

DOI: 10.26820/recimundo/9.(2).abril.2025.66-82

URL: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2581>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIMUNDO

ISSN: 2588-073X

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 32 Ciencias Médicas

PAGINAS: 66-82



Adhesión y microfiltración en restauraciones de zirconia. Revisión teórica

Adhesion and microleakage in zirconia restorations. Theoretical review

Adesão e microinfiltração em restaurações de zircônia. Revisão teórica

María Fernanda Taboada Alvear¹; Karina Farfan²

RECIBIDO: 10/01/2024 **ACEPTADO:** 19/03/2025 **PUBLICADO:** 21/04/2025

1. Odontóloga; Universidad Central del Ecuador; Quito, Ecuador; mafer_ta02@hotmail.com;  <https://orcid.org/0000-0001-8237-7247>
2. Rehabilitadora Oral; Universidad Central del Ecuador; Quito, Ecuador;  <https://orcid.org/0000-0002-7199-5346>

CORRESPONDENCIA

María Fernanda Taboada Alvear

mafer_ta02@hotmail.com

Quito, Ecuador

RESUMEN

Las restauraciones de zirconio han aumentado su demanda en los últimos 10 años debido a su estética, biocompatibilidad y resistencia. Sin embargo, su uso clínico presenta desafíos, especialmente en términos de adhesión y microfiltración. La baja adhesión a la estructura dental, junto con su naturaleza policristalina, puede dar lugar a la microfiltración, lo que representa un inconveniente significativo para los odontólogos. Este estudio tiene como objetivo analizar la fuerza adhesiva y la microfiltración de las restauraciones de zirconio a través de una revisión teórica. Se realizó una búsqueda de información actualizada sobre la adhesión y microfiltración en restauraciones de zirconio, concentrándose en artículos publicados entre enero de 2019 y noviembre de 2024. Se utilizaron palabras clave como "unión, adhesión, microfiltración, cementos dentales", y se seleccionaron artículos en español, inglés y portugués de bases de datos como SciELO, PUBMED, MEDLINE, EBSCO, SCIENCE DIRECT y SCIELO. De un total de 665 artículos, se seleccionaron 29 publicaciones relevantes. Los resultados destacan que el circonio, en particular su forma estabilizada con Ytrio Y-TZP, ofrece una buena estética y una buena resistencia de una restauración dental. En conclusión, aunque las restauraciones de zirconio ofrecen ventajas estéticas y mecánicas, la adhesión y la microfiltración siguen siendo desafíos importantes. Se requieren más investigaciones para optimizar las técnicas de cementación y mejorar la durabilidad y efectividad de estas restauraciones.

Palabras clave: Zirconio, Fuerza de unión, Adhesión, Microfiltración, Cementos dentales.

ABSTRACT

Zirconia restorations have increased in demand over the last 10 years due to their aesthetics, biocompatibility, and strength. 1 However, their clinical use presents challenges, especially in terms of adhesion and microleakage. The low adhesion to the dental structure, along with their polycrystalline nature, can lead to microleakage, which represents a significant drawback for dentists. This study aims to analyze the adhesive strength and microleakage of zirconia restorations through a theoretical review. A search for updated information on adhesion and microleakage in zirconia restorations was conducted, focusing on articles published between January 2019 and November 2024. Keywords such as "bonding, adhesion, microleakage, dental cements" were used, and articles in Spanish, English, and Portuguese were selected from databases such as SciELO, PUBMED, MEDLINE, EBSCO, SCIENCE DIRECT, and SCIELO. From a total of 665 articles, 29 relevant publications were selected. The results highlight that zirconium, particularly its Yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal (Y-TZP) form, offers good aesthetics and good strength for a dental restoration. 2 In conclusion, although zirconia restorations offer aesthetic and mechanical advantages, adhesion and microleakage remain significant challenges. Further research is required to optimize cementation techniques and improve the durability and effectiveness of these restorations.

Keywords: Zirconia, Bond strength, Adhesion, Microfiltration, Dental cements.

RESUMO

As restaurações de zircônia aumentaram a sua procura nos últimos 10 anos devido à sua estética, biocompatibilidade e resistência. 1 No entanto, a sua utilização clínica apresenta desafios, especialmente em termos de adesão e microinfiltração. A baixa adesão à estrutura dentária, aliada à sua natureza policristalina, pode levar à microinfiltração, o que representa um inconveniente significativo para os médicos dentistas. Este estudo tem como objetivo analisar a resistência adesiva e a microinfiltração das restaurações de zircônia através de uma revisão teórica. Foi realizada uma busca por informações atualizadas sobre adesão e microinfiltração em restaurações de zircônia, com foco em artigos publicados entre janeiro de 2019 e novembro de 2024. Foram utilizadas palavras-chave como "bonding, adhesion, microleakage, dental cements" e selecionados artigos em espanhol, inglês e português em bases de dados como SciELO, PUBMED, MEDLINE, EBSCO, SCIENCE DIRECT e SCIELO. De um total de 665 artigos, foram selecionadas 29 publicações relevantes. Os resultados destacam que o zircônio, particularmente a sua forma de policristal de zircônia tetragonal estabilizada com ítria (Y-TZP), oferece uma boa estética e uma boa resistência para uma restauração dentária. 2 Em conclusão, embora as restaurações de zircônia ofereçam vantagens estéticas e mecânicas, a adesão e a microinfiltração continuam a ser desafios significativos. É necessária mais investigação para otimizar as técnicas de cimentação e melhorar a durabilidade e eficácia destas restaurações.

Palavras-chave: Zircônia, Força de ligação, Adesão, Microfiltração, Cimentos dentários.

Introducción

La zirconia (dióxido de zirconio, ZrO_2) se ha posicionado como uno de los biomateriales más utilizados en la actualidad. Sus propiedades mecánicas y estéticas han encontrado una amplia gama de aplicaciones en odontología, particularmente en prótesis y restauración dental (1). Este biomaterial, compuesto principalmente por zirconio, se distingue por su excepcional resistencia a la fractura, gran durabilidad y excelente biocompatibilidad, lo que lo hace ideal para diversas aplicaciones en odontología.

Sin embargo, las restauraciones de zirconia requieren de un proceso adecuado de adhesión, puesto que la microfiliación en las interfaces de unión puede influir en la durabilidad de las mismas, cuya efectividad tendrá un impacto directo sobre el éxito clínico. Para optimizar los resultados y prolongar la vida útil de las restauraciones de óxido de zirconio es esencial desarrollar técnicas y estrategias de adhesión, así como comprender los factores que afectan a las microfiliaciones (2).

Las propiedades mecánicas y estéticas de las restauraciones dentales de zirconia son excepcionales, lo que ha generado que adquieran fuerza en los últimos tiempos. No obstante, la zirconia se enfrenta a uno de los retos del uso de materiales restaurativos, que es el tema de su adhesión a los tejidos dentales. Si bien la zirconia se avala por una mejor biocompatibilidad y que supera en resistencia al desgaste que sus competidores, su superficie es por su naturaleza bastante complicada de modificar para una unión adecuada. La microfiliación, que es el pasaje de fluidos y bacterias a través de las interfaces de unión que se logra con las restauraciones de zirconia, es un problema común que compite con la durabilidad a futuro. Por lo tanto, los factores que influyen sobre la unión de los tejidos y la microfiliación, así como las diferentes técnicas que se han definido para mitigar estos factores, son de suma importancia para garantizar la funcionalidad de las restauraciones de zirconia (3).

Las restauraciones de óxido de zirconio se han considerado un reto en odontología, pues ha resultado difícil conseguir una unión óptima entre la cerámica y el adhesivo durante la cementación. En la cementación de estas restauraciones se han utilizado con éxito resinas compuestas; la vida útil de la restauración se ve considerablemente comprometida si no se emplean técnicas adecuadas de preparación de la superficie cerámica y control de las microfiliaciones (4).

Es fundamental evitar las microfiliaciones en las restauraciones de óxido de zirconio con objeto de que su rendimiento y durabilidad sean óptimos a largo plazo. Como consecuencia del paso de bacterias o fluidos entre la restauración y las interfaces dentales, las microfiliaciones pueden comprometer la integridad de la restauración y favorecer la aparición de caries recurrentes. En este sentido, es fundamental optimizar las técnicas de adhesión, especialmente cuando se utilizan cementos que contienen monómeros de fosfato (5). La utilización de estos cementos, acompañada de una adecuada preparación de la superficie, permite una unión más fuerte y estable entre el óxido de zirconio y el material de restauración. Es deseable que las partículas abrasivas en el aire, o la cobertura de sílice o alúmina, se apliquen en la superficie de las prótesis de zirconia, ya que estas técnicas han demostrado mejorar la retención y el sellado, ayudando así a minimizar la microfiliación. Los cementos compuestos de resina, que funcionan mediante un diseño de unión química y mecánica, son superiores a los cementos convencionales que utilizan únicamente la unión micrométrica mecánica como su exclusivo mecanismo (6).

El uso de cerámicas de alta resistencia, como la zirconia, requiere técnicas de cementación bien establecidas para optimizar el rendimiento clínico. Se ha demostrado que el uso de abrasivos de alúmina cubiertos de sílice como tratamiento de superficie, junto con el enlace de cemento de zirconio y resina, resulta en una mejor adhesión que las partículas abrasivas convencionales de Al_2O_3 (7).

Esta técnica, conocida como recubrimiento triboquímico de sílice, aumenta de forma muy notable la adherencia de una manera que facilita una mayor desactivación química de la superficie del material lo que favorece el enlace entre la resina y la cerámica. Esta estrategia ha demostrado tener una mejor resistencia de unión a corto y largo. De este modo, la correcta utilización de los cementos compuestos, así como el tratamiento particular de la superficie, no solo favorecen la intensidad de la unión, sino que evitan la microfiltración, mejorando así la vida y el éxito de las restauraciones de zirconio (8).

Con el fin de asegurar el éxito clínico y la durabilidad de las restauraciones de zirconio, es imperativo contar con un protocolo de unión sólido que reduzca la microfiltración y aumente la retención de las restauraciones. Analizar la literatura disponible permite examinar los desarrollos realizados en las diversas técnicas adhesivas, así como aquellos factores que influyen en la resistencia adhesiva y en la resistencia a la microfiltración de estos materiales (9).

Este estudio tiene como objetivo; Analizar la fuerza adhesiva y microfiltración de las restauraciones de zirconio a través de una revisión teórica a través de una revisión teórica centrada en las estrategias más efectivas para mejorar la calidad de la unión entre el zirconio y los materiales de cementación. A partir de los datos actuales, se realiza un esfuerzo por equipar a los odontólogos con las prácticas necesarias que permitan el éxito clínico de la restauración de zirconio al reducir su microfiltración y, por ende, mejorar el resultado del tratamiento del paciente.

Cruz H. & Ampuero Ramírez (10) examinaron el impacto de distintos procedimientos de cementación y tratamientos de superficie sobre la resistencia de unión de los materiales restauradores a la zirconia. Según su revisión sistemática, se concluyó que la resistencia de unión es significativamente superior cuando se emplean tratamientos

de superficie adecuados, un sistema adhesivo eficaz y un cemento que contiene 10-MDP. Este compuesto contribuye a una mejor adhesión entre la zirconia y los materiales restauradores, optimizando la durabilidad de la restauración a largo plazo. El estudio resalta la importancia de seleccionar el tratamiento y sistema adhesivo correctos para maximizar la eficacia de la cementación en restauraciones de zirconia, mejorando las propiedades mecánicas y reduciendo las fallas en las restauraciones dentales.

De acuerdo con Fernández Franco et al (3), el estudio se centra en la búsqueda de un método efectivo para establecer una unión química confiable entre la zirconia 3 Y-TZP y un cemento resinoso, a través de un tratamiento superficial optimizado. Los autores proponen que el arenado triboquímico seguido de la aplicación de silano y un agente adhesivo basado en 10-MDP resulta ser un protocolo efectivo para mejorar la adhesión de la zirconia, que por naturaleza es un material químicamente inerte. Este enfoque, basado en procedimientos avanzados de tratamiento superficial y adherencia, se evaluó a través de la cementación de dos puentes de zirconia 3 Y-TZP en pacientes que no deseaban someterse a los tratamientos tradicionales de prótesis fija. Los resultados mostraron que este protocolo garantizó una adhesión confiable y sin despegamientos, incluso después de un seguimiento de dos años y medio.

Materiales y métodos

Con el objetivo de realizar esta revisión, se realizó siguiendo la metodología PRISMA, se implementó una estrategia de búsqueda de literatura y extracción de datos. Se extrajo la información de diversas fuentes, que incluyeron PUBMED, MEDLINE, EBSCO, SCIENCE-DIRECT y SCIELO, se utilizará las palabras claves, zirconio, fuerza de unión, adhesión, microfiltración, cementos dentales, tanto en inglés, español y portugués. Además, se determinan criterios de inclusión y exclusión para agilizar el proceso de selección.

Criterios de inclusion:

- Artículos publicados en los últimos 5 años (noviembre 2024)
- Estudios In-Vitro, revisiones sistemáticas, meta análisis, ensayos clínicos
- Artículos en idioma inglés, español, portugués.

Criterios de exclusion:

- Tesis de investigación, ponencias, monografías.
- Artículos en otros idiomas (chino, alemán, francés, etc.)

Consideraciones Éticas:

- Debido a la naturaleza de la investigación es una revisión de la literatura científica, los datos obtenidos formaron parte de investigaciones realizadas, no requieren de consentimientos informados ni se vulnero la autonomía.

Métodos a emplear

La información recopilada de varias investigaciones se combinó utilizando síntesis narrativa, lo que permitió una evaluación precisa de las variables que afectan el desempeño del adhesivo dental utilizado con este material. El enfoque de esta revisión teórica se centra principalmente en las mejores prácticas y estrategias destinadas a maximizar la adhesión y reducir la microfiliación durante el uso de restauraciones de zirconia, con el fin de mejorar el éxito y la longevidad de estas restauraciones.

La revisión sobre la adhesión del zirconio Se realizó una búsqueda de artículos de interés científico utilizando palabras clave que fueron introducidas en las bases de datos ya mencionadas. La búsqueda inicial identificó 556 resultados, lo cual se dispone en la tabla N. 1

Tabla 1. Cadena de búsqueda

Buscador	Cadena	Resultado
Pubmed	(Zirconio) AND (fuerza de unión) OR (adhesión) OR (microfiliación) AND (cementos dentales) AND (natural tooth) NOT (implant)	246
Scielo	(MICROFILTRATION IN ZIRCONIA) OR (RESTORATIONS) AND (ZIRCONIA) AND (CEMENTOS DENTALES) NOT (implante) AND (natural tooth)	81
MEDLINE	"(ADHESION) AND (MICROFILTRATION IN ZIRCONIA RESTORATIONS) NOT (IMPLANTES)	33
EBSCO	(zirconio) OR (zirconium) AND (adhesion) AND (natural tooth) AND (MICROFILTRATION)	126
SCIENCEDIRECT	(zirconio) OR (zirconia) OR (zirconium) AND (adhesion) AND (natural tooth) NOT (implant)	79

Se seleccionaron documentos según el período de búsqueda del 2019 al 2024, obteniendo como resultado un número de artículos de interés que sumaron 556. De los cuales la primera eliminación es por duplicados, y quedaron 356, luego se eliminaron 183 por diferencias en el título y por no

ajustarse al año de selección, tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión y con el análisis del Abstract, reduciendo el número a 73, de estos aplicando los criterios de exclusión y análisis del artículo de acuerdo a su contenido, al final quedaron con 27 artículos aptos para el estudio.

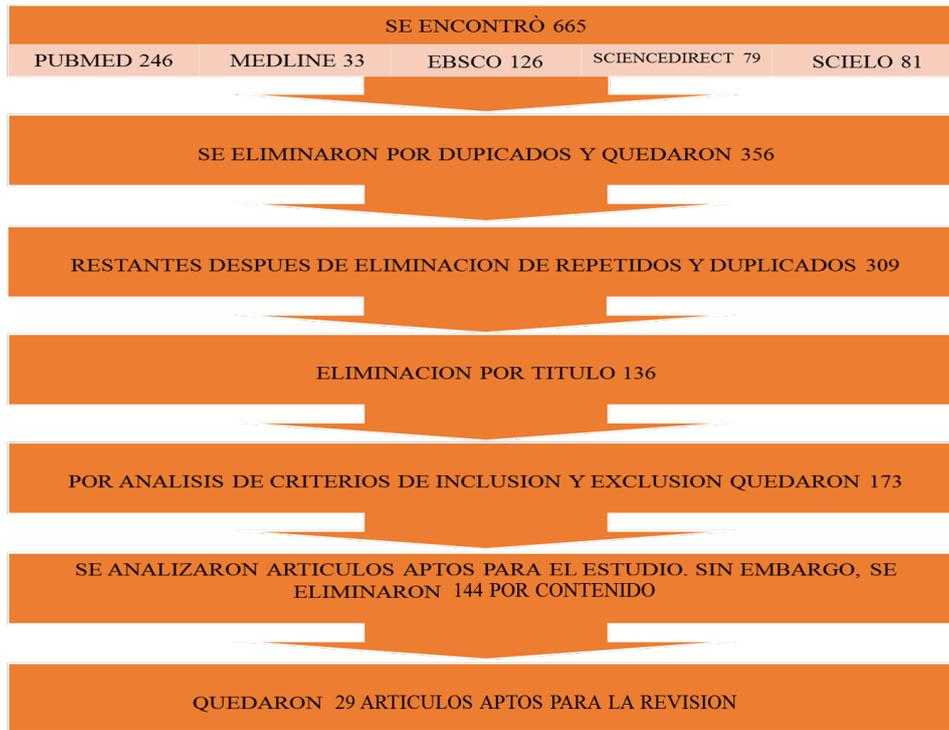


Figura 1. Diagrama de PRISMA

Tabla 2. Artículos idóneos para la investigación

Autor	Diseño del estudio	Objetivo de la investigación	Resultados	Conclusión
Stamenković et al (11)	Estudio in vitro	Evaluar la adhesión, la microfiltración y el envejecimiento en las propiedades de las cerámicas de zirconio.	Los resultados indicaron que los materiales de zirconio, cuando se tratan adecuadamente, muestran una buena estabilidad en su capacidad adhesiva. Sin embargo, las restauraciones de zirconio pueden ser susceptibles a la degradación en función del tiempo y del tipo de carga a la que son sometidas.	El cambio en la microfiltración depende del material utilizado y del tratamiento de superficie; se observó que ciertos sistemas de unión que contienen MDP mejoraron significativamente la capacidad de adhesión y redujeron la microfiltración en comparación con otros agentes.
Fouda et al (12)	Revisión teórica	Analizar estudios sobre zirconia altamente translúcida (4Y-PSZ y 5Y-PSZ) como restauración en	A medida que aumenta el contenido de itria (5Y-PSZ > 4Y-PSZ), se observa una	Es fundamental considerar el balance entre translucidez y propiedades de adhesión al

		implantes dentales.	disminución en la adhesión, lo que puede afectar la retención de las restauraciones.	seleccionar zirconia para implantes dentales.
Vallejo et al (13)	Estudio experimental	Evaluar la tasa de supervivencia (resistencia a la fatiga), la eficiencia de la unión y la integridad marginal de restauraciones de zirconia unidas adhesivamente.	Las restauraciones de zirconia unidas adhesivamente demostraron una adhesión duradera, con una muestra del grupo 2 desprendiéndose a los 632,000 ciclos, sin fracturas observadas	La zirconia 3Y es una opción viable para restauraciones de cobertura parcial y total, demostrando una adhesión duradera y resistencia a la fatiga.
Gupta et al (14)	Revisión bibliográfica	Analizar la aplicación del zirconio monolítico en estética dental.	En comparación con otras cerámicas, el zirconio monolítico no solo ofrece un mejor ajuste y un aspecto natural, sino que también mejora las propiedades de adhesión y reduce la microfiliación.	El zirconio monolítico se establece como una opción superior en estética dental, combinando características estéticas y funcionales que benefician las restauraciones.
Pjetursson et al (15)	Estudio experimental	Analizar el efecto de la eliminación de material en la estabilidad del color de la zirconia teñida individualmente.	Se superaron los umbrales de aceptabilidad de ΔE_{00} a 62, 87 y 92 μm para VITA A2, A3.5 y A4, respectivamente. Esto indica que la microfiliación puede ser significativa en ajustes oclusales clínicamente relevantes de $<100 \mu\text{m}$.	Es esencial controlar la profundidad de eliminación para minimizar la microfiliación y mantener la estética, evitando ajustes que puedan comprometer la retención y el aspecto visual de las restauraciones.
Altan et al (16)	Revisión bibliográfica	Evaluar las tasas de supervivencia, fracaso y complicaciones de coronas unitarias (CS) revestidas y monolíticas soportadas por implantes cerámicos.	Las coronas monolíticas mostraron una tasa de supervivencia del 97,0 %, indicando una buena adhesión a largo plazo en comparación con las coronas revestidas (96,3 %).	La adhesión efectiva es un factor clave para la durabilidad de las restauraciones, siendo superior en coronas monolíticas, lo que sugiere que son preferibles para minimizar problemas a largo plazo.
Sarikaya et al (17)	Revisión bibliográfica.	Analizar la aplicación del zirconio monolítico en estética dental.	El zirconio monolítico se destaca por su buena adhesión, gracias a su precisión en la elaboración y menor espacio requerido, lo que mejora su ajuste en las restauraciones.	Su capacidad de adhesión lo convierte en una opción favorable para zonas estéticas, superando a cerámicas sobre metal y mejorando el ajuste en comparación con la porcelana feldespática.
Escuza, S (18)	Revisión bibliográfica	Identificar las propiedades ópticas y mecánicas del zirconio translúcido frente a otros materiales restauradores en prótesis fija.	La adhesividad actual del zirconio es limitada, lo que requiere más investigación para desarrollar métodos que mejoren su capacidad de unión.	A pesar de su biocompatibilidad, el hecho de que el zirconio no sea grabable presenta un desafío significativo para su adhesión en restauraciones.

Hanawa, T (19)	Revisión narrativa	Identificar las propiedades ópticas y mecánicas del zirconio translúcido en comparación con otros materiales restauradores en prótesis fijas.	Aunque el zirconio ha evolucionado para mejorar sus propiedades ópticas, ha disminuido su resistencia a la flexión y tenacidad, lo que puede afectar la integridad de las restauraciones.	La reducción de la resistencia puede aumentar el riesgo de microfiltración, lo que resalta la necesidad de técnicas de cementado efectivas para asegurar la durabilidad de las uniones.
Marcelo et al (20)	Revisión.	Comparar la resistencia a la corrosión y la película pasiva del Ti con el zirconio.	El Zr también muestra buena biocompatibilidad, aunque su adhesión a los tejidos puede depender más de su tratamiento superficial y de la formación de óxido.	Ambos materiales son altamente biocompatibles, pero el Ti tiene una ventaja en cuanto a la integración inmediata con los tejidos.
Rosa et al. (21)	Estudio experimental	Evaluar el efecto de los ajustes oclusales sobre la rugosidad de la superficie de Y-TZP y el desgaste del esmalte artificial opuesto.	El desgaste del esmalte fue mayor contra zirconia Y-TZP pulido en comparación con porcelana y esmalte. El pulido intraoral no redujo la rugosidad de la zirconia.	La zirconia pulida se muestra más perjudicial para el esmalte artificial que las restauraciones esmaltadas o revestidas de porcelana, lo que puede comprometer la integridad del esmalte en el tiempo.
Sukitta et al, Iampinitkul (22)	Estudio experimental	Evaluar la presencia de MDP en diferentes etapas del procedimiento de unión y mejorar el comportamiento adhesivo y mecánico de las cerámicas de zirconio cementadas.	La adhesión se vio afectada por el envejecimiento solo en el grupo Primer+Cemento ($p<0.001$). Los grupos Universal Primer y Universal Adhesive mostraron la mayor resistencia de unión ($p<0.05$). No se encontraron	Los sistemas con componentes que contienen MDP, asociados con cemento resinosa no-MDP, demostraron una capacidad adhesiva mejorada para restauraciones de zirconio. Sin embargo, no se observaron diferencias en
			diferencias significativas en los datos de fatiga ($p>0.05$).	términos de refuerzo mecánico.
Alao, Abdur-Rasheed (23)	IN VITRO	Encontrar los parámetros de arenado que pudieran optimizar simultáneamente la adhesión,	El análisis de varianza confirmó que las partículas abrasivas y Presion son los parámetros que más influyen y afectan todas las características de rendimiento. Finalmente, estos resultados proporcionan una ruta sistemática e integral para optimizar la rugosidad del pulido con chorro de arena de las superficies YTZP que	el ajuste paramétrico óptimo de chorro de arena maximizó rugosidad superficial y el contenido monolítico pero no logró maximizar unión de cisallamiento.

			pueden adoptarse en la industria de adhesivos dentales	
Lima et al (24)	revisión sistemática de estudios in vitro	El propósito de esta revisión sistemática fue comparar la fuerza de unión entre el circonio y los cementos de resina informada cuando se utiliza un recubrimiento triboquímico de sílice o de alúmina para el tratamiento superficial del circonio.	los estudios informaron fuerzas de unión más altas cuando el circonio fue Arenado con partículas de alúmina recubiertas de sílice en comparación con partículas de alúmina ($p < 0,05$). Nueve estudios no informaron una diferencia significativa en la fuerza de unión entre los tratamientos de superficie ($p \geq 0,05$). Después del envejecimiento, la mayoría de los estudios informaron una fuerza de unión promedio más alta para los tratamientos triboquímicos con revestimiento de sílice/a base de silano en comparación con los tratamientos con granallado de alúmina/primers de circonio ($p < 0,05$), mientras que 17 estudios no mostraron diferencias en la fuerza de unión.	Los hallazgos indicaron que los tratamientos triboquímicos a base de revestimiento de sílice/silano son más efectivos que los primers de circonio/granallado de alúmina para mejorar la fuerza de unión al circonio.
Ignasi Piulachs, et al (25)	Estudio comparativo in vitro	El propósito de este estudio in vitro fue comparar los valores convencionales (macro) de resistencia de unión al corte (SBS) obtenidos entre muestras de cerámica de óxido de circonio y de resina compuesta agrupadas según diferentes tratamientos micromecánicos recibidos, y examinar las diferencias en la rugosidad superficial	Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre todos los grupos, excepto entre CO_2 y FEM, que mostraron los valores de adhesión más altos ($15,12 \pm 2,35$ MPa y $16,03 \pm 2,73$ MPa). SEM reveló diferencias en los patrones de superficie.	La irradiación con láser de CO_2 puede ser una alternativa al arenado, aunque también podría debilitar la cerámica. Se pueden obtener patrones de superficie adecuados en cerámica de zirconia con radiación pulsada ultracorta emitida por un láser pulsado de femtosegundo.
Calamita et al (26)	Estudio In Vitro	Analizar la influencia de diferentes concentraciones de 10-MDP y GPDM utilizadas, combinadas o no, en la unión a zirconia.	Todos los primeros experimentales presentaron una mayor fuerza de adhesión que el control negativo (etanol). A excepción del primer GPDM al 8 %, todos los grupos presentaron una fuerza de adhesión estadísticamente similar en comparación con el control positivo, con predominio de falla adhesiva.	Tanto el 10-MDP como el GPDM pueden promover la unión química con la zirconia. • El 3% y el 5% de 10-MDP y GPDM son más eficaces para promover la unión a la zirconia. • La combinación de GPDM y 10-MDP no aumenta el rendimiento de la unión.
Sahoo et al (27)	Revisión sistemática	realizar una revisión integradora sobre la influencia del modelado con láser de pulsos ultracortos de circonio (3Y-TZP) para mejorar la unión a los cementos de matriz de	El modelado de la superficie con láser de pulsos ultracortos produjo con éxito diferentes aspectos morfológicos de la superficie	Por lo tanto, el modelado de Y-TZP con láser pulsado ultracorto puede proporcionar una alternativa sólida a las técnicas convencionales para

		resina.	sin dañar las propiedades en masa de la zirconia. Por el contrario, los defectos como las microfisuras ocurren después de la modificación de la superficie utilizando métodos tradicionales como el granallado o el modelado con láser de pulsos largos.	producir superficies libres de defectos para una mejor adhesión de la zirconia con cementos de matriz de resina. Sin embargo, aún no existe un protocolo estándar ni en lo relativo a los parámetros del láser (fluencia, frecuencia de repetición, ancho de pulso y tamaño del punto) ni en lo relativo a los métodos de prueba de resistencia de unión (corte, microcorte, tracción, microtracción) para láseres de onda continua, de pulso corto o de pulso ultracorto.
Lima, et al (28)	Revisión sistemática y meta-análisis	Proporcionar una descripción general de la fuerza de unión in vitro de los adhesivos universales a la zirconia y analizar si estos adhesivos son una alternativa confiable a los primers de zirconia convencionales.	Los adhesivos universales mostraron mayores resistencias de unión que los primers a base de fosfato ($p < 0,00001$) al envejecer zirconia sin abrasión de partículas de alúmina en el aire. Se observaron resultados similares cuando la superficie de zirconia se erosionó con partículas en el aire al inicio y después del envejecimiento dinámico ($p < 0,0001$)	los resultados mostraron que los adhesivos universales generan mayores resistencias de unión en comparación con los primers de zirconia convencionales.
Lu, Zhi-Cen, et al (29)	In vitro	Investigar la durabilidad de la unión del cemento compuesto a la zirconia después del tratamiento con un adhesivo que contiene fosfato de dihidrógeno de 15-metacrililoiloxipentadecilo (15-MPDP) y dos adhesivos disponibles comercialmente.	Se observaron diferencias significativas en los SBS entre los tratamientos de superficie y los tratamientos de envejecimiento (ambos $p < 0,001$). Los grupos 15-MPDP y SBU mostraron SBS significativamente más altos que el grupo AEO, mientras que se encontraron SBS similares en los grupos 15-MPDP y SBU.	El adhesivo dental que contiene 15-MPDP mostró una durabilidad de unión comparable a la de un adhesivo universal que contiene 10-MDP bien establecido. El envejecimiento a 10.000 ciclos térmicos puede ser insuficiente para alterar la unión del cemento compuesto a la zirconia.

Resultados

El comportamiento biomecánico de los dientes tratados endodónticamente (DTE) se ve afectado por la cantidad de estructura dental perdida antes, durante y después del tratamiento, la deshidratación y los cambios en la reticulación de las fibrillas de colágeno, la reducción de la propiocepción y los reflejos protectores durante la masticación, la reducción de la resiliencia, la posición y la alineación del diente, la oclusión en términos de magnitud y dirección de las

cargas funcionales y, de igual importancia, la calidad de la restauración coronal. La importancia de la restauración final en los resultados a largo plazo ha sido enfatizada por el advenimiento de estudios relativos a la supervivencia y la funcionalidad de los DTE en lugar de la ausencia de signos o síntomas clínicos y radiográficos de fracaso. Por lo tanto, preservar la máxima cantidad de estructura dental sana, proporcionar un diseño de cavidad adecuado y seleccionar un material restaurador duradero se consi-

deran factores clave para la longevidad de los DTE (12).

El zirconio y sus propiedades estéticas

La investigación dental ha impulsado el desarrollo de materiales como el zirconio monolítico, que ofrece una estética creciente sin sacrificar durabilidad, siendo adecuado incluso para dientes anteriores gracias a su mayor transmisión de luz y propiedades ópticas. Las restauraciones de zirconio monolítico fabricadas con CAD/CAM presentan ventajas estéticas significativas, comparables o superiores a las restauraciones metal-cerámicas, ofreciendo una solución a las limitaciones biológicas y mecánicas. Si bien el zirconio monolítico aborda el problema del astillamiento de las cerámicas de dos capas, se necesitan estudios a largo plazo, y lograr una estética óptima en la región anterior sin recortes de porcelana sigue siendo un desafío. La combinación de la tecnología digital y el zirconio monolítico permite una fabricación rápida y precisa, con buenas propiedades estéticas y resistencia, lo que lo hace útil tanto en zonas posteriores como anteriores. La introducción de zirconio de alta translucidez busca replicar la apariencia natural del diente, aunque la reducida transmisión de luz inicialmente podía comprometer la estética. No obstante, las mejoras en la translucidez, el color y las técnicas de tinción han ampliado su aplicación estética, ofreciendo una alternativa biocompatible y mecánicamente resistente para restauraciones sin metal, incluso en la zona estética, aunque se requiere precaución y más estudios clínicos a largo plazo (13).

Generaciones del zirconio

- **Primera generación:** Esta generación de la zirconia pasa por un proceso de sinterización a una temperatura de 1600 °C, debido a lo cual tiene una disminución de la resistencia a la flexión, ya que su comportamiento es negativo con respecto a la resistencia y más particularmente a la estabilidad a largo plazo. Esta generación monolítica de zirconio

no logró estabilizarse. Hay que mencionar que la ventaja del 3Y-TZP de primera generación es que puede reaccionar positivamente a la formación de grietas con endurecimiento por transformación. Este endurecimiento le proporciona su alta tenacidad a la fractura; sin embargo, la desventaja que presenta es la opacidad, debido a la presencia de alúmina. Este material se le agregó para ayudar a prevenir la formación de poros y estabilizar el zirconio tetragonal (18).

- **Segunda generación:** En el 3Y-TZP, el contenido de alúmina en peso se redujo del 0,25% al 0,05%, lo que le proporcionó mayor translucidez y mejor transmisión de luz, así como mayor estabilidad a largo plazo y muy buena resistencia. Estudios in vitro demostraron que esta generación tiene una mayor translucidez y resistencia; sin embargo, es más susceptible a la degradación a baja temperatura; debido a que posee menos alúmina para estabilizar la fase tetragonal (18).
- **Tercera generación:** La tercera interacción del zirconio dental es metaestable en la fase tetragonal y contiene una proporción de fase cúbica de hasta un 53%. Logra ser totalmente estabilizado con una mezcla cúbica (estructura tetragonal). Los cristales cúbicos tienen un volumen mayor en comparación con los tetragonales; esto significa que la luz se dispersa con menos fuerza en los límites del grano y las porosidades residuales, con lo que gana translucidez. Sin embargo, la zirconia cúbica estabilizada no se transforma a temperatura ambiente y, debido a esto, no sufre procesos de endurecimiento por transformación ni degradación a baja temperatura. En resumen, tiene una baja propiedad mecánica y mejores propiedades ópticas (18).
- **Cuarta generación:** En 2017 se introdujo esta cuarta generación de zirconio, con un contenido del 4% moles de itrio en comparación con la tercera genera-

ción, lo que produjo una reducción de las propiedades ópticas y un incremento de las propiedades mecánicas, gracias a una reducción de la fase cúbica de alrededor del 30%. El resultado fue un material más fuerte que el 5Y-TZP, pero menos traslúcido (18).

Adhesión

El zirconio monolítico es un material de elección en restauraciones que requieren estética y resistencia. Para lograr una unión adecuada con el cemento de resina, se han sugerido varios tratamientos de superficie como el arenado, el recubrimiento de sílice triboquímico y el grabado con ácido fluorhídrico (HF), aunque no existe un consenso sobre el método óptimo. El arenado es común, pero puede generar microfisuras, mientras que el recubrimiento de sílice triboquímico mejora la unión química con el silano. El grabado con HF es efectivo en cerámicas a base de sílice, pero no en el zirconio. Se investigan otros tratamientos como el láser y recubrimientos nanoestructurados para aumentar la rugosidad superficial. Los primers que contienen el monómero MDP son recomendables para la cementación adhesiva de zirconio, ya que facilitan la unión química. El envejecimiento térmico se utiliza para simular el comportamiento intraoral de los materiales. La prueba de resistencia al cizallamiento (SBS) es un método común para evaluar la fuerza de unión (17).

Está bien establecido que la utilización de sistemas de cementación que contienen MDP se asocia con una mejor adhesión a la zirconia, como se destaca en la revisión sistemática de Özcan y Bernasconi (2015). Aun así, se demostró previamente que el uso de componentes que contienen MDP todavía conduce a una disminución en los valores de resistencia de unión con el tiempo al emplear un primer experimental o componentes de cementación que presentan este monómero. Esto demuestra la posibilidad de degradación y una reducción a largo plazo en el rendimiento (21).

Un estudio de Altan et al (16) investigó la efectividad de varios tratamientos de superficie (arenado, recubrimiento triboquímico de sílice, grabado con ácido fluorhídrico e irradiación láser) para mejorar la adhesión entre materiales a base de zirconia (zirconia monolítica y Y-TZP) y un cemento de resina autoadhesivo que contenía MDP. Los resultados indicaron que todos los tratamientos mejoraron la resistencia de unión en comparación con el grupo control sin tratamiento. El recubrimiento triboquímico de sílice (Co-Jet) demostró ser particularmente efectivo para la zirconia Y-TZP y monolítica, mientras que el grabado con ácido fluorhídrico fue el más exitoso para el silicato de litio reforzado con zirconia (Vita Suprinity). La irradiación láser también mejoró la adhesión. El estudio concluyó que la elección del tratamiento de superficie es crucial para una adhesión exitosa a la zirconia, considerando el tipo específico de material cerámico utilizado, y que el uso de cementos de resina que contienen MDP es beneficioso para la unión a largo plazo. La hipótesis nula, que los tratamientos de superficie no mejorarían la adhesión, fue rechazada.

Microfiltración

La microfiltración es una preocupación significativa en el éxito de las restauraciones dentales, incluyendo aquellas que utilizan zirconia. Se define como la infiltración de fluidos, bacterias e iones en la interfaz entre el diente y el cemento, lo que puede llevar a complicaciones como caries secundaria, sensibilidad postoperatoria y fallo de la restauración. En el contexto de las coronas de zirconia prefabricadas (PZC) en dientes primarios, la microfiltración se vuelve particularmente crítica debido a que estas coronas no son personalizadas y pueden presentar márgenes menos ajustados, exponiendo el cemento de fijación al ambiente oral. Esta exposición aumenta el riesgo de degradación del cemento, contracción y, por ende, microfiltración. La elección del cemento de fijación juega un papel fundamental en el sellado marginal de las PZC (22).

El estudio de Lampinitkul et al (22) comparó la microfiltración de coronas de zirconia hechas a medida (CZC) y prefabricadas (PZC) en incisivos maxilares primarios, utilizando tres tipos de cemento: bioactivo (Bio-Cem®), de resina autoadhesivo (RelyX™ U200) y de ionómero de vidrio modificado con resina (RMGIC - RelyX™ Luting2). Los resultados mostraron que el tipo de cemento tuvo un impacto más significativo en la microfiltración que el tipo de corona (prefabricada o hecha a medida). El cemento bioactivo consistentemente demostró la menor microfiltración en ambos tipos de corona, mientras que el CIVMR mostró los niveles más altos, especialmente en las coronas prefabricadas. El estudio sugiere que las propiedades únicas del cemento bioactivo, como la formación de hidroxiapatita en la interfaz cemento-dentina y la liberación de iones beneficiosos, contribuyen a un sellado más duradero y una menor microfiltración. Por otro lado, el CIVMR mostró una microfiltración pronunciada, probablemente debido a su alta solubilidad en agua y menor capacidad de unión a la estructura dental y a la zirconia. El cemento de resina autoadhesivo mostró un sellado subóptimo, posiblemente debido a la dificultad de sus monómeros ácidos para penetrar la capa de barro dentinario sin un paso de preparación adicional.

Discusión

Examinando la fuerza adhesiva y la microfiltración de las restauraciones de zirconio a través de una revisión teórica, es importante enfatizar sus especificidades para poder resaltar las características clave que afectan su rendimiento clínico y al mismo tiempo comparar estos hallazgos con la comprensión más reciente de la adherencia y la microfiltración. Desde su aparición en la Odontología, el circonio, en particular su forma estabilizada con Ytrio Y-TZP, ofrece una buena estética y una buena resistencia de una restauración dental. En contraste, el rendimiento clínico de los materiales restaurativos depende de la fuerza

adhesiva y el comportamiento de microfiltración, ambos han sido el foco de muchos estudios recientes.

Alao (23) realizó un estudio in vitro con pruebas microscópicas rugosidades de superficie y XRD para saber los parámetros de arenado en los cuales con un ajuste paramétrico óptimo de presión y dirección de arena maximiza la rugosidad superficial y comprobó su aumento en adhesión bajo el análisis de varianza y confirmó que las partículas abrasivas así como la presión son los parámetros que más influyen y afectan todas las características de rendimiento el Arenado, al igual forma que Lima et al (24) en una revisión los estudios informaron que existe fuerzas de unión mayor cuando el zirconio es Arenado con partículas de alúmina recubiertas de sílice en comparación con partículas de alúmina ($p < 0,05$). Así También nos rectifica que los tratamientos triboquímicos a base de revestimiento de sílice/silano son más efectivos que los primers de circonio para mejorar la fuerza de unión al circonio.

Lima et al (28) compruebo la fuerza de unión de forma in vitro entre los adhesivos universales a la zirconia con los adhesivos de zirconia convencionales dando como resultado que los adhesivos universales dan mayor resistencia adhesiva que los convencionales, así como Lima et al (24), Nos indica con una revisión sistemática que los tratamientos triboquímicos a base de revestimiento de sílice/silano son más efectivos que los primers de circonio/granallado de alúmina mejorando así la fuerza de adhesión al circonio.

Gupta et al (14) explican que el uso de una corona monolítica de circonio proporciona un mejor margen y una apariencia más natural, y también mejora las propiedades de unión y disminuye la microfiltración en comparación con otras cerámicas. Esto sugiere que el circonio monolítico se presenta como una de las mejores opciones en estética dental al integrar propiedades tanto estéticas como fun-

cionales que favorecen las restauraciones. Este hallazgo también es bastante consistente con la observación de que la precisión en la preparación del circonio monolítico aumenta su fuerza de unión adhesiva.

La falta de capacidad de grabado del circonio, como se discutió anteriormente, refleja la necesidad de tratamientos superficiales especiales para aumentar la adhesión. Rosa et al (21) mostraron que el pulido de la superficie del circonio no disminuyó significativamente la rugosidad, lo que puede afectar sus propiedades adhesivas. Esto es consistente con nuestras observaciones, donde creemos que el circonio pulido puede ser más dañino para el esmalte artificial que las restauraciones unidas o de porcelana.

La microfiltración puede ser motivo de preocupación, especialmente para la resistencia de las restauraciones. Los resultados mostraron que la microfiltración podría aumentar en el caso de problemas de calidad del sellado marginal, lo que es indicativo de una mala optimización de la adhesión. Esto concuerda con los estudios de Pjetursson et al (15) quienes indicaron que se espera que el incremento de la microfiltración puede aumentar el riesgo de problemas clínicos.

Los sistemas que contienen MDP han demostrado proporcionar un buen sellado marginal y, por lo tanto, reducir la microfiltración. Lampinitkul et al (22) previeron que el uso de cementos de resina no MDP junto con imprimaciones que contienen MDP aumenta la fuerza de unión y reduce la microfiltración, lo que justifica aún más nuestras afirmaciones sobre el efecto de la elección adecuada de los componentes del sistema adhesivo en los resultados. Confirmado con el estudio in vitro realizado por Lu et al (29) al realizar el estudio entre los dos cementos comparativos 15-metacrilóiloxipentadecilo (15-MPDP) y 10-MDP al análisis microscópico se demostró que el adhesivo que contiene 15-MPDP mostró una durabilidad de unión comparable a la de un adhesivo universal que contiene 10-MDP confirmado

con la investigación de Calamita et al (26) quien concluyó que el 10-MDP y el GPDM pueden promover la unión química con la zirconia así como el 3% y el 5% de 10-MDP y GPDM son más eficaces para promover la unión a la zirconia.

Piulachs et al (25) valoro en su estudio comparativo In Vitro con varias formas de preparación para la adhesión de zirconia con pruebas de resistencia de unión al cizallamiento demostró que La irradiación con láser de CO2 puede ser una alternativa mejor al arenado, pero también podría debilitar la cerámica, así también concluyo que se pueden obtener patrones de superficie adecuados en cerámica de zirconia con radiación pulsada ultracorta emitida por un láser pulsado de femtosegundo siendo similar a los resultados emitidos por Sahoo et al (27) quien al realizar una investigación en concluyó que la preparación de Y-TZP con láser pulsado ultracorto puede proporcionar una superficies libres de defectos para una mejor adhesión de la zirconia con cementos de matriz de resina. Sin embargo, aún no existe un protocolo estándar ni en lo relativo a los parámetros del láser (fluencia, frecuencia de repetición, ancho de pulso y tamaño del punto).

Conclusiones

A partir de los resultados analizados, se concluye que el factor más crítico que determina el éxito clínico de las restauraciones de circonio es el micro cemento o aditivo que se aplica a dichas restauraciones. La elección del sistema adhesivo que contiene MDP, muestra una positiva relación con la unión y ampliación en el tiempo de permanencia de las restauraciones.

A diferencia de otros tipos de materiales restauradores el circonio monolítico a la par de sus mejores cualidades estéticas tiene ciertas ventajas especialmente respecto al nivel de ajuste al diente. Sin embargo, el mismo nivel de adherencia aún es objeto de investigación, lo que indica que tiene más que algunos beneficios, pero también les vence mucha dificultad en su uso en la clínica.

Las restauraciones de zirconio se asocian con microfiltración, particularmente el sellado marginal, como una de sus dificultades. Según los resultados que se presentan, se sugiere que la microfiltración puede ser incrementada junto con el mal ajuste y mala técnica lo que puede llevar además a que la restauración pierda su integridad.

La investigación indica que, aunque las propiedades intrínsecas del zirconio son muy altas, el efecto clínico depende de la capacidad efectiva del operador y el enfoque para la cementación.

A pesar de las innovaciones que surgen en el espacio de la tecnología de materiales, la unión efectiva del zirconio sigue siendo un desafío. Se necesita más trabajo que apunte a estrategias de mejora de unión que también mejoren la resistencia a la microfiltración.

La efectividad de los adhesivos podría mejorarse junto con la reducción de la microfiltración en restauraciones de zirconio utilizando enfoques de tratamiento de superficie innovadores o sistemas de unión avanzados como el láser. Por lo tanto, es necesario un desarrollo persistente de las tecnologías de materiales dentales para aprovechar completamente el zirconio en las prácticas clínicas.

Bibliografía

- Cascante-Calderón MG, Villacís-Altamirano I, Da Silva LH, Medeiros IS. Un método para mejorar la adhesión entre la zirconia y un cemento resinoso. *Odontol Act Rev Científica* [Internet]. 2022 May 10;7(2):29–38. Available from: <https://oactiva.ucacue.edu.ec/index.php/oactiva/article/view/736>
- Fariño Cortez J, Cercado-Mancero A, Vera Lorenti E, Valle Flores J, Ocaña Ocaña A. Satisfacción de los usuarios y la calidad de atención que se brinda en las unidades operativas de atención primaria de salud. *Rev Espac*. 2018;39(2).
- Fernández Franco DA, Velastegui Atahualpa DA, Díaz Segovia MC, Cascante Calderón M. Tratamiento de superficie en restauraciones de zirconia para hacer más confiable su adhesión. Reporte de dos casos clínicos: seguimiento a corto plazo. *Odontol (Habana)* [Internet]. 2022 Jan 31;24(1):e3579. Available from: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/odontologia/article/view/3579>
- González Ribeiro AJ, Pérez Cañete M. Resistencia adhesiva y tipo de falla en esmalte de zirconio de IV generación y disilicato de litio [Internet]. UNIVERSIDAD EL BOSQUE; 2022. Available from: <https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/2a1b7a66-ab56-4273-8b29-c297f80755c6/content>
- Orellana Escobar DP. Materiales restauradores cerámicos dentales aplicados en odontología estética. revisión bibliográfica [Internet]. 2024. Available from: <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/17929/1/UA-ODO-EAC-041-2024.pdf>
- Moshaverinia A. Review of the Modern Dental Ceramic Restorative Materials for Esthetic Dentistry in the Minimally Invasive Age. *Dent Clin North Am* [Internet]. 2020 Oct;64(4):621–31. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011853220300379>
- Bacchi A, Cesar PF. Advances in Ceramics for Dental Applications. *Dent Clin North Am* [Internet]. 2022 Oct;66(4):591–602. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0011853222034590>
- Zhang Y, Kelly JR. Dental Ceramics for Restoration and Metal Veneering. *Dent Clin North Am* [Internet]. 2017 Oct;61(4):797–819. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S001185321730071X>
- Bustamante-Hernández N, Montiel-Company JM, Bellot-Arcís C, Mañes-Ferrer JF, Solá-Ruiz MF, Agustín-Panadero R, et al. Clinical Behavior of Ceramic, Hybrid and Composite Onlays. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020 Oct 19;17(20):7582. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/20/7582>
- Cruz H. A, Ampuero Ramírez N. Revisión Sistemática de Protocolos de Cementación en Zirconio. *J Am Heal* [Internet]. 2020 Oct 4;0(0 SE-Articles):70–7. Available from: <https://jah-journal.com/index.php/jah/article/view/52>
- Stamenković DD, Tango RN, Todorović A, Karasan D, Sailer I, Paravina RD. Staining and aging-dependent changes in color of CAD-CAM materials. *J Prosthet Dent* [Internet]. 2021 Nov;126(5):672–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022391320304698>
- Fouda H, Hassanein OE, Saber S, Haridy MF, Baz M El, Ahmed HS, et al. Two-year clinical performance of indirect resin composite restorations in endodontically treated teeth with different cavity preparation designs: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health* [Internet]. 2024 Aug 29;24(1):1009. Available from: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-024-04725-5>

- Vallejo Panchez KG, Carrillo Vaca DG, Trujillo Jaramillo MC, Alban Hurtado CA, Salazar Martínez XG. Zirconio monolítico su aplicación en estética dental. *Tesla Rev Científica* [Internet]. 2022 Jul 1;2(2):e60. Available from: <https://tesla.puertomaderoeditorial.com.ar/index.php/tesla/article/view/60>
- Gupta S, Abdulmajeed A, Donovan T, Boushell L, Bencharit S, Sulaiman TA. Monolithic Zirconia Partial Coverage Restorations: An In Vitro Mastication Simulation Study. *J Prosthodont* [Internet]. 2021 Jan 2;30(1):76–82. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jopr.13287>
- Pjetursson BE, Sailer I, Latyshev A, Rabel K, Kohal R, Karasan D. A systematic review and meta-analysis evaluating the survival, the failure, and the complication rates of veneered and monolithic all-ceramic implant-supported single crowns. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 2021 Oct 12;32(S21):254–88. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/clr.13863>
- Altan B, Cinar S, Tuncelli B. Evaluation of shear bond strength of zirconia-based monolithic CAD-CAM materials to resin cement after different surface treatments. *Niger J Clin Pract* [Internet]. 2019;22(11):1475. Available from: https://journals.lww.com/10.4103/njcp.njcp_157_19
- Sarkaya I, Hayran Y. Adhesive bond strength of monolithic zirconia ceramic finished with various surface treatments. *BMC Oral Health* [Internet]. 2023 Nov 13;23(1):858. Available from: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-023-03630-7>
- Escuza Gonzalez S. Las PROPIEDADES ÓPTICAS Y MECÁNICAS DEL ZIRCONIO TRANSLÚCIDO COMO MATERIAL RESTAURADOR ÓPTIMO EN PRÓTESIS FIJA UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA. *Rev Científica Odontológica* [Internet]. 2022 Sep 29;10(3):e121. Available from: <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/odontologica/article/view/1278>
- Hanawa T. Biocompatibility of titanium from the viewpoint of its surface. *Sci Technol Adv Mater* [Internet]. 2022 Dec 31;23(1):457–72. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14686996.2022.2106156>
- Marcelo J, Gallet-Alfaro GM, Fernández-Jacinto LM, Hinojosa-Noreña D. Ciencia y evolución del dióxido de zirconio, de la prioridad mecánica a la necesidad estética. *Rev Estomatológica Hered* [Internet]. 2020 Oct 28;30(3). Available from: <http://192.168.18.122/rev3306/index.php/REH/article/view/3827>
- Rosa LS da, Souza LFB, Chiapinotto GF, Pires T de S, Piva AM de OD, Kleverlaan CJ, et al. A comprehensive study on MDP effects: Microshear bond strength and fatigue resistance in 4YSZ ceramics. *Braz Dent J* [Internet]. 2024;35. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-64402024000100271&lng=en
- lampinitkul S, Chaijareenont P, Chinadet W. Microleakage of luting cements in CAD/CAM pediatric zirconia crowns: an in vitro study. *Sci Rep* [Internet]. 2024 Nov 26;14(1):29295. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-024-81088-5>
- Alao AR. Optimization of surface roughness, phase transformation and shear bond strength in sandblasting process of YTZP using statistical machine learning. *J Mech Behav Biomed Mater* [Internet]. 2024 Feb;150:106245. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1751616123005982>
- Lima RBW, Leite JVC, Santos JV do N, Barbosa LMM, Neto HNM, da Silva JGR, et al. Tribochemical silica-coating or alumina blasting for zirconia bonding? A systematic review of in vitro studies. *Int J Adhes Adhes* [Internet]. 2024 Feb;129:103554. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143749623002348>
- Piulachs I, Giner-Tarrida L, España-Tost A, Arribat-Dominguez J, Florian C. In vitro comparative study between adhesion forces obtained on zirconia ceramic micromechanically treated with femtosecond laser (1027 nm), carbon dioxide laser (10,600 nm), and aluminum-oxide particles. *Lasers Med Sci* [Internet]. 2023 Aug 26;38(1):194. Available from: <https://link.springer.com/10.1007/s10103-023-03859-2>
- Calamita RS, Oliveira AAD, Pizzanelli GG, Salvador MVO, Mesquita AMM, Pecorari VGA, et al. Interaction of different concentrations of 10-MDP and GPDM on the zirconia bonding. *Dent Mater* [Internet]. 2023 Jul;39(7):665–8. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0109564123001136>
- Sahoo N, Carvalho O, Özcan M, Silva F, Souza JCM, Lasagni AF, et al. Ultrashort pulse laser patterning of zirconia (3Y-TZP) for enhanced adhesion to resin-matrix cements used in dentistry: An integrative review. *J Mech Behav Biomed Mater* [Internet]. 2023 Jul;143:105943. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1751616123002965>
- Lima RBW, Silva AF, da Rosa WLO, Piva E, Duarte RM, De Souza GM. Bonding Efficacy of Universal Resin Adhesives to Zirconia Substrates: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Adhes Dent*. 2023;(25):51–62.

Lu ZC, Jia LH, Zheng ZF, Yu H. 15-Methacryloyloxy-pentadecyl Dihydrogen Phosphate Improves Resin-to-Zirconia Bonding Durability. *J Adhes Dent.* 2023;25(23–30).

CITAR ESTE ARTICULO:

Taboada Alvear, M. F., & Farfan , K. (2025). Adhesión y microfiltración en restauraciones de zirconia. Revisión teórica. *RECIMUNDO*, 9(2), 66–82. [https://doi.org/10.26820/recimundo/9.\(2\).abril.2025.66-82](https://doi.org/10.26820/recimundo/9.(2).abril.2025.66-82)



CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.