) per 30 secondi, e subito dopo lavati e perfettamente asciugati. È stato applicato uno strato sottile di primer Transbond XT sullo smalto eroso. Gli impianti sono poi stati legati in prossimità del centro della superficie anteriore del dente con sufficiente pressione per rimuovere l'adesivo in eccesso, che è stato rimosso dai margini della base dell'impianto con uno scaler prima della polimerizzazione. Gli impianti sono stati sottoposti a leggera vulcanizzazione per 10 secondi dal lato mediano dell'impianto e per 10 secondi dal lato distale (tempo totale di vulcanizzazione: 20 secondi), con una leggera unità di vulcanizzazione visibile (Ortholux XT, 3M Unitek, Monrovia, Calif). La stessa procedura è stata seguita per i denti legati con Smartbond LC. La sola differenza è stata rappresentata dal fatto che l'adesivo era applicato alla base dell'impianto in questo caso, senza utilizzare primer. La procedura di bonding per ogni gruppo trattato è descritta nella tabella 1.

Per ottenere condizioni riproducibili, i gruppi 2 e 5 sono stati inumiditi con acqua, mentre i gruppi 3 e 6 sono stati contaminati con saliva. Sia la saliva sia l'acqua sono state applicate con uno spazzolino sulla superficie labiale fino a quando i denti sono risultati completamente contaminati.

Dopo il bonding, tutti i campioni sono stati stoccati in acqua distillata a temperatura ambiente per 24 ore e successivamente testati nella modalità di taglio su una macchina per test universale (Modello 4301, Instron Corp, Canton, Mass). I campioni sono stati fissati nella ganascia inferiore della macchina così che la base dell'impianto legato risultasse parallela alla direzione della forza di taglio. I campioni sono stati sottoposti a sollecitazione in direzione occluso-gengivale ad una velocità della testina di 1 mm/min. Il carico massimo necessario per il debonding o l'iniziale rottura dell'impianto è stato registrato in Newton e successivamente convertito in Megapascal quale rapporto di Newton sull'area di superficie dell'impianto.

In seguito alla mancata tenuta del bonding, sono state esaminate le basi dell'impianto e le superfici smaltate sotto microscopio ottico (Stereomicroscope SR, Zeiss, Oberkochen, Germania) con un ingrandimento x10. È stato utilizzato l'Adhesive Remnant Index (ARI) per valutare il quantitativo di adesivo rimasto sulla superficie dello smalto. La scala presenta una serie di score variabili da 0 a 3: con uno score pari a 0 si intende un bonding insufficiente sui denti mentre con uno score pari a 3 si intende un bonding eccellente, uno score pari a "0" indica che non è rimasto alcun adesivo sul dente nell'area del bonding; uno score pari a "1" indica che è rimasto meno della metà dell'adesivo sul dente nell'area del bonding; uno score pari a "2" indica che più della metà dell'adesivo è rimasto sul dente nell'area del bonding; uno score pari a "3" indica che l'adesivo è rimasto completamente sul dente nell'area del bonding, con un'impronta distinta sulla mesh dell'impianto.

Sono stati utilizzati gli score ARI quale metodo più complesso per definire la sede di mancata tenuta del bonding tra lo smalto, l'adesivo e la base dell'impianto.

Inoltre si è proceduto ad analisi statistiche utilizzando lo specifico software (Stata 7.0, Stata Corp., College Station, TX). Tra le statistiche descrittive sono state incluse la media, la deviazione standard, la mediana e per ognuno dei 6 gruppi sono stati calcolati i valori massimi e minimi.

Sono stati applicati i test corretti di Kruskal-Wallis (analisi non parametrica della varianza) e di Fischer per determinare se ci fossero differenze significative tra i valori di debonding tra i diversi gruppi. La significanza di tutti i test statistici è stata predeterminata a $P < 0,05$, mentre per i test post hoc è stata implementata la correzione di Bonferroni (significanza a $P < 0,003$).

Risultati

Le statistiche descrittive, comprese la media, la deviazione standard, la mediana, i valori minimo e massimo della tenuta del bonding dei 6 gruppi testati sono precisati nella figura 1 e tabella 2. I valori relativi alla resistenza al taglio del bonding sono espressi in MegaPascal (MPa).

Nei diversi gruppi, Transbond XT ha ottenuto i valori più alti di resistenza al taglio quando applicato su smalto asciutto ($P < 0,0002$). Non sono state riferite differenze significative

quando è stato utilizzato Transbond su smalto contaminato da acqua o da saliva ($P = 0,5$), addirittura i valori relativi alla tenuta del bonding sono risultati significativamente bassi. Per quanto riguarda Smartbond LC non è stata rilevata alcuna differenza significativa in condizioni di asciutto o bagnato con acqua ($P = 0,3$). Sono invece stati riferiti valori di tenuta del bonding significativamente superiori quando Smartbond LC è stato utilizzato su smalto contaminato da saliva ($P = 0,002$). Quando si sono confrontati i due adesivi nelle stesse condizioni, Transbond XT ha mostrato valori superiori di tenuta del bonding rispetto a Smartbond LC con smalto asciutto. ($P = 0,0002$). Al contrario Smartbond LC ha permesso di ottenere valori superiori a Transbond XT nel caso di contaminazione da saliva ed acqua ($P = 0,0001$) (Tab. 2 e Fig. 1).

Gli score ARI per i 6 gruppi testati sono illustrati nella Tabella 3 e nella figura 2. Transbond XT ha evidenziato differenze significative a livello di score ARI in condizioni di asciutto o umido ($P < 0,001$), con maggiore frequenza degli score ARI 2-3 quando utilizzato su smalto asciutto. Nessuna differenza significativa è stata riferita nel caso di contaminazione da acqua e da saliva ($P = 0,5$) con maggiore frequenza degli score ARI 0. Smartbond LC ha dimostrato una maggiore frequenza di score ARI pari a 1 e 2-3 nel caso di contaminazione da saliva con differenza significativa ($P = 0,001$) rispetto agli score ottenuti nel caso di smalto contaminato con acqua (maggiore frequenza di score ARI pari a 0). Non è stata riferita alcuna differenza significativa ($P = 0,007$) quando Smartbond LC è stato applicato su smalto contaminato da acqua o umido (maggiore frequenza di score ARI pari a 0). Quando si sono confrontati i due adesivi nelle stesse condizioni, sono state riferite differenze significative ($P = 0,000$) nel caso di contaminazione da saliva e se Transbond XT ha permesso di ottenere solo score ARI pari a 0, Smartbond LC ha ottenuto score ARI pari a 1 e 2-3 (Fig. 2)

Discussione

Precedenti studi di Bishara e Coll.^{5,6} mettevano in confronto il cianoacrilato auto-vulcanizzante Smartbond con Transbond XT ed indicavano differenze significative tra i 2 adesivi ad 1:30 ora e 24 ore dopo il bonding⁵ così come nel caso di bonding ripetuti⁶. Si era proceduto al bonding in tutti i casi in condizioni asciutte e Transbond XT mostrava maggiori valori di tenuta del bonding rispetto a Smartbond. In accordo con questi risultati, il presente studio conferma che Transbond XT permette di ottenere valori di tenuta significativamente superiori in condizioni asciutte rispetto a Smartbond LC, che invece ha permesso di ottenere valori decisamente superiori di tenuta in condizioni umide (soprattutto nel caso di contaminazione da saliva).

Reynolds⁷ ha suggerito che un valore variabile di tenuta del bonding tra 6 e 8 MPa risultava adeguato per la maggior parte delle necessità ortodontiche cliniche visto che questi valori permettono di sostenere adeguatamente le forze ortodontiche e masticatorie. Ma questi valori sono stati registrati solo sullo smalto secco. Nel presente studio solo i valori di Transbond XT in condizioni asciutte hanno raggiunto un simile range. Invece, Smartbond LC è rimasto al di sotto di questo range in condizioni asciutte ma ha quasi raggiunto un simile range nella sua situazione più utilizzo, e cioè in condizioni umide, facendo registrare prestazioni di gran lunga superiori a Transbond XT. Gli attuali risultati sono in accordo con quelli dei precedenti lavori^{2,5,8-11} e suggeriscono che la tenuta del bonding di Smartbond LC in condizioni cliniche standard sono adatte all'utilizzo clinico.

Il range di score ARI ha dimostrato chiaramente che Transbond XT utilizzato in campo asciutto presenta una frequenza di mancate adesioni in sito decisamente superiori a livello dell'interfaccia impianto-adesivo quando utilizzato in condizioni

di contaminazione da acqua o da saliva. Il bonding si rompe con maggiore facilità e frequenza a livello della interfaccia smalto-adesivo. Nel caso di contaminazione da acqua, 90% dell'adesivo rimane sull'impianto e nel caso della contaminazione da saliva, il 100% dell'adesivo rimane sull'impianto. Questi risultati indicano che la contaminazione umida riduce drammaticamente la capacità dell'adesivo di legarsi al dente. Questo risulta del tutto in linea con i risultati ottenuti da Webster e Coll.¹². Questi risultati probabilmente dipendono dalle proprietà idrofobiche del composito, come illustrato da Cacciafesta e Coll.¹³.

L'adesivo Smartbond LC utilizzato in condizioni asciutte o bagnate da acqua ha una maggiore frequenza di mancata tenuta tra l'adesivo e lo smalto. Invece nel caso della terza condizione (contaminazione da saliva), è stata rilevata una maggiore frequenza di mancata tenuta a livello dell'interfaccia adesivo-IMPIANTO, come illustrato anche nello studio di Webster e Coll.¹². Questa mancata tenuta in sito indica che il bonding sulla superficie del dente tiene bene in condizioni umide. Infatti nel caso della contaminazione da saliva, non è rimasto alcun materiale del bonding sulla superficie dell'impianto. Questo potrebbe dipendere dalle specifiche proprietà idrofiliche dell'adesivo a base di cianoacrilato¹³.

In questo studio sono stati utilizzati incisivi di bovini perché prontamente disponibili e perché presentano una somiglianza morfologica allo smalto umano. Precedenti studi^{14,15} avevano dimostrato che gli smalti bovini ed umani presentano simili proprietà fisiche, composizione e tenuta del bonding, anche se è possibile anticipare valori di bonding leggermente inferiori o significativamente inferiori nel caso dello smalto bovino.

Conclusioni

- Tra tutti i diversi gruppi, Transbond XT ha permesso di ottenere i maggiori valori di tenuta del bonding quando applicato su smalto asciutto. Non è stata riferita alcuna differenza significativa quando Transbond è stato utilizzato su smalto contaminato da acqua o saliva, nel cui caso i valori di tenuta del bonding sono risultati significativamente inferiori.
- Nel caso di Smartbond LC non sono state rilevate differenze significative tra condizioni asciutte o bagnate con acqua. Invece sono stati riferiti valori di tenuta del bonding significativamente superiori quando Smartbond LC è stato utilizzato su smalto contaminato da saliva.
- Quando si confrontano i 2 adesivi nelle stesse condizioni, Transbond XT ha permesso di ottenere valori di tenuta del bonding superiori a Smartbond LC se utilizzato in condizioni asciutte. Al contrario, Smartbond LC ha permesso di ottenere valori superiori rispetto a Transbond XT quando utilizzato su smalto contaminato da acqua e saliva.
- Sono state rilevate differenze significative per quanto riguarda la posizione del debonding tra i diversi gruppi.
- L'utilizzo dell'adesivo a base di cianoacrilato è indicato in condizioni umide (soprattutto nel caso della contaminazione da saliva) e quando è richiesto un tempo di presa minimo. Infatti si tratta di un evidente vantaggio per il bonding ortodontico rispetto a quanto è possibile ottenere con i compositi tradizionali quali Transbond XT.