

REVISIÓN DE LITERATURA:

Impacto de los primers de metal en el zirconio y otros metales

Impact of metal primers on zirconium and other metals

Andrea Nicole Morales Campoverde¹, Paola Alexandra Durán Neira²

¹ Estudiante Carrera de Odontología. Universidad Católica de Cuenca. <https://orcid.org/0009-0009-1156-6759>

² Odontóloga General, Especialista en Rehabilitación Oral e Implantología. Docente Unidad Académica de Salud y Bienestar. Universidad Católica de Cuenca. <https://orcid.org/0000-0001-7030-2221>

Correspondencia:
andrea.morales@est.ucacue.edu.ec

Recibido: 03/10/2023
Aceptado: 22/12/2023
Publicado: 15/01/2024

Conflictos de intereses

Las autoras señalan que no existe conflicto de intereses durante la realización del trabajo de investigación, además solo fue sometido a la Revista Científica "Especialidades Odontológicas UG" para su revisión y publicación.

Financiamiento

Las autoras indican la utilización de fondos propios para la elaboración del trabajo de investigación.

Declaración de contribución

Todas las autoras han contribuido en elaboración del trabajo de investigación, en las diferentes partes del mismo



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

RESUMEN

La adhesión efectiva de las restauraciones de zirconio y otros metales a los cementos de resina es crucial en la odontología. La falta de una adhesión adecuada puede llevar al fracaso en el tratamiento de rehabilitación oral. El objetivo fue realizar una revisión bibliográfica sobre el impacto de los primers de metal en el zirconio y otros metales. El estudio corresponde con una revisión bibliográfica narrativa de la literatura de publicaciones ubicadas en las bases de datos de PubMed, Web of Science y Scopus; el universo fue de 89 estudios y una muestra final de 54 publicaciones relevantes según criterios de inclusión y exclusión. Entre los principales resultados se tiene que el uso de primers específicos, como el agente 10-MDP, mejora significativamente la fuerza de adhesión entre el zirconio y los cementos de resina. Además, se destaca la importancia de la preparación adecuada de la superficie del zirconio para lograr una adhesión óptima. Estos resultados respaldan la selección cuidadosa de primers y la implementación de técnicas de preparación adecuadas para garantizar una adhesión efectiva en las restauraciones dentales con zirconio. En conclusión, los hallazgos subrayan la importancia de utilizar primers específicos, como el agente 10-MDP, y llevar a cabo una preparación adecuada de la superficie del zirconio para lograr una adhesión óptima en restauraciones dentales.

Palabras clave: Zirconio, Restauración Dental Permanente, Recubrimiento Dental Adhesivo, 10-MDP, Primers.

ABSTRACT

Adequate adhesion of zirconia and other metal restorations to resin cement is crucial in dentistry. Inadequate adhesion can lead to treatment failure in oral rehabilitation. The objective was to conduct a literature review on the impact of metal primers on zirconium and other metals. The study corresponds to a narrative bibliographic review of the literature of publications located in the PubMed, Web of Science and Scopus databases; The universe was 89 studies and a final sample of 54 relevant publications according to inclusion and exclusion criteria. Among the main results, it was found that using specific primers, such as the 10-MDP agent, significantly improves the adhesion strength between zirconia and resin cement. In addition, the importance of adequately preparing the zirconia surface to achieve optimal adhesion is highlighted. These results support the importance of meticulously choosing primers and implementing appropriate preparation techniques to ensure effective adhesion in zirconia dental restorations. In conclusion, the findings underline the importance of using specific primers, such as the 10-MDP agent and carrying out adequate preparation of the zirconia surface to achieve optimal adhesion in dental restorations.

Keywords: Zirconium, Permanent Dental Restoration, Adhesive Dental Coating, 10-MDP, Primers.

INTRODUCCIÓN

La adhesión efectiva de las restauraciones de zirconio y otros metales a los cementos de resina ha sido un desafío en el campo de la odontología. La falta de una adhesión adecuada puede llevar al fracaso en el tratamiento de pacientes que requieren rehabilitación oral con estos materiales¹. Es fundamental abordar esta problemática y buscar técnicas que ayuden a mejorar o eliminar este problema tanto para los pacientes como para los profesionales odontológicos.

El zirconio y otros metales han ganado popularidad en el campo de las restauraciones dentales debido a sus propiedades físicas y estéticas. El zirconio, en particular, se ha utilizado ampliamente en odontología debido a su alta resistencia, biocompatibilidad y capacidad para lograr restauraciones de aspecto natural. Sin embargo, la adhesión efectiva de estas restauraciones de zirconio y otros metales a los cementos de resina sigue siendo un desafío importante^{2,3}.

La falta de una adhesión adecuada entre el metal y el cemento puede comprometer la longevidad y el éxito clínico de las restauraciones dentales⁴. La adhesión inadecuada puede dar lugar a problemas como filtraciones, desprendimiento de la restauración y fracasos a largo plazo⁵. Por lo tanto, es esencial investigar y comprender el impacto de los primers de metal en la adhesión de las restauraciones de zirconio y otros metales.

Es importante destacar que los primers de metal contienen monómeros fosfatados que favorecen la

unión de la resina con el metal. Estos primers se consideran recomendables para procedimientos de prótesis fija debido a su facilidad de aplicación y las propiedades beneficiosas que ofrecen⁶. En la actualidad, se ha prestado gran atención al agente de unión 10-MDP, el cual ha sido objeto de varias investigaciones en relación con su impacto en la adhesión del cemento resinoso a la superficie de zirconio y otros metales⁷. Dado que existen diversas técnicas propuestas para superar la falta de adhesión, entre las que destacan las imprimaciones, el uso de láser y la silicatización, es importante analizar y comprender la forma en que los primers de metal pueden influir en la adhesión y adaptación de las restauraciones⁸.

Los primers de metal se aplican en la superficie metálica antes de la cementación con el objetivo de mejorar la adaptación de las restauraciones². El uso de primers de metal se ha propuesto como una solución para mejorar la adhesión de las restauraciones de zirconio y otros metales a los cementos de resina⁹. Estos primers se aplican en la superficie metálica antes de la cementación con el objetivo de mejorar la adaptación de las restauraciones; sin embargo, existe una controversia en la literatura sobre la efectividad de estos primers¹⁰.

Algunas investigaciones han reportado resultados prometedores al utilizar primers de metal en combinación con cementos de resina, encontrando mejoras en la resistencia de adhesión de los cementos resinosos a la superficie de zirconio. Sin embargo, otros estudios han mostrado resultados

contradictorios, señalando que la aplicación de imprimaciones metálicas no mejora la resistencia de adhesión a largo plazo entre los cementos de resina y el zirconio^{1,5}.

En un estudio, Barbosa et al. evaluaron la manera en que la aplicación de imprimaciones en aleaciones metálicas influye de manera positiva o negativa en la resistencia de adhesión al cizallamiento de diferentes tipos de cementos a base de resina a la superficie de zirconio. Dando como resultado que el uso de los primers de metal o de las imprimaciones en aleaciones metálicas aumentaron la fuerza de adhesión de los cementos resinosos sobre la superficie de zirconio¹¹.

Por otro lado, Dias de Souza et al. en un estudio en donde evaluaron el efecto de las imprimaciones metálicas basadas en 10-MDP en la resistencia de adhesión a largo plazo y la longevidad o la perdurabilidad de las restauraciones de zirconio, concluyó que la aplicación de imprimaciones metálicas no mejoró la resistencia de adhesión a largo plazo entre los cementos de resina y el zirconio^{12,13}.

El objetivo de esta investigación es realizar una revisión bibliográfica sobre el impacto de los primers de metal en el zirconio y otros metales. Se proporciona una visión general de los estudios previos realizados en esta área, identificando las mejores técnicas y metodologías utilizadas para evaluar la eficacia de los primers. Además, se busca identificar las limitaciones y desafíos asociados con su uso.

El conocimiento obtenido a través de esta revisión será valioso tanto a nivel clínico como científico. Los resultados de los estudios revisados podrán ser aplicados en la práctica clínica, ayudando a los profesionales de odontología a tomar decisiones informadas al seleccionar los primers de metal para sus pacientes. Además, esta investigación contribuirá a mejorar la comprensión de este tema y proporcionará una base sólida para investigaciones futuras en el campo de la adhesión de materiales dentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica narrativa, por lo que el tipo de estudio es un nivel exploratorio. Esta búsqueda de información se realizó en

diferentes bases de datos digitales proporcionados por la Universidad Católica de Cuenca en donde se pudo obtener información de importancia y relevancia para la elaboración de este proyecto, estas fueron: PubMed, Web of Science y Scopus. Además, se utilizaron las palabras claves por idiomas:

- Español: Zirconio, cementos dentales, 10-MDP, primers metálicos, metales, adhesión, aleación dental.
- Inglés: Zirconium, dental cements, 10-MDP, metallic primers, metals, adhesion, dental alloy.
- Portugués: Zircônio, cimentos dentários, 10-MDP, primers metálicos, metais, adesão, liga dentária.

Se realizó la búsqueda avanzada en cada repositorio mediante el empleo de los operadores booleanos, tales como: AND, OR y NOT. Asimismo, se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- Criterios de inclusión:
 - Estudios transversales, longitudinales, revisiones bibliográficas, revisiones sistemáticas, estudios clínicos controlados, estudios *in vitro*, en los cuales se analizaron las propiedades mecánicas de los primers de metal en el zirconio y otros metales en las restauraciones dentales.
 - Estudios comparativos que contrastaran las propiedades mecánicas de los primers de metal en el zirconio y otros metales en las restauraciones dentales.
 - Publicaciones en español, inglés o portugués, realizadas entre 2005 y 2023.
- Criterios de exclusión:
 - Artículos no relevantes o que describieran propiedades diferentes a las abordadas en este estudio.
 - Artículos publicados antes de 2005. No obstante, se consideró una excepción por su importancia y relevancia en la literatura académica.

El universo de estudio fue de 89 trabajos de investigación, de los cuales se seleccionó una muestra final de 54 estudios relevantes que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión.

REVISIÓN DE LITERATURA

PRIMERS DE METAL

Los primers de metal son sustancias o agentes de unión que se aplican en la superficie metálica de las restauraciones dentales antes de la cementación. Su objetivo es mejorar la adhesión entre los metales y los cementos de resina, lo que resulta en una mejor adaptación y una mayor resistencia de la restauración. Estos primers están diseñados específicamente para promover una unión fuerte y duradera entre el metal y la resina, mejorando así la longevidad y el éxito clínico de las restauraciones dentales.

Los primers de metal desempeñan un papel fundamental en la mejora de la adhesión de las restauraciones dentales. Estos primers contienen monómeros funcionales que incorporan fosfato, lo que ayuda a mejorar la fuerza de adhesión. Estos monómeros funcionales están compuestos por un extremo terminal de fosfato hidrófilo y otro hidrófobo.

El extremo terminal de fosfato hidrófilo establece un enlace con la superficie del metal, mientras que el extremo hidrófobo se adhiere a la resina. Esta combinación evita la penetración de agua en la interfaz adhesiva, asegurando una unión fuerte y duradera. Estos hallazgos respaldan la eficacia de los primers de metal en la mejora de la adhesión de las restauraciones dentales y resaltan su importancia en el proceso de cementación¹⁴.

En odontología, se utilizan imprimaciones metálicas con el objetivo de que exista una fuerte unión entre los materiales de resina y las aleaciones metálicas. Estas imprimaciones contienen monómeros activos, las cuales pueden ser MDP (10-metacriloxidecilo dihidrogenofosfato) o MEPS (metacrilato de tiofosfato) que se encargan de beneficiar la unión química entre estos materiales^{15,16}.

En la búsqueda de lograr uniones confiables entre materiales de cerámica y resina, se han desarrollado diversas técnicas. Una de ellas se basa en el uso de trióxido de aluminio como agente de acoplamiento, que promueve la adhesión entre la cerámica y la resina. Sin embargo, se ha observado que los agentes de acoplamiento basados en silano, como el denominado y-MPTS (3-

metacriloxipropiltrimetoxisilano), han demostrado mejores resultados en cerámicas vítreas⁸.

El monómero funcional que contiene fosfato, como el 10-MDP, es la molécula clave relacionada con el proceso de cementación en las restauraciones dentales. Este monómero presenta un extremo terminal de fosfato hidrófilo y otro extremo hidrófobo. El extremo hidrófilo establece un enlace con la superficie del metal, mientras que el extremo hidrófobo se adhiere a la resina, creando una unión fuerte y duradera entre el metal y la resina al evitar la penetración de agua en la interfaz adhesiva¹⁷.

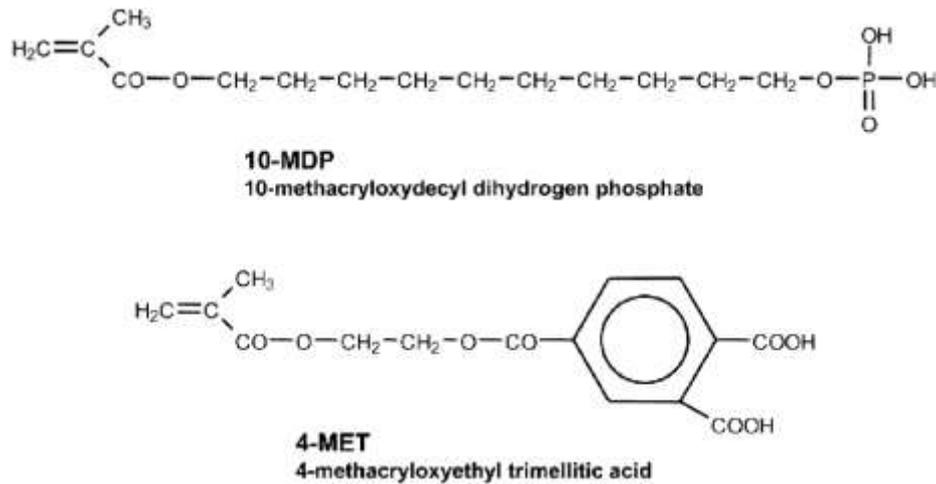
El éxito de las restauraciones cerámicas está directamente relacionado con la buena adhesión entre los materiales cerámicos y la resina. La adhesión de los materiales en restauraciones dentales es un factor crucial para el éxito clínico y la durabilidad de las restauraciones cerámicas. La fuerza de adhesión de la cerámica depende de diversos factores, como los tratamientos superficiales aplicados, el sistema adhesivo utilizado y el proceso completo de cementación⁸.

Además de los agentes de acoplamiento, otros aspectos del proceso de cementación también influyen en la adhesión de los materiales en las restauraciones dentales. Estos incluyen la adecuada preparación de la superficie cerámica, la elección de un sistema adhesivo compatible, la técnica de cementación utilizada y el correcto manejo y polimerización de la resina¹⁸.

Los adhesivos autograbantes se clasifican según el pH de su primer ácido en fuerte ($\text{pH} < 1$), medio ($1 \leq \text{pH} < 2$), suave ($2 \leq \text{pH} < 2,5$) o ultrasuave ($\text{pH} \geq 2,5$). La agresividad del primer ácido determina cómo afecta la permeabilidad del sustrato. Los adhesivos de alta acidez actúan de manera similar al ácido fosfórico, especialmente en áreas menos mineralizadas como la dentina profunda.

Por otro lado, los adhesivos de baja acidez generan una interacción superficial con la dentina de menos de $1\mu\text{m}$, conservando remanentes de hidroxapatita que brindan soporte a las fibras colágenas y favoreciendo tanto la interacción mecánica como la química, además de los smear plugs que limitan la permeabilidad dentinaria¹⁹. A continuación, se presenta la molécula relacionada con la cementación en el uso de primers:

Figura 1. Estructura y grupos funcionales de la molécula de 10-MDP



Fuente: Tsuchimoto et al.²⁰

Ventajas del uso de primers de metal

Las ventajas del uso de primers de metal en las restauraciones dentales incluyen una mejor adhesión, mayor resistencia de la unión, adaptación precisa y facilidad de aplicación. Estas características contribuyen a la retención y estabilidad de las restauraciones, mejorando su funcionalidad y estética. A continuación, se detallan las ventajas:

1. Mejora la adhesión: Los primers de metal han demostrado mejorar la adhesión de las restauraciones dentales a los metales. Al crear una interfaz adhesiva fuerte entre el metal y la resina, se logra una mayor retención y estabilidad de las restauraciones²¹.
2. Mayor resistencia: El uso de primers de metal contribuye a aumentar la resistencia de la unión entre el metal y la resina. Esto es especialmente beneficioso en restauraciones sometidas a fuerzas de carga o estrés, ya que ayuda a prevenir el desprendimiento o fractura de la restauración²¹.
3. Adaptación precisa: Los primers de metal mejoran la adaptación de las restauraciones a las estructuras dentales y los metales subyacentes. Esto ayuda a lograr un ajuste más preciso, lo que resulta en restauraciones más estéticas y funcionales²².
4. Facilidad de aplicación: Los primers de metal son fáciles de aplicar y suelen requerir un tiempo de trabajo corto. Esto facilita el proceso de cementación y ahorra tiempo en el procedimiento clínico²².

Desventajas del uso de primers de metal

Por otra parte, se han observado algunas desventajas del uso de primers de metal en las restauraciones odontológicas, entre las cuales se destacan las siguientes:

1. Sensibilidad al manejo: Algunos primers de metal pueden ser sensibles al manejo inadecuado. Si no se siguen las instrucciones precisas de aplicación y tiempo de espera, puede comprometerse la calidad de la adhesión²³.
2. Limitaciones en ciertos materiales: Algunos primers de metal pueden tener restricciones en cuanto a los materiales dentales con los que se pueden utilizar. Es importante verificar las indicaciones y compatibilidad del primer con los materiales específicos que se utilizarán en la restauración²⁴.

3. Posible irritación o reacciones alérgicas: En casos raros, algunas personas pueden experimentar irritación o reacciones alérgicas a los componentes de los primers de metal. Se deben tomar precauciones y realizar pruebas de sensibilidad antes de su uso²³.
4. Dependencia de la técnica de aplicación: La efectividad de los primers de metal está influenciada por una correcta técnica de aplicación. Una aplicación incorrecta puede afectar negativamente la adhesión y la longevidad de la restauración²⁵.

Principales primers en el mercado

La calidad de los diferentes primers disponibles en el mercado pueden variar, por lo que, a continuación, se presentan algunas de las marcas más reconocidas, como Z-Primer, Monobond, Clearfil, Alloy Primer y Peak-ZM Zirconio/Metal, analizando sus características distintivas y su impacto en el zirconio y otros metales durante la adhesión.

Tabla 1. Principales marcas comerciales de primers

Primer	Características	Ventajas	Desventajas	Autores
Z-Primer	El Z-Prime es un primer de sílice modificada con silano, diseñado específicamente para mejorar la adhesión de las restauraciones de cerámica de óxido de zirconio. Proporciona una capa de adhesión química entre el zirconio y los cementos de resina.	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora significativamente la retención y la resistencia de las restauraciones de zirconio. - Promueve la adhesión química para una mayor estabilidad a largo plazo. - La aplicación del imprimador Z aumenta significativamente la resistencia de la unión al cizallamiento entre la cerámica de zirconio y la dentina (p<0.001). 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede requerir un proceso de aplicación adicional y un tiempo de curado prolongado en comparación con otros primers. 	Afrasiabi et al.
Monobond N	Monobond N es un primer de silano monocomponente utilizado para la adhesión de cerámicas de óxido de zirconio y otros metales. Contiene una fórmula especial que favorece la adhesión química y mecánica.	<ul style="list-style-type: none"> - Proporciona una fuerte adhesión tanto a la cerámica de óxido de zirconio como a otros metales. - Se activa fácilmente y ofrece una aplicación rápida y conveniente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede tener una vida útil limitada una vez que se abre el envase, lo que puede requerir la compra frecuente de nuevas unidades. 	Hajjaj et al.
Clearfil Ceramic Primer	El Clearfil Ceramic Primer es un primer a base de silano que se utiliza para mejorar la adhesión de las restauraciones cerámicas de zirconio y otros metales. Contiene monómeros especiales para una adhesión química eficaz.	<ul style="list-style-type: none"> - Proporciona una adhesión fuerte y duradera a las superficies cerámicas y metálicas. - Permite una fácil aplicación y rápida activación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Puede ser más sensible a la humedad en comparación con otros primers, lo que requiere un control riguroso del ambiente de trabajo. 	Klaisiri et al.

Primer	Características	Ventajas	Desventajas	Autores
Alloy Primer	El Alloy Primer es un primer específicamente formulado para mejorar la adhesión de las restauraciones metálicas, como el titanio. Se utiliza comúnmente en combinación con cementos de resina para mejorar la retención de las restauraciones de metal.	- Proporciona una excelente adhesión a las superficies metálicas, lo que resulta en una mayor durabilidad de las restauraciones. Ayuda a prevenir la corrosión y la desadhesión de las restauraciones metálicas.	- Puede requerir una preparación adicional de la superficie metálica antes de la aplicación del primer para lograr una adhesión óptima.	Nakhaei et al.
Peak-ZM Zirconio/Metal	- Es un primer específicamente diseñado para mejorar la adhesión entre el zirconio y los metales en restauraciones dentales que requieren la unión de ambos materiales. - Formulación específica para promover la adhesión entre el zirconio y los metales. - Proporciona una capa de adhesión química o física entre el zirconio y los metales, mejorando la retención de las restauraciones mixtas. - Puede contener aditivos especiales para una adhesión duradera y resistente.	- Mejora la adhesión entre el zirconio y los metales, lo que garantiza la integridad estructural de las restauraciones mixtas. - Promueve una unión fuerte y duradera, resistente a las fuerzas de masticación y a otros factores de estrés. - Ayuda a prevenir la desadhesión y el fracaso de las restauraciones mixtas. - Puede mejorar la resistencia a la fractura y la longevidad de las restauraciones mixtas.	- Puede requerir un protocolo de aplicación más complejo que los primers convencionales. - Es posible que necesite preparación adicional de la superficie antes de la aplicación para lograr una adhesión óptima. - Los tiempos de activación y curado pueden variar y requerir tiempo adicional en comparación con otros primers.	Abou-Mesalam et al.

Zirconio en las restauraciones dentales

El zirconio es un material cerámico utilizado ampliamente en Odontología para fabricar restauraciones dentales, como coronas, puentes y carillas; este material se caracteriza por su alta resistencia, estabilidad dimensional y apariencia estética^{2,26}. Las restauraciones de zirconio, aunque pueden tener una buena durabilidad, es importante considerar que su estética puede variar; en algunos casos, es posible que se requiera maquillarlas con otras cerámicas o utilizar zirconio monolítico para mejorar su apariencia estética. Es importante evaluar cada caso de manera individual para determinar las opciones más adecuadas en términos de estética y funcionalidad en la rehabilitación oral³. Un aspecto relevante es que, el uso de zirconio en las restauraciones dentales requiere una adecuada adhesión a los cementos de resina para garantizar un ajuste preciso y una unión fuerte^{4,11,27}.

El zirconio es un elemento químico que pertenece al grupo de los metales de transición; su símbolo químico es Zr y su número atómico es 40²⁸. En Odontología, el zirconio se utiliza en forma de óxido de zirconio (ZrO₂), que es la forma más común y estable del mismo; presenta excelentes propiedades mecánicas que lo hacen ideal para su uso en restauraciones dentales y es conocido por su alta resistencia a la flexión y compresión, lo que garantiza la durabilidad y resistencia de las restauraciones²⁹. Además, el zirconio es apreciado por su alta tenacidad, lo que le permite soportar grandes cargas sin fracturarse fácilmente y posee propiedades ópticas que le confieren una apariencia natural, aunque es importante destacar que el zirconio puede ser opaco en su forma convencional³⁰.

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas del uso de este material en las restauraciones dentales:

Ventajas:

- Alta resistencia: El zirconio posee una resistencia excepcional, lo que permite la fabricación de restauraciones dentales duraderas y confiables²⁹.
- Biocompatibilidad: El zirconio es biocompatible y compatible con los tejidos orales, lo que minimiza las reacciones adversas en los pacientes³⁰.

Desventajas:

- Mayor desgaste del diente antagonista: Debido a su alta dureza, el zirconio puede causar un desgaste ligeramente mayor en los dientes opuestos cuando se utiliza en restauraciones oclusales³¹.
- Limitaciones estéticas: Aunque el zirconio ofrece resistencia y durabilidad, puede presentar limitaciones estéticas en comparación con otras opciones de restauración, especialmente en áreas donde se requiere una alta translucidez y luminosidad. En algunos casos, puede ser necesario utilizar técnicas adicionales o recubrimientos cerámicos para mejorar su apariencia estética²⁹.
- Dificultad de ajuste: El zirconio es un material muy duro, lo que puede dificultar el ajuste y la modificación de las restauraciones en el consultorio dental³².

Cementos resinosos

A nivel comercial, Kuraray Medical Inc., ha desarrollado una variedad de cementos dentales, como Panavia, Alloy Primer y Clearfil Ceramic, que incorporan el agente 10-MDP en su composición. Este agente desempeña un papel crucial al establecer enlaces químicos entre los materiales a base de metacrilato y la cerámica de zirconio, tal como se ha demostrado en estudios científicos²⁷. Anteriormente, estos procedimientos requerían múltiples pasos clínicos y un tiempo considerable para su finalización. Sin embargo, en la actualidad, se ha logrado simplificar este proceso mediante el desarrollo de imprimaciones cerámicas que contienen γ -MPTS (y-metacriloxipropiltrimetoxisilano) y MDP en un sistema de botella única, facilitando la reacción

química entre los materiales de cerámica a base de sílice y zirconio⁸.

Esto se realizó debido a que el agente MDP tiene la capacidad de unirse de manera química al zirconio y a los óxidos metálicos, dando como resultado una excelente fuerza de unión con el óxido de zirconio. Por otro lado el γ -MPTS combinados con el MDP mostraron una mejor respuesta con respecto a la fuerza de unión inicial que los que se combinan con ácido acético⁸. Estos avances comerciales han permitido una mayor eficiencia en la aplicación de los primers y han mejorado la calidad de las restauraciones dentales con zirconio.

Otros metales utilizados en las restauraciones dentales

Además del zirconio, existen otros metales comúnmente utilizados en las restauraciones dentales, como el cobalto-cromo, el titanio y el níquel-cromo; estos metales presentan propiedades físicas y biológicas distintas que los hacen adecuados para diferentes situaciones clínicas³³. La selección del metal apropiado depende de diversos factores, como la ubicación de la restauración, las necesidades del paciente y las preferencias del odontólogo. Comprender las características de estos metales y su comportamiento en las restauraciones dentales es esencial para lograr resultados exitosos y duraderos¹³.

Níquel-cromo

El uso de níquel-cromo en las restauraciones dentales ha sido ampliamente adoptado debido a sus propiedades mecánicas y estéticas favorables. Sin embargo, la adhesión efectiva de las restauraciones de níquel-cromo a los dientes naturales es un desafío debido a la naturaleza metálica del material. Para abordar esta problemática, se han desarrollado primers específicos para mejorar la adhesión entre el níquel-cromo y los cementos de resina utilizados en las restauraciones. Estos primers contienen agentes de acoplamiento que promueven la formación de enlaces químicos entre el metal y el cemento, mejorando así la retención y la resistencia de la unión³⁴.

Uno de los agentes de acoplamiento más utilizados en los primers para níquel-cromo es el 4-metacriloxietil trimelitato de aluminio (4-META). Este agente se ha demostrado que mejora

significativamente la adhesión del níquel-cromo a los cementos de resina. El 4-META forma enlaces covalentes con el óxido de cromo presente en la superficie del níquel-cromo, lo que proporciona una base sólida para la adhesión del cemento de resina. Además del 4-META, otros componentes utilizados en los primers para níquel-cromo incluyen monómeros fosfatados y silanos. Estos monómeros ayudan a mejorar la humectabilidad de la superficie del níquel-cromo, facilitando la penetración y la adhesión del cemento de resina¹⁴.

Es importante destacar que la adhesión efectiva del níquel-cromo a los cementos de resina no solo depende del primer utilizado, sino también de la preparación adecuada de la superficie del metal. La limpieza y el acondicionamiento de la superficie de níquel-cromo son pasos cruciales para garantizar una adhesión óptima. Se recomienda utilizar técnicas de limpieza y grabado ácido para eliminar contaminantes y mejorar la rugosidad de la superficie, lo que promoverá una mejor adhesión del cemento³⁵.

Cobalto-cromo

El uso de cobalto-cromo en las restauraciones dentales ofrece propiedades mecánicas, biocompatibilidad y durabilidad destacadas. Sin embargo, la adhesión efectiva de este material a los cementos de resina puede presentar desafíos debido a su naturaleza metálica. Para abordar este desafío, se han desarrollado primers específicos que contienen agentes de acoplamiento y monómeros especiales diseñados para mejorar la adhesión entre el cobalto-cromo y los cementos de resina. Estos primers, que a menudo incluyen fosfatos, forman enlaces químicos con la superficie metálica, mejorando así la retención y resistencia de la unión³³.

Además, los primers pueden contener monómeros silanos que mejoran la humectabilidad y promueven una mejor adhesión. Es esencial preparar adecuadamente la superficie del cobalto-cromo, a través de una limpieza minuciosa y un suave grabado ácido, para garantizar una superficie adecuada para la adhesión del cemento de resina³⁶.

Titanio

El titanio ha sido ampliamente utilizado en restauraciones dentales debido a su excelente biocompatibilidad, resistencia y durabilidad. Sin

embargo, debido a la naturaleza inerte del titanio, lograr una adhesión efectiva a los cementos de resina puede ser un desafío. Para mejorar la adhesión del titanio a los cementos de resina, se han desarrollado primers específicos; estos contienen agentes de acoplamiento y monómeros diseñados para promover una unión fuerte entre el titanio y el cemento de resina. Los agentes de acoplamiento actúan químicamente con la superficie del titanio, mejorando la retención y la resistencia de la unión³⁷.

Además de los agentes de acoplamiento, los primers para titanio pueden contener monómeros especiales que mejoran la humectabilidad de la superficie metálica, facilitando la adhesión del cemento de resina. Es importante realizar una preparación adecuada de la superficie del titanio, incluyendo una limpieza minuciosa y un grabado ácido suave, para crear una superficie rugosa que favorezca la adhesión³⁸.

Protocolo del uso del primer con zirconio

El presente protocolo detalla el procedimiento para el correcto manejo y aplicación del primer de zirconio en el ámbito odontológico; el objetivo principal es asegurar una adhesión efectiva y duradera entre el zirconio y el sustrato dental. Este protocolo se basa en las mejores prácticas y recomendaciones actuales en el campo de la odontología.

1. Preparación del sustrato dental:

- **Desinfección:** Se recomienda limpiar la superficie del sustrato dental utilizando una solución desinfectante adecuada, como clorhexidina, para eliminar cualquier residuo o contaminante; además, es importante destacar que la clorhexidina estabiliza la interfaz adhesiva^{39,40}.
- **Arenado:** Realizar un arenado con partículas de óxido de aluminio para aumentar la rugosidad superficial y mejorar la adhesión³⁹.
- **Lavado y Secado:** Lavar la superficie arenada con agua y secar meticulosamente con aire comprimido y jeringas de aire seco y agua libre de aceite³⁹.

2. Preparación de la Superficie de la Corona de Zirconio:

Antes de aplicar el primer de zirconio, es fundamental preparar adecuadamente la superficie de la corona de zirconio para asegurar una adhesión efectiva mediante el arenado y limpieza:

- Arenado: Realizar un arenado en la superficie interna de la corona de zirconio utilizando partículas de óxido de aluminio o silicato de aluminio de tamaño adecuado. Esto aumentará la rugosidad superficial y mejorará la adhesión^{41,42}.
 - Lavado: Lavar la corona arenada con agua y asegurarse de eliminar cualquier residuo generado durante el arenado^{41,42}.
 - Secado: Secar meticulosamente la corona utilizando aire comprimido y jeringas de aire seco y agua libre de aceite.
3. Uso del ácido ortofosfórico:
- Aplicación: Aplicar el ácido ortofosfórico al 37% en la superficie del sustrato dental durante aproximadamente 15 segundos⁴².
 - Enjuague y Secado: Enjuagar con abundante agua para neutralizar el ácido y luego secar nuevamente con aire comprimido⁴².
4. Colocación del Primer de Zirconio:
- Aplicación del Primer: Utilizar un microbrush o pincel aplicador para colocar una capa fina y uniforme de primer de zirconio sobre la superficie interna del componente de zirconio. Se recomienda aplicar el primer de manera uniforme sin exceso para evitar problemas de adhesión⁴².
 - Secado del Primer: Si es necesario, utilizar aire comprimido seco para acelerar el proceso de secado del primer. Esto se debe realizar durante aproximadamente 5-10 segundos para evaporar los solventes y dejar una capa uniforme y adherente⁴². Generalmente, se recomienda esperar alrededor de 30 a 60 segundos después de aplicar el primer antes de proceder con el siguiente paso del proceso. Esto permite que el primer tenga tiempo para penetrar y reaccionar adecuadamente con la superficie, formando una capa adhesiva óptima⁴³.

5. Consideraciones adicionales:

- Control de Tiempo: Es crucial seguir los tiempos de aplicación y secado recomendados en cada paso para garantizar una correcta adhesión⁴⁴.
- Manipulación Adecuada: Durante todo el proceso, es esencial evitar el contacto directo con los dedos u otros contaminantes para preservar la calidad de la superficie preparada³⁹.
- Aislamiento: Utilizar aislamiento adecuado, como diques de goma, para evitar la contaminación de la zona de trabajo durante la aplicación del primer y otros procedimientos adyacentes⁴².

5. Inspección y aprobación:

- Antes de continuar con el procedimiento restaurativo, se debe realizar una inspección visual para asegurarse de que la superficie de zirconio esté adecuadamente cubierta con el primer y que no haya irregularidades³⁹.
- Si se detectan problemas, repetir el proceso de aplicación del primer siguiendo el protocolo⁴².

Al seguir este protocolo de manera rigurosa, se espera lograr una adhesión exitosa entre el zirconio y el sustrato dental, lo que resultará en restauraciones duraderas y de alta calidad en el campo de la odontología. Cabe destacar que este protocolo está sujeto a actualizaciones y adaptaciones en función de los avances y nuevas investigaciones en el campo.

DISCUSIÓN

La adhesión de cementos a restauraciones dentales es un aspecto crucial para garantizar la durabilidad y el éxito a largo plazo de los tratamientos odontológicos. En esta revisión bibliográfica, se examinaron diversos aspectos relacionados con la adhesión de diferentes materiales en restauraciones dentales, incluyendo el zirconio, níquel-cromo, cobalto-cromo y titanio.

En relación al zirconio, se ha observado que la adhesión efectiva a los cementos de resina puede ser un desafío debido a la falta de reactividad química de este material cerámico. Sin embargo, el uso de

primers específicos, como el agente 10-MDP, ha demostrado mejorar significativamente la fuerza de adhesión entre el zirconio y los cementos de resina. Al respecto, el estudio realizado por Comino-Garayoa et al., destaca la limitada reactividad química del zirconio como una posible barrera para lograr una adhesión exitosa. Sin embargo, se ha observado que el uso de primers específicos, como el agente 10-MDP, mejora significativamente la fuerza de adhesión entre el zirconio y los cementos de resina. Además, se enfatiza la importancia de una preparación adecuada de la superficie del zirconio para lograr una adhesión óptima⁵. De igual manera, el resultado del estudio de Yue et al. en 2019 indica que la aplicación de primers a base de 10-metacriloxidecil dihidrogeno fosfato (MDP) en restauraciones de zirconio mejora la resistencia de adhesión entre el zirconio y el cemento de resina; se encontró que el grupo que utilizó el primer MDP presentó la mayor resistencia de adhesión (Z-PrimePlus MDP), seguido por el grupo que utilizó el primer para zirconio; finalmente, el grupo que no recibió ningún tratamiento o aplicación mostró la resistencia de adhesión más baja⁴⁵.

El estudio realizado por Cao et al. evaluó los efectos de cuatro primers cerámicos y dos tipos de cemento en la fuerza de adhesión y durabilidad entre el zirconio y el cemento de resina. Entre los cuatro primers evaluados, el grupo tratado con Clearfil Ceramic Primer (CCP) obtuvo la mayor fuerza de adhesión, con una diferencia estadísticamente significativa. Sin embargo, se observó que la falla cohesiva ocurrió principalmente en el grupo CCP antes de los ciclos térmicos, mientras que la falla mixta ocurrió después de los ciclos térmicos. En síntesis, se determinó que CCP es el primer superior que mejora la fuerza de adhesión entre el zirconio y el cemento de resina; además, se observó que CCP puede contribuir a mejorar la durabilidad de la fuerza de adhesión del zirconio y los dos tipos de cemento evaluados mostraron un rendimiento de adhesión similar para el zirconio⁴.

Por el contrario, en el estudio de Sanohkan et al. se evaluó el efecto de diferentes primers en la resistencia de adhesión al cizallamiento entre cerámica de zirconio y resina compuesta. Se prepararon cuarenta especímenes de cerámica de zirconio, los cuales fueron tratados con diferentes primers: CP (RelyX Ceramic Primer), AP (Alloy

Primer) y MP (Monobond Plus); un grupo no recibió ningún tratamiento y sirvió como control. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en la resistencia de adhesión entre los grupos tratados con diferentes primers y el grupo sin tratamiento⁴⁶.

En cuanto al níquel-cromo, se ha evidenciado que el uso de primers puede mejorar la resistencia de unión de los cementos resinosos al níquel. En particular, el primer Clearfil Ceramic Primer ha mostrado ser altamente efectivo en mejorar la fuerza de adhesión en comparación con otros primers evaluados; sin embargo, se ha observado que la durabilidad de la adhesión puede verse afectada después de ciclos térmicos, lo que sugiere la necesidad de considerar la resistencia a largo plazo en la selección del primer. Según el estudio realizado por Giti y Zarkari, el uso de una nueva imprimación de zirconio basada en monómeros de ácido carboxílico/organofosforado no pudo mejorar la fuerza de unión de la cerámica de zirconio a diferentes materiales de núcleo, en tanto que la fuerza de unión del zirconio a los núcleos de amalgama y resina compuesta fue mayor que la del material de núcleo de níquel-cromo⁴⁷.

Nagaoka et al. realizaron un estudio en 2019 que se centró en la caracterización de la ultraestructura y las propiedades de adhesión del zirconio recubierto con sílice triboquímica (Tribochemical silica coating, TSC). Los hallazgos destacados de este estudio revelaron que el TSC generó una microtextura rugosa en la superficie del zirconio, con la presencia de aluminio y silicio fusionados. Además, se observaron partículas residuales de sílice no fusionada en la superficie tratada con TSC. También se encontró que el zirconio tratado con TSC y un primer combinado de 10-MDP/silano demostró una mayor resistencia de adhesión en comparación con el zirconio tratado solo con un primer de silano. Estos resultados subrayan la importancia de seleccionar el primer adecuado y considerar la interacción específica entre el recubrimiento de superficie, como el TSC, y los primers utilizados en la adhesión de zirconio⁴⁸.

Asimismo, Ghasemi et al. en 2018, evaluaron el efecto del tiempo de almacenamiento de un imprimador cerámico que contiene monómero fosfato de 10-metacriloxidecil dihidrógeno (MDP) en la resistencia de microcizallamiento entre la

cerámica de zirconio y la resina compuesta. se observó que el tiempo de almacenamiento del imprimador cerámico tuvo un impacto significativo en la resistencia de microcizallamiento entre la cerámica de zirconio y la resina compuesta. Después de seis meses de almacenamiento, se encontraron diferencias significativas en la resistencia de unión en comparación con el inicio del estudio. Estos hallazgos sugieren que la efectividad del imprimador cerámico para la unión con zirconio se ve afectada de manera dependiente del tiempo, lo que puede atribuirse a posibles cambios en la composición del material durante el almacenamiento. Además, el análisis de FTIR ((Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier)) reveló alteraciones químicas en el imprimador a lo largo del tiempo. Estos resultados destacan la importancia de un manejo adecuado y uso oportuno de los imprimadores cerámicos para garantizar una unión óptima entre zirconio y resina compuesta en restauraciones dentales⁴⁹.

El estudio realizado por Yue et al. en 2019 analizó los efectos de los imprimadores basados en 10-metacriloxidecil dihidrógeno fosfato (MDP) en la resistencia de microcizallamiento entre coronas de zirconio y cemento de resina. Se utilizaron 90 muestras de superficies cerámicas de zirconio estabilizada con itria en el estudio. Los resultados mostraron que el grupo que utilizó el imprimador Z-PrimePlus MDP (grupo III) logró la mayor resistencia de unión, seguido por el grupo con el imprimador de zirconio (grupo II). En cambio, el grupo sin tratamiento ni imprimador (grupo IV) presentó la menor resistencia de unión entre la cerámica Y-TZP y el cemento de resina adhesiva. El análisis de microscopía electrónica de barrido (SEM) reveló un alto índice de fallas adhesivas en el grupo IV, indicando una inferior unión química entre los componentes y los grupos hidroxilo de las cerámicas Y-TZP. Los resultados fueron categóricamente favorables al primer Z-PrimePlus MDP, el cual mostró la mayor resistencia de unión, seguido por el grupo con imprimador de zirconio, mientras que el grupo sin tratamiento ni imprimador tuvo la menor resistencia de unión. La combinación de abrasión de aire con el imprimador basado en MDP demostró una alta resistencia de unión y afinidad química. Los autores concluyeron que el uso de imprimadores basados en MDP mejora significativamente la unión entre zirconio y resina,

destacando su relevancia para restauraciones dentales de zirconio⁴⁵.

El estudio de Shafiei et al. en 2019 evaluó el efecto de diferentes imprimadores y capas adicionales de resina en la resistencia de microcizallamiento entre la resina compuesta y el zirconio después de un proceso de envejecimiento. Se dividieron sesenta bloques de zirconio (Y-TZP) tratados con abrasión de aire en seis grupos experimentales. La aplicación de una capa de resina que contiene 10-metacriloxidecil dihidrógeno fosfato (MDP) junto con ambos imprimadores mejoró significativamente la resistencia de unión. El imprimador Z-Prime Plus (ZPP) mostró un rendimiento superior al Alloy Primer (AP) en términos de resistencia de unión. La combinación de almacenamiento a largo plazo en agua y ciclos térmicos demostró ser efectiva para evaluar la estabilidad de la unión resina-zirconio. En conclusión, el uso de imprimadores y capas de resina adecuadas es esencial para lograr restauraciones de zirconio reparadas exitosamente con una unión resina-zirconio fuerte y duradera⁵⁰.

El estudio de Valente et al. de 2020 comparó la resistencia de unión entre la cerámica de zirconio y el nuevo cemento experimental Surgi Dual Flo' Zr con el cemento Panavia V5, al evaluar el efecto del imprimador 10-MDP. Los resultados mostraron que la adición de 10-MDP mejoró significativamente la resistencia de unión en ambos cementos. El nuevo cemento experimental alcanzó una resistencia similar al Panavia V5 cuando se utilizó el 10-MDP. Estos hallazgos sugieren que el imprimador 10-MDP es efectivo para mejorar la unión resina-zirconio, lo que tiene implicaciones clínicas para restauraciones dentales con zirconio⁵¹.

El protocolo detallado para la aplicación del primer de zirconio desempeña un papel fundamental en lograr una adhesión efectiva. Mediante pasos meticulosos que incluyen la preparación del sustrato dental, el arenado para mejorar la rugosidad, y la aplicación de ácido ortofosfórico para generar microretenciones, se crea una base propicia para la unión. De acuerdo con Karami et al., el uso preciso y uniforme del primer asegura una interfaz libre de contaminantes y una unión sólida, permitiendo la formación de una capa adherente. El tiempo de espera post-aplicación del primer es esencial para permitir la reacción y evaporación de solventes. Este protocolo, al establecer condiciones

ideales para la adhesión micro-mecánica y química, sienta las bases para restauraciones dentales duraderas y de alta calidad, asegurando una unión eficiente entre zirconio y sustrato dental⁵².

Los estudios revisados sobre la resistencia en la cementación de imprimadores 10-MDP en zirconio destacan la importancia de estos productos para mejorar la adhesión en restauraciones dentales. En general, se observó que la aplicación de imprimadores basados en 10-MDP resultó en una significativa mejora en la resistencia de unión entre la cerámica de zirconio y el cemento de resina. Tanto en la cementación de restauraciones de zirconio como en la reparación de estas, el uso de imprimadores con 10-MDP demostró un desempeño superior en comparación con otras alternativas, como los imprimadores basados en ácido fosfórico o primers convencionales. Además, algunos estudios resaltaron la eficacia de combinar el imprimador 10-MDP con la abrasión de aire en la superficie de zirconio, lo cual mejoró aún más la resistencia de unión. También se observó que el tiempo de almacenamiento de los imprimadores puede afectar su efectividad, lo que resalta la importancia de una adecuada manipulación y uso oportuno de estos productos.

En resumen, estos estudios demuestran que los imprimadores basados en 10-MDP son una opción confiable y efectiva para mejorar la adhesión en restauraciones dentales de zirconio. Esto es de suma importancia debido a que contribuye a la longevidad y al éxito clínico, por lo que puede ser usado de manera confiable por profesionales odontológicos con el fin de poder lograr resultados óptimos tanto en la cementación como en la reparación de restauraciones de zirconio.

Por otra parte, el estudio realizado por Barbosa et al. tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de primers para estructuras a base de aleaciones metálicas en la resistencia de unión (RU) de cementos resinosos al zirconio; se prepararon placas de óxido de zirconio y se dividieron en seis grupos experimentales. Se observó que solo el uso del primer Metal Primer II aumentó la RU de los dos cementos resinosos al zirconio. El cemento autoadhesivo RelyX U-100 obtuvo los valores más altos de RU en comparación con el cemento convencional Bistite II DC, para todos los tratamientos de superficie utilizados. Para obtener

una mayor RU en el zirconio Cercon, se recomienda utilizar el Metal Primer II y el cemento autoadhesivo RelyX U-100¹¹.

Al ver el efecto de los primers en otros metales, se tiene el estudio realizado por Shimoe et al., el cual evaluó el efecto de diferentes primers en la adhesión entre una aleación de plata-paladio-cobre-oro y un material compuesto indirecto; se prepararon discos de fundición que fueron tratados con aire y abrasivos de alúmina, y luego se les aplicó uno de cinco primers diferentes (Alloy Primer, LunaWing Primer, Metal Primer II, Metaltite, M.L. Primer). Los resultados mostraron que cuatro de los primers, a excepción del Luna-Wing Primer, fueron efectivos para mejorar la resistencia de la unión en comparación con el grupo de control sin aplicación de primer. Los hallazgos sugieren que la eficacia de los primers varía considerablemente según los compuestos orgánicos de azufre añadidos al solvente⁵³.

En el caso del cobalto-cromo, se ha reconocido su excelente biocompatibilidad y resistencia, pero la adhesión efectiva a los cementos de resina puede ser un desafío debido a la naturaleza metálica del material. Los primers específicos para cobalto-cromo, que contienen agentes de acoplamiento y monómeros especiales, se han desarrollado para mejorar la adhesión. En cuanto al titanio, se ha destacado su excelente biocompatibilidad y resistencia, pero la adhesión efectiva a los cementos de resina puede ser un desafío debido a su naturaleza inerte. Los primers específicos para titanio, que contienen agentes de acoplamiento y monómeros especiales, se han desarrollado para mejorar la adhesión⁵⁴.

La implementación precisa de un protocolo para el uso del primer de zirconio en odontología se erige como un método fundamental para asegurar la adhesión efectiva y duradera entre el zirconio y el sustrato dental³⁹. Al abordar meticulosamente la preparación del sustrato dental, la aplicación controlada del ácido ortofosfórico y la técnica precisa para colocar el primer de zirconio, se establece un enfoque integral que favorece la creación de microretenciones y garantiza una capa uniforme y adherente⁴². Esta metodología no solo optimiza los resultados restaurativos, sino que también abre un espacio para futuras investigaciones que puedan refinar aún más el

protocolo y su aplicación clínica en el campo odontológico.

Es importante tener en cuenta que la eficacia de los primers puede variar según los materiales y las condiciones específicas. La selección adecuada del primer, junto con la preparación adecuada de la superficie y el seguimiento de las instrucciones del fabricante, son aspectos cruciales para lograr una adhesión exitosa en las restauraciones dentales.

CONCLUSIONES

El estudio de la adhesión de materiales en restauraciones dentales es de vital importancia para garantizar el éxito y la durabilidad de los tratamientos odontológicos. A lo largo de esta revisión bibliográfica, se ha evidenciado que el uso de primers específicos puede mejorar significativamente la adhesión de materiales como el zirconio, níquel-cromo, cobalto-cromo y titanio a los cementos de resina. La elección adecuada del primer, junto con una preparación meticulosa de la superficie, juega un papel fundamental en la obtención de una adhesión óptima. Sin embargo, se destaca la importancia de considerar la durabilidad de la adhesión a largo plazo, especialmente después de ciclos térmicos.

Los imprimadores 10-MDP son una opción efectiva y confiable para mejorar la resistencia de unión en la cementación de restauraciones dentales de zirconio, lo que contribuye al éxito a largo plazo de estos procedimientos. Se requiere una evaluación continua y estudios clínicos adicionales para determinar la efectividad y la estabilidad a largo plazo de los primers en diferentes situaciones clínicas. En general, el avance en la comprensión de la adhesión de materiales en restauraciones dentales proporciona una base sólida para mejorar los resultados clínicos y satisfacer las necesidades de los pacientes en el campo de la odontología restauradora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Perdigão J. Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion – not there yet. *Jpn Dent Sci Rev.* 2020;56(1):190–207. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jdsr.2020.08.004>
2. Stefani A, Brito RB, Kina S, Andrade OS, Ambrosano GMB, Carvalho AA, et al. Bond Strength of Resin Cements to Zirconia Ceramic Using Adhesive Primers. *J Prosthodont.* 2016;25(5):380–5. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jopr.12334>
3. Cura C, Özcan M, Isik G, Saracoglu A. Comparison of Alternative Adhesive Cementation Concepts for Zirconia Ceramic: Glaze Layer vs Zirconia Primer. *J Adhes Dent.* 2012;14(1).
4. Cao Y, Zhang JF, Ou X, Zhang B, Chen L, Deng XH. The effects of four primers and two cement types on the bonding strength of zirconia. *Ann Transl Med.* 2022;10(5:248):1–14. Disponible en: <https://doi.org/10.21037/atm-21-4909>
5. Comino-Garayoa R, Peláez J, Tobar C, Rodríguez V, Suárez MJ. Adhesion to Zirconia: A Systematic Review of Surface Pretreatments and Resin Cements. *Materials (Basel).* 2021;14(11:2751):1–14. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma14112751>
6. Ikemura K, Fujii T, Negoro N, Endo T, Kadoma Y. Design of a metal primer containing a dithiooctanoate monomer and a phosphonic acid monomer for bonding of prosthetic light-curing resin composite to gold, dental precious and non-precious metal alloys. *Dent Mater J.* 2011;30(3):300–7. Disponible en: <https://doi.org/10.4012/dmj.2010-163>
7. Shibuya K, Ohara N, Ono S, Matsuzaki K, Yoshiyama M. Influence of 10-MDP concentration on the adhesion and physical properties of self-adhesive resin cements. *Restor Dent Endod.* 2019;44(4:e45):1–10. Disponible en: <https://doi.org/10.5395/rde.2019.44.e45>
8. Koko M, Takagaki T, Abdou A, Inokoshi M, Ikeda M, Wada T, et al. Effects of the ratio of silane to 10-methacryloyloxydecyl dihydrogenphosphate (MDP) in primer on bonding performance of silica-based and zirconia ceramics. *J Mech Behav Biomed Mater.* diciembre de 2020;112(104026):1–8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.104026>

9. Lago C, Lago B, De Carli J, Farina A. Influence of Ceramic Primers on Microshear Bond Strength to Zirconia. *Bioscience Journal*. 2022;38(e38035):1–7. Disponible en: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2022/09/1395457/articleee38035-id59850.pdf>
10. Jung H, Campana S, Park J, Shin J, Lee J. Effects of primers on the microtensile bond strength of resin cements to cobalt-chromium alloy. *The Journal of Korean Academy of Prosthodontics*. 2019;57(2):95–101. Disponible en: <https://doi.org/10.4047/jkap.2019.57.2.95>
11. Barbosa WF de S, Francescantonio M Di, Aguiar TR, Cavalcanti AN, Oliveira MT de, Gianini M. Efeito da aplicação de primers para metal na resistência de união de cimentos resinosos à zircônia. *RPG Revista de Pós-Graduação*. 2011;18(4):224–8. Disponible en: <http://revodonto.bvsalud.org/pdf/rpg/v18n4/a02v18n4.pdf>
12. Dias de Souza GM, Thompson VP, Braga RR. Effect of metal primers on microtensile bond strength between zirconia and resin cements. *J Prosthet Dent*. 2011;105(5):296–303. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(11\)60055-3](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(11)60055-3)
13. Fonseca RG, de Almeida JG dos SP, Haneda IG, Adabo GL. Effect of metal primers on bond strength of resin cements to base metals. *J Prosthet Dent*. 2009;101(4):262–8. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(09\)60050-0](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(09)60050-0)
14. Jamel RS, Nayif MM, Abdulla MA. Influence of different surface treatments of nickel chrome metal alloy and types of metal primer monomers on the tensile bond strength of a resin cement. *Saudi Dent J*. 2019;31(3):343–9. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2019.03.006>
15. Fonseca RG, de Almeida JG dos SP, Haneda IG, Adabo GL. Effect of metal primers on bond strength of resin cements to base metals. *Journal of Prosthetic Dentistry*. abril de 2009;101(4):262–8.
16. Aggarwal A, De Souza GM. The Role of a MDP/VBATDT-Primer Composition on Resin Bonding to Zirconia. *Metals (Basel)*. 2018;8(4:247):1–11. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/met8040247>
17. Pheerarangsikul N, Wayakanon P, Wayakanon K. Effects of Various Functional Monomers on Adhesion Between Immediate Dentin Sealing and Resin Cement. *Oper Dent*. 1 de septiembre de 2022;47(5):562–73.
18. Siqueira F, Cardenas AM, Gutierrez MF, Malaquias P, Hass V, Reis A, et al. Laboratory Performance of Universal Adhesive Systems for Luting CAD/CAM Restorative Materials. *J Adhes Dent*. 2016;18(4):331–40. Disponible en: <https://doi.org/10.3290/j.jad.a36519>
19. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Van Landuyt K, Yoshida Y, Peumans M. From Buonocore's pioneering acid-etch technique to self-adhering restoratives. A status perspective of rapidly advancing dental adhesive technology. *J Adhes Dent*. 2020;22(1):7–34. Disponible en: <https://doi.org/10.3290/j.jad.a43994>
20. Tsuchimoto Y, Yoshida Y, Mine A, Nakamura M, Nishiyama N, Van Meerbeek B, et al. Effect of 4-MET- and 10-MDP-based Primers on Resin Bonding to Titanium. *Dent Mater J*. 2006;25(1):120–4.
21. Aranda Garcia de Souza EH, Berger SB, Carlesse Paloco EA, Caixeta R V., Moretto TS, Lopes MB, et al. Effect of metal primers on the bond strength of resin cement to Co-Cr alloy. *Minerva Stomatol*. diciembre de 2019;68(5).
22. Alammar A, Blatz MB. The resin bond to high-translucent zirconia—A systematic review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 24 de enero de 2022;34(1):117–35. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jerd.12876>
23. Zajkani E, Omidi F, Taromi Z. Evaluation of Microleakage at the Junction Between Combined Amalgam/Composite Resin Restorations Using Different Bonding Systems in Class II Cavities. *Pesqui Bras*

- Odontopediatria Clin Integr.
 2022;22(e210148):1–8.
24. Benakatti VB, Amasi UN, Patil R. Evaluation of Effect of Surface Treatment of Intaglio Surface on Retention of Complete Cast Crowns Cemented with Different Cements: An In vitro Study. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. 2020;14(5):7–12.
 25. Sadid-Zadeh R, Sahraoui H, Lawson B, Cox R. Assessment of Tooth Preparations Submitted to Dental Laboratories for Fabrication of Monolithic Zirconia Crowns. *Dent J (Basel)*. 2021;9(10:112):1–8. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/dj9100112>
 26. Souza R, Barbosa F, Araújo G, Miyashita E, Bottino M, Melo R, et al. Ultrathin Monolithic Zirconia Veneers: Reality or Future? Report of a Clinical Case and One-year Follow-up. *Oper Dent*. 2018;43(1):3–11.
 27. Kim JH, Chae SY, Lee Y, Han GJ, Cho BH. Effects of multipurpose, universal adhesives on resin bonding to zirconia ceramic. *Oper Dent*. 2015;40(1):55–62. Disponible en: <https://doi.org/10.2341/13-303-1>
 28. Ushakov S V., Navrotsky A, Hong QJ, van de Walle A. Carbides and Nitrides of Zirconium and Hafnium. *Materials*. 2019;12(17):1–24.
 29. Bona A, Pecho O, Alessandretti R. Zirconia as a Dental Biomaterial. *Materials*. 2015;8(8):4978–91.
 30. Bapat RA, Yang HJ, Chaubal T V., Dharmadhikari S, Abdulla AM, Arora S, et al. Review on synthesis, properties and multifarious therapeutic applications of nanostructured zirconia in dentistry. *RSC Adv*. 2022;12(20):12773–93.
 31. Hmaidouch R, Weigl P. Tooth wear against ceramic crowns in posterior region: a systematic literature review. *Int J Oral Sci*. 2013 [citado 28 de junio de 2023];5(4):183–90. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3967317/>
 32. Yoshida K, Tsuo Y, Atsuta M. Bonding of dual-cured resin cement to zirconia ceramic using phosphate acid ester monomer and zirconate coupler. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2006;77(1):28–33. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jbm.b.30424>
 33. Grosogeat B, Vaicelyte A, Gauthier R, Janssen C, Le Borgne M. Toxicological Risks of the Cobalt–Chromium Alloys in Dentistry: A Systematic Review. *Materials (Basel)*. 2022;15(17:5801):1–16.
 34. Nima G, Ferreira PVC, Paula AB de, Consani S, Giannini M. Effect of Metal Primers on Bond Strength of a Composite Resin to Nickel-Chrome Metal Alloy. *Braz Dent J*. 2017;28(2):210–5. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/0103-6440201701288>
 35. Di Francescantonio M, de Oliveira MT, Garcia RN, Romanini JC, da Silva NRFA, Giannini M. Bond Strength of Resin Cements to Co-Cr and Ni-Cr Metal Alloys Using Adhesive Primers. *Journal of Prosthodontics*. 2010 [citado 28 de junio de 2023];19(2):125–9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20002979/>
 36. Timbó ICG, Oliveira MSCS, Regis RR. Effect of sanitizing solutions on cobalt-chromium alloys for dental prostheses: A systematic review of in vitro studies. *J Prosthet Dent*. 2022 [citado 28 de junio de 2023];22(S0022-3913):627–8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36357193/>
 37. Di Francescantonio M, Oliveira MT de, Daroz LGD, Henriques GEP, Giannini M. Adhesive bonding of resin cements to cast titanium with adhesive primers. *Braz Dent J*. 2012 [citado 28 de junio de 2023];23(3):218–22. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0103-64402012000300006>
 38. Matsumura H, Yoshida K, Tanaka T, Atsuta M. Adhesive Bonding of Titanium with a Titanate Coupler and 4-META/MMA-TBB Opaque Resin. *J Dent Res*. 1990 [citado 28 de junio de 2023];69(9):1614–6. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/00220345900690091601>

39. Szawiola-Kirejczyk M, Chmura K, Gronkiewicz K, Gala A, Loster JE, Ryniewicz W. Adhesive Cementation of Zirconia Based Ceramics-Surface Modification Methods Literature Review. *Coatings*. 2022;12(8):1067. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/coatings12081067>
40. Villarreal M, Veintimilla V, León G. Protocolos adhesivos a la cerámica de Disilicato de Litio y la cerámica no grabable Zirconia. *Recimundo*. 2019;3(1):1375–402. Disponible en: <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/421>
41. Rui L, Ma SQ, Liu ZH, Chen ML, Liu J, Wu J, et al. High shear bond strength between zirconia ceramic and resin cement via surface treatment and cleaning. *Mater Res Express*. 1 de octubre de 2021;8(10):1–9. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2053-1591/ac2bd1/pdf>
42. Scaminaci Russo D, Cinelli F, Sarti C, Giachetti L. Adhesion to Zirconia: A Systematic Review of Current Conditioning Methods and Bonding Materials. *Dent J (Basel)*. 2019;7(3):1–19. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/dj7030074>
43. Hajjaj M, Khojah A, Aljeddawi D, Alshamrani R, Althagafi R, Abumansour M. Shear Bond Strength of Resin Cement to Feldspathic CAD/CAM Ceramic Blocks; Conventional vs Self-etching Ceramic Primer. *Open Access Journal of Dental Sciences*. 2018;3(4):1–5. Disponible en: <https://doi.org/10.23880/oajds-16000210>
44. Tabatabaei MH, Chiniforush N, Namdar SF. Effects of different ceramic primers and surface treatments on the shear bond strength of restorative composite resin to zirconium. *Laser Ther*. 2018;27(2):111–7. Disponible en: <https://doi.org/10.5978/islsm.18-OR-10>
45. Yue X, Hou X, Gao J, Bao P, Shen J. Effects of MDP-based primers on shear bond strength between resin cement and zirconia. *Exp Ther Med*. 2019;17(5):3564–72. Disponible en: <https://doi.org/10.3892/etm.2019.7382>
46. Sanohkan S, Kukiattrakoon B, Larpoonphol N, Sae-Yib T, Jampa T, Manoppan S. The effect of various primers on shear bond strength of zirconia ceramic and resin composite. *Journal of Conservative Dentistry*. 2013;16(6):499–502. Disponible en: <https://www.jcd.org.in/text.asp?2013/16/6/499/120948>
47. Giti R, Zarkari R. The effect of a zirconia primer on the shear bond strength of Y-TZP ceramic to three different core materials by using a self-adhesive resin cement. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2019;19(2):134. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6482617/>
48. Nagaoka N, Yoshihara K, Tamada Y, Yoshida Y, Meerbeek B Van. Ultrastructure and bonding properties of tribochemical silica-coated zirconia. *Dent Mater J*. 2019;38(1):107–13. Disponible en: <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-397>
49. Ghasemi A, Sadr A, Pourhashemi A. Effect of Storage Time of a Ceramic Primer on Microshear Bond Strength to Zirconia. *J Dent (Tehran)*. 2018;15(6):375–81. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6399461/>
50. Shafiei F, Fattah Z, Kiomarsi N, Dashti MH. Influence of Primers and Additional Resin Layer on Zirconia Repair Bond Strength. *Journal of Prosthodontics*. 2019;28(7):826–32. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/jopr.13011>
51. Valente F, Mavriqi L, Traini T. Effects of 10-MDP Based Primer on Shear Bond Strength between Zirconia and New Experimental Resin Cement. *Materials*. 2020;13(1):235. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma13010235>
52. Karami Zarandi P, Madani A, Bagheri H, Moslemion M. The Effect of Sandblasting and Coating of Zirconia by Nano Composites on Bond Strength of Zirconia to Resin Cements. *J Dent (Shiraz)*. 2020;21(1):63–8. Disponible en: <https://doi.org/10.30476/DENTJODS.2019.77789.0>

53. Shimoe S, Tanoue N, Satoda T, Murayama T, Nikawa H, Matsumura H. Evaluation of single liquid primers with organic sulfur compound for bonding between indirect composite material and silver-palladium-copper-gold alloy. *Dent Mater J.* 2010;29(1):25–9. Disponible en: <https://doi.org/10.4012/dmj.2009-039>
54. 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 UNESP.* 2020;49:1–9. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/1807-2577.02020>