

Adhesión de *brackets* metálicos al esmalte mediante diferentes técnicas de acondicionamiento: un estudio *in vitro**

Bond strength of metal brackets to enamel using different etching techniques: an *in vitro* study

Adesão de bráquetes metálicos ao esmalte por meio de diferentes técnicas de condicionamento: um estudo *in vitro*

 Rocío Meza-Salcedo¹,
 Alan Pérez-Valverde²

¹ Universidad Tecnológica de los Andes. Abancay, Perú.

² Seguro Social de Salud. Abancay, Perú.

RESUMEN

Objetivo: Comparar la adhesión de *brackets* metálicos al esmalte mediante tres protocolos de acondicionamiento diferentes: 15 s, 20 s y sistema autoacondicionante. **Materiales y métodos:** Se realizó un estudio *in vitro* con una muestra conformada por 159 premolares extraídos por razones ortodónticas, distribuidos aleatoriamente en tres grupos de 53 piezas dentarias. Se evaluó la resistencia al cizallamiento y el Índice de Adhesivo Remanente (IAR). **Resultados:** El grupo de 20 s presentó la mayor resistencia media al cizallamiento ($3,5 \pm 0,43$ MPa), seguido del sistema autoacondicionante ($2,4 \pm 0,55$ MPa) y del grupo de 15 s ($2,1 \pm 0,40$ MPa). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres protocolos mediante la prueba ANOVA de una vía ($p < 0,001$), con diferencias significativas en las comparaciones por pares mediante la prueba de Tukey. Respecto al IAR, el grupo de 20 s presentó mayor frecuencia de grado 0 (58,5 %), mientras que en los grupos de 15 s y autoacondicionante predominó el grado 2, con 41,5 % y 30,2 %, respectivamente. Se encontró asociación estadísticamente significativa entre el protocolo y la distribución del IAR ($p < 0,001$). **Conclusiones:** La resistencia al cizallamiento difirió significativamente entre los tres protocolos evaluados, observándose el mayor valor medio en el acondicionamiento durante 20 s. Asimismo, la distribución del IAR varió significativamente entre los protocolos.

Palabras clave: adhesión dental; *brackets*; ortodoncia; operatoria dental; materiales dentales.

Recibido: 27-04-2026

Aceptado: 17-09-2026

En línea: 30-09-2026



Artículo de acceso abierto

© Los autores

Citar como:

Meza-Salcedo R, Pérez-Valverde A. Adhesión de *brackets* metálicos al esmalte mediante diferentes técnicas de acondicionamiento: un estudio *in vitro*. Rev Estomatol Heredia. 2026;36(3):e8455. doi:10.20453/reh.v36i3.8455

* El presente artículo fue elaborado a partir de la tesis de doctorado de Rocío Meza-Salcedo.

ABSTRACT

Objective: To compare the adhesion of metal brackets to enamel using three conditioning protocols: 15-second acid etching, 20-second acid etching, and a self-etching system. **Materials and methods:** An *in vitro* experimental study was conducted using 159 premolars extracted for orthodontic reasons. The teeth were randomly allocated to three groups of 53 specimens each. Shear bond strength and the Adhesive Remnant Index (ARI) were evaluated. **Results:** The 20-second acid-etching group showed the highest mean shear bond strength (3.5 ± 0.43 MPa), followed by the self-etching group (2.4 ± 0.55 MPa) and the 15-second acid-etching group (2.1 ± 0.40 MPa). Statistically significant differences were observed among the three groups using one-way ANOVA ($p < 0.001$), with significant differences in pairwise comparisons using Tukey's test. Regarding the ARI, score 0 was most frequent in the 20-second group (58.5%), whereas score 2 was most frequent in the 15-second acid-etching and self-etching groups (41.5% and 30.2%, respectively). A statistically significant association was found between the etching protocol and ARI score distribution ($p < 0.001$). **Conclusions:** Shear bond strength differed significantly among the three etching protocols, with the highest mean value observed after 20 seconds of acid etching. ARI score distribution also differed significantly among the protocols.

Keywords: dental bonding; brackets; orthodontics; operative dentistry; dental materials.

RESUMO

Objetivo: Comparar a adesão de bráquetes metálicos ao esmalte por meio de três diferentes protocolos de condicionamento: 15 s, 20 s e sistema autocondicionante. **Materiais e métodos:** Foi realizado um estudo experimental *in vitro* de corte transversal. A amostra foi composta por 159 pré-molares extraídos por razões ortodônticas, distribuídos aleatoriamente em três grupos de 53 dentes. Foram avaliadas a resistência ao cisalhamento e o Índice de Adesivo Remanescente (IAR). **Resultados:** O grupo de 20 s apresentou a maior resistência média ao cisalhamento ($3,5 \pm 0,43$ MPa), seguido pelo sistema autocondicionante ($2,4 \pm 0,55$ MPa) e pelo grupo de 15 s ($2,1 \pm 0,40$ MPa). Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os três protocolos por meio da ANOVA de uma via ($p < 0,001$), com diferenças significativas nas comparações pareadas pelo teste de Tukey. Em relação ao IAR, o grupo de 20 s apresentou maior frequência do escore 0 (58,5%), enquanto nos grupos de 15 s e autocondicionante predominou o escore 2, com 41,5% e 30,2%, respectivamente. Foi encontrada associação estatisticamente significativa entre o protocolo e a distribuição do IAR ($p < 0,001$). **Conclusões:** A resistência ao cisalhamento diferiu significativamente entre os três protocolos avaliados, sendo observado o maior valor médio no condicionamento durante 20 s. Além disso, a distribuição do IAR variou significativamente entre os protocolos.

Palavras-chave: adesão dentária; bráquetes; ortodontia; dentística operatória; materiais dentários.

INTRODUCCIÓN

Los avances en la odontología adhesiva han permitido simplificar los procedimientos de cementación de *brackets* mediante el desarrollo de sistemas autoacondicionantes que hacen el tratamiento ortodóntico más eficaz (1, 2) y optimizan tanto el tiempo como los recursos utilizados (3). Estos sistemas combinan ácido con adhesivo en un único frasco, lo cual reduce los pasos operatorios requeridos por el protocolo convencional.

Dado que la resistencia de unión *bracket*-esmalte depende de la interacción entre el acondicionador, el adhesivo y la resina, resulta fundamental evaluar si dichos sistemas

alcanzan valores de adhesión adecuados en el entorno oral húmedo sin provocar daños en la estructura dental (4, 5). Por un lado, el método convencional emplea ácido ortofosfórico al 30-40 % como acondicionador del esmalte y constituye el patrón de grabado de referencia (6-8). Por otro lado, los sistemas autoacondicionantes preservan en mayor medida el esmalte y el tejido gingival (9-11), acortan el tiempo de aplicación y minimizan la posibilidad de errores operatorios (9, 12, 13). Investigaciones mediante microscopía electrónica de transmisión (MET) han permitido identificar fallas en la interfaz adhesiva y orientar mejoras en los protocolos (14-16).

Si bien diversos estudios han comparado estas técnicas de acondicionamiento, la evidencia aún es limitada en cuanto a la variación en los tiempos de acondicionamiento clínico. Por ejemplo, Ferreira de Sena et al. (17) reportaron adhesiones medias suficientes con distintos protocolos y menor descalcificación con autoacondicionantes, mientras que Hellak et al. (18) no hallaron diferencias significativas en el Índice Adhesivo Remanente (IAR) entre sistemas.

Por consiguiente, este estudio tuvo como objetivo comparar la resistencia al cizallamiento y la distribución del IAR en *brackets* metálicos adheridos al esmalte mediante tres protocolos de acondicionamiento diferentes: 15 s, 20 s y un sistema autoacondicionante, con el propósito de determinar si estos ofrecen ventajas reales para el operador y el paciente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra y preparación de dientes humanos

Esta investigación fue de tipo *in vitro*. El cálculo del tamaño muestral se realizó con el programa estadístico G*Power, considerando un tamaño del efecto de 0,25, un error alfa de 0,05 y una potencia de 0,80; con ello se determinó una muestra requerida de 53 premolares por grupo (159 dientes en total). La muestra estuvo conformada por piezas premolares extraídas por indicación ortodóntica en diversos consultorios dentales de la ciudad de Cusco. La asignación a los grupos experimentales se efectuó mediante aleatorización simple con una secuencia numérica generada por computadora, con el propósito de asegurar la homogeneidad basal y minimizar el sesgo de selección: el grupo A recibió acondicionamiento de 15 s; el grupo B, uno de 20 s; y el C, un sistema autoacondicionante.

El operador no estuvo cegado debido a que la naturaleza de la intervención exigía conocer el protocolo aplicado; no obstante, cada procedimiento se estandarizó rigurosamente para mitigar el sesgo de ejecución. Asimismo, el evaluador del IAR fue previamente calibrado conforme a criterios uniformes de observación; sin embargo, al no disponerse de los registros originales de dicho proceso, no fue viable calcular ni reportar coeficientes de concordancia intraevaluador o interevaluador.

Se establecieron como criterios de inclusión: primeros y segundos premolares (superiores o inferiores) extraídos en un plazo no mayor de tres meses previos a la ejecución del ensayo, conservados en agua destilada y con integridad coronal. Se excluyeron piezas dentarias con tratamiento de conductos, restauraciones vestibulares, anomalías de

forma o calidad del esmalte (hipoplasias, fluorosis, hipocalcificación), recontorneo, grabado previo, o antecedentes de ortodoncia y aclaramiento dental.

Tras la extracción, las piezas se limpiaron conforme a la norma técnica PD ISO/TS 11405:2015 e hidrataron en agua destilada por un período no mayor de tres meses, con recambios cada ocho días. Posteriormente, se organizaron en cubos de acrílico; la superficie coronal se limpió con piedra pómez, agua destilada e hipoclorito de sodio al 0,5 %, se lavó con agua durante 1 minuto y se secó con gasa, manteniéndose siempre la manipulación con guantes y pinzas algodoneras.

Protocolo para la cementación de *brackets*

La adhesión de los *brackets* Morelli (Morelli, prescripción Roth estándar, Brasil) estuvo a cargo exclusivamente de un odontólogo experimentado. En el grupo A y B se acondicionó el esmalte con ácido ortofosfórico al 37 % (Scotchbond®, Universal Etchant, 3M ESPE, Chile) durante 15 y 20 s, respectivamente. Luego, se enjuagó con abundante agua por 5 s y se secó el área por 5 s. A continuación, se aplicó el cemento ortodóntico Transbond XT (3M Unitek, EE. UU.) y se fotopolimerizó con una lámpara LED Elipar™ S-10 (3M ESPE), calibrada a una intensidad de 1200 mw/cm² y a una distancia de 7 mm, durante 20 s por oclusal y 20 s por cervical. En el grupo C se aplicó el agente autoacondicionante (3M Unitek, EE. UU.) durante 1 s, se secó por 5 s y se procedió a la colocación del cemento ortodóntico y fotopolimerización bajo los mismos parámetros descritos.

Los *brackets* se posicionaron en el centro de la corona clínica con auxilio de la regla (Morelli), dividiendo la superficie en cuatro partes para lograr la ubicación longitudinal como mesiodistal, alineados con el eje longitudinal de la pieza.

La adhesión se midió mediante dos formas: la fuerza de cizalla y la presencia de cemento en el esmalte tras el desprendimiento. Para el primer caso, las muestras se sometieron a una fuerza de presión ejercida por un punzón acoplado a una máquina de ensayos CBR Humboldt® (modelo 4454, Utest Corp., España) con una carga de 200 kg. Dicho punzón se desplazó en sentido ocluso-cervical a una aceleración constante de 0,2 mm/min hasta suscitarse el fallo adhesivo. Se incorporó en el *software* del programa los datos de carga en libra/pulgada² y se determinó el resultado final en MPa (N/mm²). A su vez, se observó la falla mediante el microscopio estéreo zoom NSZ-608T, con una ratio de zoom de 1,8, un rango de zoom de 0,6x a 5x y se trabajó a una distancia de 13 a 14 mm, registrándose fotografías de la totalidad de las muestras (17, 19, 20).

Recolección de datos

Los datos se registraron en una ficha de recolección de datos de adhesivo remanente (IAR), el cual cuantifica la cantidad de adhesivo remanente en el diente tras la aplicación de la fuerza de cizallamiento, conforme a los siguientes criterios (21): grado 0, ausencia de adhesivo sobre la superficie del diente; grado 1, menos del 50 % del adhesivo sobre el diente; grado 2, más del 50 % del adhesivo sobre el diente; y grado 3, la totalidad del adhesivo permanece adherida al diente.

Análisis de datos

El procesamiento y análisis estadístico se llevó a cabo con el programa IBM SPSS Statistics v. 25.0. La distribución de la resistencia al cizallamiento se comprobó mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas a través de la prueba de Levene. Tras verificar los supuestos de normalidad y homogeneidad, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar la resistencia al cizallamiento entre los tres protocolos de acondicionamiento. Ante la presencia de diferencias estadísticamente significativas, se empleó la prueba *post hoc* de Tukey para identificar los grupos divergentes. Por su parte, la distribución del IAR entre los tres grupos se analizó mediante la prueba exacta de Fisher-Freeman-Halton debido a la presencia de fre-

cuencias esperadas reducidas. En todos los análisis se estableció un nivel de significancia estadística de $p < 0,05$.

Consideraciones éticas

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Tecnológica de los Andes (Abancay, Perú) para el uso de dientes humanos extraídos en calidad de material biológico no identificable. Se consideró procedente la dispensa del consentimiento informado al tratarse de muestras anónimas, obtenidas previamente y destinadas de manera exclusiva a la investigación.

RESULTADOS

Al comparar la resistencia de unión al cizallamiento de los *brackets* metálicos según los diferentes protocolos de acondicionamiento, el grupo de 20 s alcanzó el valor medio más elevado ($3,5 \pm 0,43$ MPa), seguido por el grupo autoacondicionante ($2,4 \pm 0,55$ MPa) y el grupo de 15 s ($2,1 \pm 0,40$ MPa). El análisis de varianza (ANOVA) de una vía evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tres protocolos: $F(2,156) = 133,44$; $p < 0,001$. Igualmente, la prueba *post hoc* de Tukey confirmó diferencias estadísticamente significativas entre los protocolos de 15 s y 20 s ($p < 0,001$), entre el de 15 s y el sistema autoacondicionante ($p = 0,003$), y entre el de 20 s y el sistema autoacondicionante ($p < 0,001$) (tabla 1).

Tabla 1. Resistencia al cizallamiento de *brackets* metálicos adheridos al esmalte según diferentes protocolos de acondicionamiento.

Acondicionamiento	n	Mínimo	Máximo	Media	DE
15 s	53	1,2	2,8	2,1	0,40
20 s	53	2,2	4,2	3,5	0,43
Autoacondicionante	53	0,7	4,1	2,4	0,55

DE: desviación estándar. ANOVA de una vía: $p < 0,001$.

Tabla 2. Presencia de cemento en el esmalte dental luego del desprendimiento del *bracket* según protocolos de acondicionamiento.

IAR	Protocolo de acondicionamiento					
	15 s		20 s		Autoacondicionante	
	n	%	n	%	n	%
Grado 0	12	22,6	31	58,5	13	24,6
Grado 1	19	35,9	14	26,4	12	22,6
Grado 2	22	41,5	8	15,1	16	30,2
Grado 3	0,0	0,0	0,0	0,0	12	22,6
Total	53	100,0	53	100,0	53	100,0

IAR: Índice Adhesivo Remanente; Fisher-Freeman-Halton: $p < 0,001$.

Respecto a la presencia de cemento en el esmalte tras el desprendimiento del *bracket*, se constató una distribución diferencial del IAR entre los protocolos de acondicionamiento. El grupo de 20 s concentró el 58,5 % de sus muestras en el grado 0; en contraste, el grupo de 15 s agrupó el 41,5 % en el grado 2, mientras que el grupo autoacondicionante exhibió una distribución más heterogénea que abarcó los cuatro grados del índice. Mediante la prueba exacta de Fisher-Freeman-Halton, se demostró una asociación estadísticamente significativa entre el protocolo de acondicionamiento y la distribución de frecuencias del IAR ($p < 0,001$) (tabla 2).

DISCUSIÓN

Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas en la resistencia al cizallamiento de los *brackets* metálicos en función del protocolo de acondicionamiento empleado. El grupo de 20 s alcanzó la mayor resistencia media ($3,5 \pm 0,43$ MPa), seguido por el sistema autoacondicionante ($2,4 \pm 0,55$ MPa) y el protocolo de 15 s ($2,1 \pm 0,40$ MPa). El ANOVA de una vía reveló diferencias significativas entre los grupos ($p < 0,001$), y el análisis *post hoc* de Tukey confirmó diferencias significativas en la totalidad de las comparaciones por pares. Estos hallazgos sugieren que tanto el tiempo como las características del acondicionamiento influyen en la resistencia de unión al esmalte dental.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Ferreira de Sena et al. (17), quienes señalaron que el protocolo de acondicionamiento y el sistema adhesivo modifican la resistencia de unión. De igual modo, Hellak et al. (18) demostraron que los sistemas autoacondicionantes pueden alcanzar una resistencia clínicamente aceptable. En el presente estudio, dicho sistema registró un promedio de $2,4 \pm 0,55$ MPa; si bien este valor resultó inferior al obtenido con el acondicionamiento convencional de 20 s, la discrepancia podría relacionarse con el tipo de adhesivo, el tiempo de acondicionamiento y a las condiciones particulares del ensayo.

De igual manera, los hallazgos guardan relación con las observaciones de Griffin et al. (19), quienes evaluaron la resistencia de unión con el IAR. El análisis simultáneo de ambas variables optimiza la comprensión del comportamiento de los adhesivos, dado que la resistencia de unión y la localización del remanente ofrecen datos complementarios sobre el fallo de la interfaz. Por el contrario, Cruz y Vásquez (20) reportaron valores superiores (entre 7,7, 12 y 15 MPa); esta diferencia obedece a que su investigación se desarrolló sobre dentina, a diferencia del esmalte evaluado en este trabajo, sumado al empleo de materiales y procedimientos.

Siddarth et al. (21) destacaron la pertinencia de contrastar los sistemas autoacondicionantes frente a los

convencionales. En consonancia con lo anterior, este estudio demostró que ambos protocolos permiten una adhesión al esmalte, aunque el autoacondicionante exhibió menor resistencia que el acondicionamiento de 20 s. Por su parte, Altmann et al. (22) y Bhattacharjee et al. (23) ratificaron que los agentes y sistemas adhesivos pueden modificar la fuerza de unión de los *brackets*. Dichos antecedentes respaldan la variabilidad entre los tres grupos analizados, en particular el mayor valor registrado a los 20 s.

Por otro lado, Pourhajibagher et al. (24) demostraron que la composición de los materiales puede influir en el comportamiento mecánico de los adhesivos ortodónticos. Si bien su investigación se centró en nanopartículas y propiedades antimicrobianas, sus conclusiones respaldan la importancia de las características del sistema adhesivo. Dado que en esta investigación las condiciones adhesivas se mantuvieron estandarizadas y se modificó principalmente el protocolo de acondicionamiento, las comparaciones directas entre magnitudes deben interpretarse con cautela.

En lo concerniente al IAR, el grupo de 15 s concentró la mayor frecuencia en el grado 2 (41,5 %), en tanto que en el grupo de 20 s predominó el grado 0 (58,5 %). En el sistema autoacondicionante, el grado 2 fue el más prevalente (30,2 %), seguido de los grados 0, 1 y 3. Esta variación evidencia que el protocolo empleado puede influir en el patrón de fallo adhesivo. Los resultados resultan comparables con los registros de Griffin et al. (19) y Vaheed et al. (25), quienes emplearon el IAR para caracterizar la distribución del remanente adhesivo en diferentes sistemas; sin embargo, las diferencias entre materiales, superficies y procedimientos impiden establecer equivalencias directas.

La presencia del grado 0 en el grupo de 20 s indica que en una proporción considerable de especímenes no quedó adhesivo sobre el esmalte. En cambio, el grupo de 15 s evidenció predominio del grado 2 y el sistema autoacondicionante presentó una distribución más heterogénea. Conviene enfatizar que el IAR debe interpretarse como un indicador del patrón de fallo y no como una evidencia aislada de superioridad clínica. En conjunto, estos resultados concuerdan parcialmente con los antecedentes (17, 18, 23) en cuanto a la influencia del protocolo adhesivo, así como con los estudios sobre la utilidad del IAR (19, 25).

Finalmente, al tratarse de un estudio *in vitro*, los resultados reflejan el comportamiento de los materiales bajo condiciones controladas y no reproducen completamente el entorno oral. Factores como la humedad, la temperatura, las características del esmalte, las fuerzas masticatorias y el envejecimiento pueden modificar la adhesión. Entre las principales limitaciones se identificaron la limpieza tardía de algunos dientes, el uso de una

máquina no diseñada específicamente para especímenes pequeños, la ausencia de simulación de condiciones orales, la variabilidad anatómica de los premolares, la escasez de estudios comparables y la falta de registros de calibración del IAR.

CONCLUSIONES

Bajo condiciones *in vitro*, el acondicionamiento del esmalte durante 20 s proporcionó la mayor resistencia

media al cizallamiento de *brackets* metálicos, seguido del protocolo autoacondicionante y del acondicionamiento durante 15 s. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas tanto a nivel global como en todas las comparaciones por pares. Además, la distribución del IAR fue significativamente diferente entre los protocolos evaluados, con predominio del grado 0 en el grupo de 20 s y del grado 2 en los grupos de 15 s y con sistema autoacondicionante.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiamiento:

Autofinanciado.

Contribución de autoría:

RMS: Conceptualización, metodología, redacción de borrador original, revisión y edición.

APV: Investigación, *software*, visualización.

Agradecimientos:

Al Dr. Manuel Antonio Mattos Vela por su asesoramiento en la metodología.

Correspondencia:

Rocío Meza Salcedo

✉ mezasalcedorocio@gmail.com

REFERENCIAS

1. Hu B, Hu Y, Li X, et al. Shear bond strength of different bonding agents to orthodontic metal bracket and zirconia. *Dent Mater J*. 2022;41(5):749-56. doi:[10.4012/dmj.2022-028](https://doi.org/10.4012/dmj.2022-028)
2. Namvar F, Shahrehabak MZ, Arab S, et al. Shear bond strength of metallic orthodontic brackets to zirconium crowns treated by sandblasting compared to enamel using a universal adhesive: an in vitro study. *Int Orthod*. 2022;20(2):100640. doi:[10.1016/j.ortho.2022.100640](https://doi.org/10.1016/j.ortho.2022.100640)
3. Schauseil M, Blöcher S, Hellak A, et al. Shear bond strength and debonding characteristics of a new premixed self-etching with a reference total-etch adhesive. *Head Face Med*. 2016;12(1):19. doi:[10.1186/s13005-016-0117-x](https://doi.org/10.1186/s13005-016-0117-x)
4. Joseph R, Ahmed N, Younus A, et al. Evaluation of shear bond strength of a primer incorporated orthodontic composite resin: an in-vitro study. *Cureus*. 2022;14(4):e24088. doi:[10.7759/cureus.24088](https://doi.org/10.7759/cureus.24088)
5. Ibrahim AI, Al-Hasani NR, Thompson VP, et al. In vitro bond strengths post thermal and fatigue load cycling of sapphire brackets bonded with self-etch primer and evaluation of enamel damage. *J Clin Exp Dent*. 2020;12(1):e22-30. doi:[10.4317/medoral.56444](https://doi.org/10.4317/medoral.56444)
6. Valizadeh S, Alimohammadi G, Nik TH, et al. In vitro evaluation of shear bond strength of orthodontic metal brackets to aged composite using a self-adhesive composite: effect of surface conditioning and different bonding agents. *Int Orthod*. 2020;18(3):528-37. doi:[10.1016/j.ortho.2020.04.005](https://doi.org/10.1016/j.ortho.2020.04.005)
7. Knaup I, Weber E, Böddeker A, et al. Effect of using different component combinations for orthodontic bracket bonding with self-etch primers. *J Orofac Orthop*. 2023;84(suppl 2):84-92. doi:[10.1007/s00056-021-00356-5](https://doi.org/10.1007/s00056-021-00356-5)
8. Devatha AB, Lakshmi MN, Kumar NB, et al. A comparative study of shear bond strength of direct bonding system with and without a liquid primer: an in vitro study. *J Pharm Bioallied Sci*. 2019;11(suppl 3):S515-22. doi:[10.4103/jpbs.jpbs_259_18](https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_259_18)
9. Mitwally RA, Bakhsh ZT, Feteih RM, et al. Orthodontic bracket bonding using self-adhesive cement to facilitate bracket debonding. *J Adhes Dent*. 2019;21(6):551-6. doi:[10.3290/j.jad.a43652](https://doi.org/10.3290/j.jad.a43652)
10. Garma NM, Ibrahim A. Development of a remineralizing calcium phosphate nanoparticle-containing self-etching system for orthodontic bonding. *Clin Oral Investig*. 2023;27(4):1483-97. doi:[10.1007/s00784-022-04767-5](https://doi.org/10.1007/s00784-022-04767-5)

11. Mirzakouchaki B, Shirazi S, Sharghi R, et al. Shear bond strength and debonding characteristics of metal and ceramic brackets bonded with conventional acid-etch and self-etch primer systems: an in-vivo study. *J Clin Exp Dent*. 2016;8(1):e38-43. doi:10.4317/jced.52658
12. Estrada F. Resistencia a la tracción de brackets metálicos bondeados con sistema adhesivo de restauración vs sistema adhesivo de ortodoncia: estudio in vitro [tesis de especialidad en Internet]. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro; 2018. Disponible en: <https://ri-ng.uaq.mx/xmlui/handle/123456789/1313>
13. Ok U, Aksakalli S, Eren E, et al. Single-component orthodontic adhesives: comparison of the clinical and in vitro performance. *Clin Oral Investig*. 2021;25(6):3987-99. doi:10.1007/s00784-020-03729-z
14. Bilen HB, Çokakoğlu S. Effects of one-step orthodontic adhesive on microleakage and bracket bond strength: an in vitro comparative study. *Int Orthod*. 2020;18(2):366-73. doi:10.1016/j.ortho.2020.01.010
15. Buyukcavus E, Ugurlu M, Buyukcavus MH. Shear bond strength of orthodontic molar tubes to composite restoration bonded with particular adhesives after different surface pre-treatments. *Orthod Craniofac Res*. 2022;25(4):541-8. doi:10.1111/ocr.12567
16. Hadrous R, Bouserhal J, Osman E. Evaluation of shear bond strength of orthodontic molar tubes bonded using hydrophilic primers: an in vitro study. *Int Orthod*. 2019;17(3):461-8. doi:10.1016/j.ortho.2019.06.006
17. Ferreira de Sena L, Moura DM, de Carvalho IH, et al. Bond strength, degree of conversion, and microorganism adhesion using different bracket-to-enamel bonding protocols. *J Orofac Orthop*. 2023;84(suppl 3):210-21. doi:10.1007/s00056-022-00430-6
18. Hellak A, Rusdea P, Schauseil M, et al. Enamel shear bond strength of two orthodontic self-etching bonding systems compared to Transbond™ XT. *J Orofac Orthop*. 2016;77(6):391-9. doi:10.1007/s00056-016-0046-0
19. Griffin J, Ruddy M, Mavreas D, et al. Comparison of shear bond strength and ARI of four different adhesive systems used to bond molar tubes: an in vitro study. *Int Orthod*. 2021;19(1):117-22. doi:10.1016/j.ortho.2020.11.001
20. Cruz G, Vásquez EM. Resistencia al cizallamiento utilizando adhesivo de grabado total y autogra-bante con y sin hipoclorito de sodio en dentina. *Rev ADM [Internet]*. 2017;74(5):224-30. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/adm/od-2017/od175d.pdf>
21. Siddarth B, Aileni KR, Rachala MR, et al. Comparative evaluation and influence of new Optibond eXTRa self-etch universal adhesive and conventional Transbond XT on shear bond strength of orthodontic brackets - An in vitro study. *J Orthod Sci*. 2022;11(1):43. doi:10.4103/jos.jos_22_22
22. Altmann ASP, Collares FM, Leitune VCB, et al. The effect of antimicrobial agents on bond strength of orthodontic adhesives: a meta-analysis of in vitro studies. *Orthod Craniofac Res*. 2016;19(1):1-9. doi:10.1111/ocr.12100
23. Bhattacharjee D, Sharma K, Sahu R, et al. Comparative evaluation of shear bond strength of brackets bonded with self-etch primer/adhesive and conventional etch/primer and adhesive system. *J Pharm Bioallied Sci*. 2021;13(suppl 2):S1168-73. doi:10.4103/jpbs.jpbs_412_21
24. Pourhajibagher M, Sodagar A, Bahador A. An in vitro evaluation of the effects of nanoparticles on shear bond strength and antimicrobial properties of orthodontic adhesives: a systematic review and meta-analysis study. *Int Orthod*. 2020;18(2):203-13. doi:10.1016/j.ortho.2020.01.011
25. Vaheed NA, Gupta M, David SA, et al. In vitro analysis of shear bond strength and adhesive remnant index of stainless steel brackets with different adhesive systems to enamel. *J Contemp Dent Pract*. 2018;19(9):1047-51. doi:10.5005/jp-journals-10024-2379