



Artículo Original/Original Article

## Influencia del Silano en la Resistencia de Unión a Restauraciones de Resina Indirecta

### Influence of Silane on Bond Strength of Indirect Resin Restorations

de León María E<sup>1</sup>, Cruz Gonzalo<sup>2</sup>, Curbelo Agustina<sup>2</sup>, D'Angelo Daniela<sup>1</sup>, Arenas Luana<sup>2</sup>, García Andrés<sup>1</sup>, Grazioli Guillermo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Subunidad Académica de Biomateriales Dentales, Departamento de Odontología Preventiva y Restauradora, Facultad de Odontología, UdeLaR

<sup>2</sup>Facultad de Odontología, UdeLaR

\*Correspondencia a/Corresponding to:

Prof. Adj. Guillermo Grazioli PhD

Unidad Académica de Materiales Dentales, Departamento de Odontología Preventiva y Restauradora, Facultad de Odontología, UdeLaR. Gral. Las Heras 1925, CP 11600, Montevideo, Uruguay  
Email: ggrazioli@gmail.com

*Citation* de León M, Cruz G, Curbelo A, D'Angelo D, Arenas L, García A, Grazioli G. *Influencia del Silano en la Resistencia de Unión a Restauraciones de Resina Indirecta*. *Rev Fac Odont (UNC)*. 2025; 35 (1):4-10. doi: 10.25014/revfacodont271.2025.35.1.4. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/RevFacOdonto>

Received November 12th 2024; Received in revised form February 11th 2025; Accepted February 14th 2025

#### Abstract

**Objetivo:** To compare the immediate and medium-term microshear bond strength, using different protocols of universal and conventional adhesives with or without silane in indirect resin restorations. **Methods:** 25 trial bodies with indirect resin (Nexco Paste, Ivoclar Vivadent) were made and randomly divided into 5 groups according to the adhesive strategy used (Scotch Bond Universal, Tetric N Bond Universal, Single bond 2, Silane + Single bond 2, Without adhesive or silane), on which 4 cylinders of dual resin cement were adhered. These were subjected to the microshear bond strength using a universal testing machine immediately and mediate after 3 months of aging. **Results:** No statistically significant differences were found between the different adhesive systems immediately, the negative control was statistically inferior to the rest of the groups. When analyzing the time factor, a significant reduction in bond strength values was found in the groups with silane, while in the groups without silane the differences between immediate and delayed bonding were not statistically significant. **Conclusions:** There are no differences in microshear bond strength values between conventional fixation protocols or using universal adhesives. More studies are necessary to evaluate the long-term effect of silane.

**Keywords:** microshear, silane, indirect resin, universal adhesives.

#### Resumen

**Objetivo:** Comparar la resistencia de unión al microcizallamiento inmediata y a mediano plazo, utilizando diferentes protocolos de adhesivos universales y convencionales con o sin silano en restauraciones indirectas de resinas. **Métodos:** Se realizaron 25 cuerpos de prueba con resina compuesta indirecta (RCI) (Nexco Paste, Ivoclar Vivadent) los cuales fueron divididos aleatoriamente en 5 grupos según la estrategia adhesiva utilizada (Scotch Bond Universal, Tetric N Bond Universal, Single bond 2, Silano + Single bond 2, Sin adhesivo ni silano), sobre esta superficie se adhirieron 4 cilindros de agente de fijación resinosa dual. Éstos, fueron sometidos al ensayo de microcizallamiento inmediato y tardío luego de 3 meses de envejecimiento utilizando una máquina de ensayos universales. **Resultado:** No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los diferentes sistemas adhesivos de forma inmediata, el control negativo resultó estadísticamente inferior al resto de los grupos. Al analizar el factor tiempo, se constató una reducción significativa de los valores de resistencia de unión en los grupos con silano, mientras que en los grupos sin silano las diferencias entre la unión inmediata y tardía no fueron estadísticamente significativas. **Conclusiones:** No existen diferencias en los valores de resistencia de unión al microcizallamiento al utilizar

sistemas adhesivos convencionales o adhesivos universales. Son necesarios más estudios para evaluar el efecto del silano a largo plazo.

*Palabras claves:* microcizallamiento, silano, resina indirecta, adhesivos universales.

## Introducción

Existen situaciones clínicas odontológicas en las que debido a la pérdida de estructura dental (extensión de la cavidad, estética, oclusión), es necesario indicar restauraciones indirectas. Éstas, pueden ser realizadas en distintos materiales (metales, cerámicas o polímeros), siendo estos últimos uno de los más utilizados.<sup>1</sup> Las Resinas compuestas indirectas (RCI) fueron introducidas como una alternativa de bajo costo ofreciendo restauraciones estéticas y funcionales de alto rendimiento.<sup>2</sup> Una vez preparada y terminada extraoralmente, deben ser fijadas mediante técnicas adhesivas a la estructura dentaria.<sup>2</sup>

Las resinas compuestas se componen por una matriz orgánica (monómeros), relleno inorgánico (partículas cerámicas) y un agente de acoplamiento o de unión (silano). Las RCI presentan una composición similar a las resinas directas, diferenciándose especialmente en su mecanismo de polimerización requiriendo unidades de post-procesado que además de utilizar luz, establezcan una presión y/o temperatura específica.<sup>3-5</sup> Este curado extra oral genera condiciones de polimerización que se asocian a un incremento en la conversión de los enlaces C=C, lo que resulta en una mejora de las propiedades físico-mecánicas, estabilidad del color y resistencia al desgaste.<sup>3-5</sup>

Actualmente la fijación de las RCI representa un gran desafío, debido a que las estrategias adhesivas utilizadas deben ser realizadas en múltiples pasos aumentando la sensibilidad de la técnica, y por lo tanto las posibilidades de error del operador.<sup>2</sup> Además, la evidencia científica muestra datos contradictorios, por lo que no existe un consenso sobre el protocolo de tratamiento de superficie para la fijación de este tipo de restauraciones.

En búsqueda de simplificar las técnicas, se han introducido al mercado los adhesivos "universales". Estos basan su

estrategia adhesiva en la mínima cantidad de pasos logrando una unión estable a diferentes sustratos: dentarios (esmalte y dentina) y no dentarios (zirconia, metales nobles, metales no preciosos, composites, y varias cerámicas basadas en sílice).<sup>6,7</sup> Esto es posible debido a que poseen en su composición la molécula 10-metacriloxidecil dihidrógeno fosfato (10-MDP). Ésta, es un éster de fosfato que actúa como monómero funcional anfifílico, el cual interacciona químicamente (a través de enlaces iónicos) con el calcio de la hidroxiapatita, formando una sal de 10-MDP/calcio hidrolíticamente estable.<sup>8,9</sup> Además, la literatura sugiere que se puede lograr una unión química con las resinas a través del éster de fosfato penta-acrilato y a ácidos polialquenoicos presentes en los mismos.<sup>10,11</sup> Actualmente, en el mercado también podemos encontrar adhesivos universales a los cuales se les ha incorporado una molécula denominada silano (3-Metacriloxipropiltrimetoxisilane) con la finalidad de reducir y facilitar, aún más, los pasos clínicos. Este adhesivo presenta un grupo orgánico funcional que genera interacciones con los polímeros, mientras que el silanol forma enlaces covalentes con la superficie inorgánica, lo que además de incrementar la humectancia, podría mejorar la fuerza adhesiva de la interfaz.<sup>12</sup>

Al analizar los protocolos adhesivos para restauraciones de RCI, en la literatura se observa un consenso en el uso de arenado con partículas de alúmina de 50 micras, a 5 cm, durante 10 segundos y a 2 bar de presión con el objetivo de aumentar las irregularidades de la superficie, facilitando la retención por micro traba, aumentando significativamente la fuerza adhesiva.<sup>13</sup> Al analizar la estrategia adhesiva, algunos autores relatan mejores resultados al utilizar adhesivos universales que contenga silano en su composición. Mientras que otros destacan que se logran mejores valores de adhesión cuando un agente silano es aplicado por separado, previo al sistema adhesivo.<sup>6,13</sup> Por otro lado, D'Arcangelo y col., proponen que el uso de un pretratamiento de la restauración con

silano no genera aumentos significativos en la fuerza adhesiva.<sup>14</sup>

Por todo lo planteado anteriormente, este estudio pretendió evaluar la resistencia de unión al microcizallamiento inmediata y a mediano plazo de resinas indirectas con la aplicación de adhesivos universales comparada con las estrategias comerciales convencionales con o sin silano, a modo de establecer un protocolo ideal para la fijación de RCI.

Se plantearon dos hipótesis, por un lado los adhesivos universales presentarán una fuerza de unión estadísticamente superior en la fijación de restauraciones de RCI a corto y mediano plazo que los sistemas adhesivos convencionales. Por otro lado, el silano tendrá un efecto positivo aumentando significativamente la resistencia de unión a RCI en el corto y mediano plazo.

## Metodología

### Diseño Metodológico

Para este estudio se utilizó una RCI comercial (Nexco Paste, Ivoclar Vivadent, Zúrich, Suiza) manipulada siguiendo las indicaciones del fabricante utilizando una unidad de fotocurado de laboratorio (UniXS, Heraeus Kulzer, Hanau, Alemania).

Para el tratamiento adhesivo se utilizó un sistema adhesivo universal con silano en su composición (Single Bond Universal, 3M ESPE), un adhesivo universal sin silano en su composición (Tetric N Bond Universal, Ivoclar Vivadent) y un sistema adhesivo de grabado y lavado en 2 pasos (Single bond 2, 3M ESPE) con y sin la aplicación previa de un agente silano (Dentsply).

La superficie de la RCI fue sometida a los distintos acondicionamientos adhesivos según el grupo correspondiente, confeccionando luego 4 botones utilizando un agente resinoso dual (RelyX Ultimate, 3M ESPE). Estos fueron sometidos al ensayo de resistencia de unión al microcizallamiento de forma inmediata o luego de 3 meses de envejecimiento en agua destilada a 37°C.

### Confección de Cuerpos de Prueba

Se confeccionaron especímenes rectangulares de 10 mm x 10 mm x 2 mm utilizando un molde de teflón. Se confeccionaron 25 especímenes rectangulares (n=5), los mismos fueron confeccionados en un bloque único (Figura 1A).

Las muestras se incluyeron en tubos de PPL utilizando resina acrílica, dejando expuesta una de las superficies de los especímenes de RCI (Figura 1B). Luego, la superficie fue pulida secuencialmente con lijas de carburo de silicio de granulometría 220, 400 y 600 a modo de estandarizar las superficies (Figura 1B). Entre cada una de las lijas, la superficie fue lavada con agua destilada durante 10s. Al finalizar el proceso de pulido, las muestras fueron lavadas en baño ultrasónico con alcohol isopropílico 99% durante 3 minutos.

Una vez limpios, los especímenes se sometieron a un proceso de arenado con partículas de óxido de aluminio (Basic Classic, Renfert, Alemania) de 50 micrómetros de tamaño, durante 10 segundos a una distancia de 5 cm y una presión de 2 bar. Luego, las superficies se limpiaron con ácido fosfórico 37% durante 30 segundos.

Posteriormente, los especímenes se dividieron aleatoriamente en 5 grupos de acuerdo con el agente de acondicionamiento químico a utilizar, subdivididos en análisis inmediato y análisis luego de 3 meses de envejecimiento (Figura 1D):

- o Grupo 1 (SBU): Adhesivo universal con silano (Single Bond Universal, 3M ESPE)
- o Grupo 2 (TBU): Adhesivo universal sin silano (Tetric N Bond Universal, Ivoclar Vivadent)
- o Grupo 3 (SB): Adhesivo convencional en 2 pasos sin silano (Single bond 2, 3M ESPE)
- o Grupo 4 (SBS): Adhesivo convencional en 2 pasos con silano previo (Silano Dentsply + Single bond 2 3M ESPE)
- o Grupo 5 (GCN): Sin adhesivo ni silano (Grupo control negativo)

La composición de los agentes de acondicionamiento químico utilizados en este estudio se encuentra resumida en la Tabla 1. Estos agentes de acondicionamiento químico se aplicaron en la superficie pulida, arenada y

limpia de los especímenes de RCI siguiendo las indicaciones de cada fabricante.

Una vez aplicados los agentes de acondicionamiento químico, una matriz de silicona cilíndrica con 4 orificios de 1.4 mm de diámetro interno y 1mm de altura se colocó sobre la superficie de resina.

Cada uno de los orificios fue llenado con el agente de fijación resinoso dual convencional (RelyX Ultimate, 3M ESPE) manipulándolo conforme a las instrucciones del fabricante y fotopolimerizado durante 20 segundos con una unidad de fotopolimerización (Optilight MAX, Gnatus) con una intensidad de 1000 mW/cm<sup>2</sup>. Luego de la fotopolimerización, la matriz de silicona fue removida para exponer los 4 cilindros de agente de fijación resinoso.

### Ensayo de Microcizallamiento

Todas las muestras obtenidas fueron almacenadas en agua destilada a 37°C durante 24 horas. Posteriormente, 2 de los 4 cilindros de resina de cada uno de los especímenes se sometieron al ensayo de microcizallamiento inmediato. El resto de los especímenes fue almacenado en agua destilada a 37°C durante 3 meses. Pasado el período de envejecimiento fueron sometidos al ensayo de microcizallamiento envejecido. (Fig. 1)

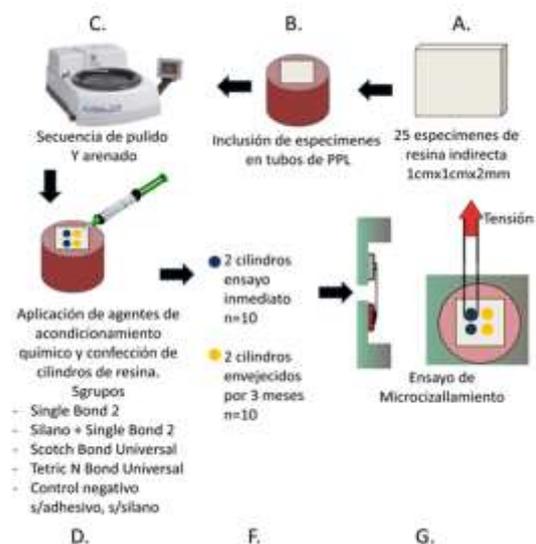
El ensayo de resistencia de unión al cizallamiento se ejecutó utilizando una máquina de ensayos universales (CMT 2000, MTS SANS) con una celda de carga de 100 N a una velocidad de cruceta de 1.0 mm/min. La resistencia de unión (en MPa) fue calculada dividiendo la carga (en Newtons), con el área de interfaz de la unión (mm<sup>2</sup>).

### Análisis de los resultados

Los datos de resistencia de unión de los grupos fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA de dos vías para examinar el efecto de los factores (agente de acondicionamiento químico y envejecimiento) en la resistencia de unión al microcizallamiento. El análisis post hoc se realizó mediante la prueba de Tukey, para comparar las medias de resistencia de unión entre grupos individuales. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SigmaPlot 12.0. Para todas las

pruebas, el nivel de significancia estadística se estableció en 0,05.

**Figura 1:** Ensayo de microcizallamiento



### **Resultados**

La Figura 2 muestra los resultados de la resistencia de unión al cizallamiento en función de las diferentes estrategias adhesivas utilizadas.

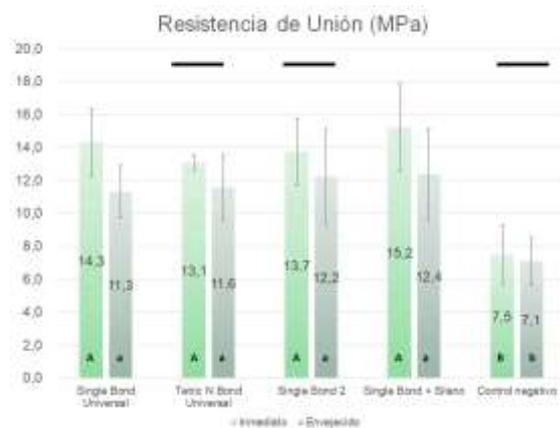
De acuerdo con el ANOVA de dos vías, la resistencia de unión al cizallamiento fue influenciada significativamente por el factor Grupo ( $p < 0,001$ ) y el factor envejecimiento ( $p < 0,001$ ). Por otro lado, la interacción de ambos factores no resultó significativa en la variación de la resistencia de unión ( $p = 0,478$ ).

Al analizar el factor Grupo a las 24 horas se observa que el valor más alto fue para el grupo SBCS. Sin embargo, no hubo diferencias estadísticamente significativas al utilizar las distintas estrategias adhesivas ( $p \geq 0,084$ ). Por otro lado, el control negativo resultó estadísticamente inferior al resto de los grupos ( $p < 0,001$ ).

Este mismo comportamiento fue observado a los 3 meses de envejecimiento, es decir que no se observó diferencia estadísticamente significativa al utilizar estrategias adhesivas ( $p = 0,332$ ), mientras que el control negativo obtuvo valores significativamente menores que el resto de los grupos ( $p < 0,001$ ).

Al analizar el factor tiempo, en cada una de las estrategias adhesivas a utilizar se observó que hubo una reducción significativa en los valores de resistencia de unión en los grupos SBU y SBCS ( $p=0,012$ ). Por otro lado, en los grupos TBU, SBSS y control negativo las diferencias entre la resistencia de unión inmediata y tardía no fueron estadísticamente significativas ( $p=0,222$ ).

**Figura 2:** Resistencia de unión al cizallamiento



## Discusión

El presente estudio evaluó el efecto de 5 tratamientos adhesivos a la superficie de una RCI sobre la resistencia adhesiva inmediata y su estabilidad luego de 3 meses de envejecimiento. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los adhesivos universales y los adhesivos convencionales. Además, tampoco se constató un efecto positivo en la aplicación de silano en los valores iniciales, mientras que en los valores adhesivos luego del envejecimiento se observó un efecto negativo. Por lo tanto, ambas hipótesis fueron rechazadas.

En el ensayo envejecido, podemos observar que existió una diferencia significativa en aquellos tratamientos de superficie que incluyeron un agente silano, ya sea formando parte de la composición del adhesivo o aplicándose de manera independiente. Esto es consistente con lo observado en la literatura, donde algunos estudios relatan que la resistencia de unión disminuye significativamente luego del envejecimiento en aquellos grupos tratados con silano.<sup>13,15,16</sup> Este acontecimiento podría deberse a que los agentes

silanos utilizados normalmente son de cadena corta, más hidrofílicos, lo que aumenta su inestabilidad y limita la vida útil de sus imprimaciones.<sup>13,17</sup>

Debemos destacar que el componente reactivo del silano es el 3-metacriloxipropil trimetoxi silano, el cual se diluye en etanol y agua. Comercialmente este silano puede encontrarse en un solo frasco prehidrolizado, siendo más inestable y pudiendo activarse progresivamente en el tiempo, lo cual se debe a la formación de oligómeros siloxanos inactivos de bajo peso molecular.<sup>18,19</sup> Como alternativa se comercializan sistemas de silano en dos frascos para prolongar su vida útil; un frasco contiene un monómero de silano no hidrolizado disuelto en etanol y el otro contiene ácido acético acuoso, éstos se mezclan previo a su uso.<sup>18-20</sup> Por otro lado, se ha propuesto que la cantidad de silano encontrado en los adhesivos universales no es suficiente para cumplir el efecto buscado.<sup>21,22</sup>

En el presente estudio, fueron evaluados 2 sistemas adhesivos universales, Single Bond Universal y Tetric Bond Universal, cuya diferencia principal es que el primero contiene un agente silano en su composición, lo cual parecería ser una ventaja debido a la simplificación de la técnica al reducir el número de pasos.<sup>5</sup> Sin embargo, los valores obtenidos para el grupo SBU en comparación con los otros grupos de forma inmediata sugieren que el agente silano no aumenta la resistencia adhesiva, lo cual puede deberse a que su pH de 2.7 podría afectar la estabilidad del silano.<sup>23-25</sup> Además, se ha propuesto que la cantidad de silano encontrado en los adhesivos universales no es suficiente para cumplir con ese objetivo.<sup>21,22</sup>

Por otra parte, se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos que utilizaron algún agente de acondicionamiento químico en comparación con el grupo CN que resultó estadísticamente inferior tanto de forma inmediata como tardía. Esto era de esperarse, debido a que los adhesivos presentan una mayor fluidez y humectabilidad en comparación con los agentes de fijación resinoso, lo que permite una mejor penetración en la superficie creando retenciones micro mecánicas.<sup>8,26</sup>

Finalmente, debemos considerar que como todo estudio *in vitro*, el presente trabajo presenta algunas limitaciones por lo que los resultados deben ser interpretados con cautela. A pesar de haber analizado varios sistemas adhesivos existen otros en el mercado que no podemos asegurar que se comporten de igual manera. Además, el envejecimiento fue solo de 3 meses, lo que podría enmascarar una degradación más lenta del sistema adhesivo sin silano. De esta forma, se sugieren estudios que utilicen mayor tiempo de envejecimiento para confirmar los datos obtenidos.

## Conclusión

No existen diferencias en los valores de resistencia de unión al microcizamiento a resinas compuestas indirectas al utilizar sistemas adhesivos convencionales en comparación con adhesivos universales. El uso de agentes silano no parece presentar beneficios significativos por lo que la aplicación de sistemas adhesivos sin el agregado del paso previo de silano podría ser una buena opción ya que el aumento de pasos clínicos aumenta la posibilidad de errores por parte del operador. Más estudios son necesarios para evaluar el efecto del silano a largo plazo.

## Financiación

El presente trabajo fue financiado por el Programa de Apoyo para la Investigación Estudiantil (PAIE) de la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC), Uruguay.

## Conflicto de intereses/Conflict of interest

Todos los autores declaran que no existen conflictos potenciales de interés con respecto a la autoría y / o publicación de este artículo.

All authors declare no potential conflicts of interest with respect to the authorship and/or publication of this article.

## Referencias

1. Saldarriaga O, Peláez A. Resinas compuestas: Restauraciones adhesivas para el sector posterior. *CES Odontol.* 2003;16(2). Disponible en: <https://revistas.ces.edu.co/index.php/odontologia/article/view/571>
2. Cruz González AC, Díaz Caballero A, Méndez Silva J. Uso de incrustaciones de resina compuesta tipo onlay en molares estructuralmente comprometidos. *Rev Cubana Estomatol.* 2012;49(1):0-0. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75072012000100008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072012000100008)
3. Molinero P, Sevilla P, Zafra Vallejo M, Ramírez Meneses D. Materiales y técnicas para incrustaciones dentales. *Rev Int*

prótesis estomatológica, ISSN 1139-9791, Vol 18, N° 1, 2016, págs 15-23. 1999;18(1):15-23. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5484116>

4. Nandini S. Indirect resin composites. *J Conserv Dent.* 2010;13(4):184. DOI: 10.4103/0972-0707.73377
5. Fonseca RB, Correr-Sobrinho L, Fernandes-Neto AJ, Quagliatto PS, Soares CJ. The influence of the cavity preparation design on marginal accuracy of laboratory-processed resin composite restorations. *Clin Oral Investig.* 2008 Mar 10;12(1):53-9. DOI: 10.1007/s00784-007-0145-9
6. Altinci P, Mutluay M, Tezvergil-Mutluay A. Repair bond strength of nanohybrid composite resins with a universal adhesive. *Acta Biomater Odontol Scand.* 2018 Jan 1;4(1):10-9. DOI: 10.1080/23337931.2017.1412262
7. Elkaffas AA, Hamama HHH, Mahmoud SH. Do universal adhesives promote bonding to dentin? A systematic review and meta-analysis. *Restor Dent Endod.* 2018;43(3). DOI: 10.5395/rde.2018.43.e29
8. Fornazari I, Wille I, Meda E, Brum R, Souza E. Effect of Surface Treatment, Silane, and Universal Adhesive on Microshear Bond Strength of Nanofilled Composite Repairs. *Oper Dent.* 2017 Jul 1;42(4):367-74. DOI: 10.2341/16-259-L
9. Ritter A, Sulaiman T, Altintinchi A, Bair E, Baratto-Filho F, Gonzaga C, et al. Composite-composite Adhesion as a Function of Adhesive-composite Material and Surface Treatment. *Oper Dent.* 2019 Jul 1;44(4):348-54. DOI: 10.2341/18-037-L
10. Thammajaruk P, Inokoshi M, Chong S, Guazzato M. Bonding of composite cements to zirconia: A systematic review and meta-analysis of *in vitro* studies. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018 Apr;80:258-68. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2018.02.008
11. Alsaeed AY. Bonding CAD/CAM materials with current adhesive systems: An overview. *Saudi Dent J.* 2022 May;34(4):259-69. DOI: 10.1016/j.sdentj.2022.03.005
12. Aziz T, Ullah A, Fan H, Jamil MI, Khan FU, Ullah R, et al. Recent Progress in Silane Coupling Agent with Its Emerging Applications. *J Polym Environ.* 2021 Nov 11;29(11):3427-43. DOI: 10.1007/s10924-021-02142-1
13. Cura M, González-González I, Fuentes V, Ceballos L. Effect of surface treatment and aging on bond strength of composite resin onlays. *J Prosthet Dent.* 2016 Sep;116(3):389-96. DOI: 10.1016/j.prosdent.2016.02.016
14. D'Arcangelo C, Vanini L. Effect of three surface treatments on the adhesive properties of indirect composite restorations. *J Adhes Dent.* 2007 Jun;9(3):319-26. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17655072>
15. Hagino R, Mine A, Kawaguchi-Uemura A, Tajiri-Yamada Y, Yumitate M, Ban S, et al. Adhesion procedures for CAD/CAM indirect resin composite block: A new resin primer versus a conventional silanizing agent. *J Prosthodont Res.* 2020 Jul;64(3):319-25. DOI: 10.1016/j.jpor.2019.09.004
16. Reymus M, Roos M, Eichberger M, Edelhoff D, Hickel R, Stawarczyk B. Bonding to new CAD/CAM resin composites: influence of air abrasion and conditioning agents as pretreatment strategy. *Clin Oral Investig.* 2019 Feb 8;23(2):529-38. DOI: 10.1007/s00784-018-2461-7
17. Yoshihara K, Nagaoka N, Maruo Y, Nishigawa G, Yoshida Y, Van Meerbeek B. Silane-coupling effect of a silane-containing self-adhesive composite cement. *Dent Mater.* 2020 Jul;36(7):914-26. DOI: 10.1016/j.dental.2020.04.014

18. Lung CYK, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: An overview. *Dent Mater.* 2012 May;28(5):467–77. DOI: 10.1016/j.dental.2012.02.009
19. Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dent Mater.* 2018 Jan;34(1):13–28. DOI: 10.1016/j.dental.2017.09.002
20. Dimitriadi M, Zafiropoulou M, Zinelis S, Silikas N, Eliades G. Silane reactivity and resin bond strength to lithium disilicate ceramic surfaces. *Dent Mater.* 2019 Aug;35(8):1082–94. DOI: 10.1016/j.dental.2019.05.002
21. Melo L De, Moura IS, Almeida E De, Junior AF, Dias TDS, Leite FP. Efficacy of prostheses bonding using silane incorporated to universal adhesives or applied separately: A systematic review. *J Indian Prosthodont Soc.* 2019;19(1):3. DOI: 10.4103/jips.jips\_144\_18
22. Romanini-Junior JC, Kumagai RY, Ortega LF, Rodrigues JA, Cassoni A, Hirata R, et al. Adhesive/silane application effects on bond strength durability to a lithium disilicate ceramic. *J Esthet Restor Dent.* 2018 Jul 15;30(4):346–51. DOI: 10.1111/jerd.12387
23. Michelotti G, Niedzwiecki M, Bidjan D, Dieckmann P, Deari S, Attin T, et al. Silane Effect of Universal Adhesive on the Composite–Composite Repair Bond Strength after Different Surface Pretreatments. *Polymers (Basel).* 2020 Apr 19;12(4):950. DOI: 10.3390/polym12040950
24. Thadathil Varghese J, Cho K, Raju, Farrar P, Prentice L, Prusty BG. Influence of silane coupling agent on the mechanical performance of flowable fibre-reinforced dental composites. *Dent Mater.* 2022 Jul;38(7):1173–83. DOI: 10.1016/j.dental.2022.06.002
25. Lanza MDS, Vasconcellos WA, Miranda GLP de, Peixoto RTR da C, Lanza LD. Different bonding agents effect on adhesive bond strength: lithium disilicate glass ceramic. *Rev Odontol da UNESP.* 2020;49. DOI: 10.1590/1807-2577.02020
26. Kallio TT, Tezvergil-Mutluay A, Lassila LVJ, Vallittu PK. The Effect of Surface Roughness on Repair Bond Strength of Light-Curing Composite Resin to Polymer Composite Substrate. *Open Dent J.* 2013 Sep 30;7(1):126–31. DOI: 10.2174/1874210601307010126.



**Publisher's Note:** This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)