

Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

Curso 2024-2025

**EFFECTO DEL LÁSER EN LA RESISTENCIA DE UNIÓN
SOBRE SUPERFICIE DE CIRCONA
VERSUS
ABRASIÓN CON PARTÍCULAS DE ALÚMINA.
REVISIÓN SISTEMÁTICA.**

Presentado por: [Alejandro Cleves Cuenca](#)

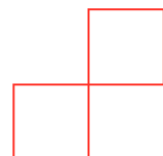
Tutor: [Carmen Parra Arenós](#)

Campus de Valencia

Paseo de la Alameda, 7

46010 Valencia

universidadeuropea.com



AGRADECIMIENTOS

Aprovecho esta gran oportunidad para agradecer y manifestar mi admiración a todas aquellas personas científicas, que con su conocimiento han hecho posible este trabajo de investigación.

A mi tutora, Dra. Carmen Parra Arenós, que ha contribuido con sus enriquecedoras recomendaciones y experiencia y sin descanso ha hecho posible que este trabajo de fin de grado sea útil en investigaciones futuras.

A mis padres, María Encarnación y Rubén que incondicionalmente me han apoyado para que continúe adelante en mi formación profesional.

A mi abuela Luz Alba y a mi tía Luz Marina que me infunden día a día el amor por la vida.

A mis amigos y compañeros de estudio agradezco su camaradería, tanto en las horas bajas como cuando me han brindado el máximo apoyo.

A mi Universidad Europea de Valencia, que sin descanso me ha brindado esta invaluable oportunidad académica y base de mi futuro profesional.

No puedo dejar u olvidar a todas aquellas personas que en algún momento me han animado a continuar con mi proyecto académico. Les agradeceré infinitamente esta oportunidad que personal y académicamente proyecta mi conocimiento en beneficio de la sociedad.

A todos ellos un agradecimiento de corazón.

ÍNDICE

1. LISTADO DE SÍMBOLOS Y SIGLAS.....	1
2. RESUMEN	4
3. ABSTRACT	6
4. PALABRAS CLAVES.....	8
5. INTRODUCCIÓN	10
5.1. Antecedentes	10
5.2. Estabilidad de las fases cristalográficas	10
5.3. Propiedades de la circona	11
5.3.1. Transformación martensítica	11
5.3.2. Propiedades biológicas	12
5.3.3. Propiedades ópticas.....	13
5.3.4. Propiedades mecánicas	14
5.4. Clasificación de la cerámica policristalina de circona	15
5.4.1. Cerámica policristalina de circona tetragonal estabilizada con itria (Y-TZP) ...	15
5.4.2. Circona policristalina parcialmente estabilizada (PSZ).....	16
5.4.3. Circona policristalina multicapa (M).....	17
5.4.4. Compuesto de circona con alúmina endurecida (ZTA) y circona endurecida con alúmina (ATZ).....	17
5.5. Fabricación de la circona	17
5.6. Tratamientos de superficie para mejorar la unión en circona: Láser versus abrasión con partículas de alúmina	18
5.6.1. Tratamiento de superficie con láser.....	21
5.6.2. Abrasión con partículas de alúmina	23
5.6.3. Cementación	24
5.6.4. Métodos de evaluación de la resistencia de unión, durabilidad adhesiva y de efectos en superficie de circona	25
6. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS	29
6.1. Justificación general	29
6.2. Justificación relacionada con ODS	30
6.3. Hipótesis.....	31
7. OBJETIVOS.....	33
8. MATERIAL Y MÉTODO	35
8.1. Identificación de la pregunta PICO	35
8.2. Criterios de elegibilidad	36
8.3. Fuentes de información y estrategia de búsqueda de datos	36

8.4. Proceso de selección de los estudios	38
8.5. Extracción de datos	38
8.6. Valoración de la calidad	40
8.7. Síntesis de datos	41
9. RESULTADOS	43
9.1. Selección de estudios. Flow chart.	43
9.2. Análisis de las características de los estudios revisados.	45
9.3. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo	47
9.4. Síntesis de resultados	47
10. DISCUSIÓN	52
11. CONCLUSIONES	61
12. BIBLIOGRAFÍA	63
13. ANEXOS	68

1. LISTADO DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

+	Regular, mayor
++	Buena
+++	Muy buena
++++	Ultra
-	Mal, menor
%	Porcentaje
(n=)	Número de muestras
µm	Micra
°C	Grados centígrados, temperatura Celsius
T→M	Fase tetragonal pasa a la fase monoclinica
D	distancia
Min	minuto
Mm	milímetro
P	presión
T	tiempo
10-MDP	10-metacriloxidecilfosfato dihidrogenado
Al ₂ O ₃	Óxido de alúmina
Agua dest.	Agua destilada
Almac. Agua	Almacenamiento en agua
APA	Abrasión de partículas en el aire
Bis-GMA	Metacrilato de Bisfenol A-Diglicidileter
CAD	Diseño asistido por ordenador
CAM	Fabricación asistida por ordenador
CeO ₂	Óxido de cerio
DE	Desviación estándar
EDM	Máquina de descarga eléctrica
<u>G-</u>	Grupo
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrógeno
HF	ácido fluorhídrico
IPA	Alcohol isopropílico
ISO	Organización Internacional de Normalización

LC	Revisor
LTD	Degradación a temperatura baja o envejecimiento hidrotermal
Láser CO ₂	Láser de dióxido de carbono
Láser Er,CR:YSGG	Láser de granate de itrio, escandio y galio con erbio y cromo
Láser Er: YAG	Láser de granate de itrio-aluminio dopado con erbio, Láser de erbio
Láser Nd: YAG	Láser granate de itrio y aluminio dopado con neodimio
Láser Nd: YVO ₄	Láser ultrarrápido de orto vanadato de itrio dopado con neodimio
Láser diodo GaAlAs	Láser de diodo Galio-Aluminio-Arsénico
MEB	Microscopio electrónico de barrido
MgO	Óxido de magnesio
MPa	Megapascuales
MPS	Agente de acoplamiento de silano metacriloxipropiltrimetosilano
N	Newton
NaClO	Hipoclorito de sodio
ODS	Objetivos de desarrollo sostenible
PRISMA	Elementos de informe preferidos para revisiones sistemáticas y metanálisis
PTT	Endurecimiento por transformación de fase
SBS	Resistencia de unión al cizallamiento <i>in vitro</i>
Según instruc.fab	Según las instrucciones del fabricante
TS	Tratamiento de superficie
T	Tetragonal
Y ₂ O ₃	Óxido de itrio, itria
ZrO ₂	Dióxido de circonio

2. RESUMEN

Introducción: La zircona se ha introducido con éxito en la odontología por sus altas propiedades mecánicas, estéticas y biocompatibilidad, pero por la falta de sílice y de fase vítrea en su microestructura, se requieren tratamientos de superficie para aumentar la rugosidad de la superficie de la zircona. El objetivo de la presente revisión es obtener una mayor resistencia de unión por la aplicación del tratamiento de superficie con láser sobre zircona que la abrasión con partículas de alúmina; evaluar los efectos en la superficie de la zircona y durabilidad relacionada con la resistencia de unión.

Material y método: Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos electrónicas PubMed / Medline, Scopus y Web of Science para realizar una búsqueda de artículos indexados sobre muestras de zircona que recibiesen tratamiento de superficie con láser respecto a la abrasión con partículas de alúmina, publicados hasta diciembre de 2024.

Resultados: De 151 artículos obtenidos por búsqueda electrónica, 9 estudios *in vitro* cumplieron con los criterios de inclusión. Dichos estudios mostraron, que la resistencia de unión entre zircona y resina compuesta fue de 118,5 MPa para el grupo de tratamiento de superficie con láser y de 147,71 MPa para el granallado con alúmina. En cuanto al efecto en superficie por tipos de falla, el texturizado con láser obtuvo un 52,41% de falla cohesiva frente al 52,74% de falla adhesiva del grupo de granallado con alúmina. No hubo diferencias significativas entre el grupo de láser termociclado y el no tratado con termociclado.

Conclusión: A pesar de las limitaciones, el tratamiento de superficie con láser obtuvo una menor resistencia de unión respecto al granallado con partículas de alúmina. En el análisis de efecto en superficie de zircona, se registraron fallas cohesivas para el grupo del láser. El grupo de láser termociclado obtuvo una mayor resistencia de unión no significativa respecto al grupo de láser sin termociclado.

3. ABSTRACT

Introduction: Zirconia has been successfully introduced into dentistry due to its high mechanical aesthetic and biocompatibility properties, but due to the lack of silica in its microstructure, surface treatments are required to increase zirconia's surface roughness. The objective of this review is to achieve higher bond strength by applying laser surface treatment to zirconia than abrasion with alumina particles; to evaluate the effects on the zirconia surface and the durability related with bond strength.

Material and methods: A bibliographic review was conducted in the electronic databases PubMed / Medline, Scopus and Web of Science to search for indexed articles on various zirconia samples that had received laser surface treatment with respect to alumina particle abrasion, published until December 2024.

Results: Of a total of 151 articles obtained through electronic search, 9 *in vitro* studies met the inclusion criteria. These studies showed that the bond strength between zirconia and composite resin was 118.5 MPa for the laser surface treatment group and 147.71 MPa for the alumina shot blasting group. Regarding the surface effect based on failure type, laser texturing obtained a 52.41% cohesive failure compared to 52.74% adhesive failure for the alumina shot blasting group. There were no significant differences between the laser-thermocycled and non-thermocycled groups in durability-related outcomes.

Conclusions: Despite the limitations, laser surface treatment achieved lower bond strength than shot peening with alumina particles. In the analysis of the effect on the zirconia surface, cohesive failures were recorded for the laser group. The thermocycling laser group achieved a non-significantly higher bond strength compared to the non-thermocycling laser group.

4. PALABRAS CLAVES

- I. Zirconium
- II. Zirconia
- III. zirconia types
- IV. 3Y-TZP
- V. 4Y-PSZ
- VI. Zirconia samples
- VII. Laser
- VIII. Lasers
- IX. Laser types
- X. Laser application
- XI. Laser irradiation
- XII. Laser texturing
- XIII. Laser surface treatment
- XIV. Laser treatment
- XV. Irradiation surface
- XVI. Aluminum oxide
- XVII. Alumina
- XVIII. Alumina sandblasting
- XIX. Alumina abrasión
- XX. Sandblasting
- XXI. Bond strength
- XXII. Thermocycling

5. INTRODUCCIÓN

5.1. Antecedentes

Las cerámicas de zircona sin metal tienen un amplio campo de aplicaciones desde restauraciones simples a estructuras complejas soportadas por implantes en odontología restauradora y protésica por razones estéticas y biológicas (1, 2). Inicialmente, este material se utilizaba solamente para estructuras totalmente cerámicas y con la introducción de la zircona translúcida de mejores propiedades estéticas permitió la realización de productos protésicos monolíticos (3). El nombre de circonio proviene del origen árabe y persa, “zargón”, que significa “color dorado”. El óxido de circonio (ZrO_2), fue descubierto por primera vez en 1789, por el químico Martin Heinrich Klaproth (1).

El circonio es un mineral blando, plateado, llamado zircón, que desde la antigüedad ha sido considerado piedra preciosa (4).

En 1824, Berzelius aisló el metal en estado impuro por primera vez (4).

En 1969, se utilizó para fines ortopédicos (4).

En 1975, Gracie y col. propuso un prototipo de propiedades mecánicas del denominado “oro blanco” (4).

A finales de 1990, se lanzó la primera cofia Zir fabricada con CAD/CAM. El primer producto popular fue Nobel Procera Zir (4).

En 2015, Gracias y col. propusieron una clasificación para las cerámicas restauradoras (5).

5.2. Estabilidad de las fases cristalográficas

El óxido de circonio o zircona se clasificó como material cerámico policristalino (5).

La zircona pura se caracteriza por su polimorfismo determinado por la disposición geométrica de átomos. Forman tres estructuras cristalinas

dependientes de los rangos de temperatura, que se pueden dividir en tres fases cristalográficas: monoclinica, tetragonal y cúbica (1, 2, 6, 7). Cada estructura tiene diferentes formas de prismas, rangos de temperatura estable y comportamientos ópticos y mecánicos (7). A temperatura ambiente hasta 1.170 °C, se encuentra en fase monoclinica. Entre 1.170 °C y 2.370 °C, se forma la circona tetragonal, mientras la cúbica se da por encima de 2.370 °C hasta el punto de fusión de 2.716 °C (1). En la Tabla 1, se presenta la estabilidad de las fases, sus características físicas, su rango de estabilidad térmica y sus propiedades mecánicas (1, 4).

5.3. Propiedades de la circona

5.3.1. Transformación martensítica

Según, los cambios de temperatura, se pasa de una fase a otra. A baja temperatura, la fase tetragonal pasa a la monoclinica (T→M), conocida como fase martensítica (6).

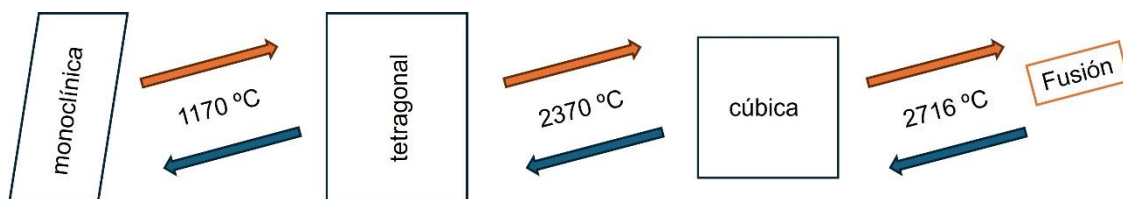


Fig. 1. Transformación de las formas de la circona según la temperatura.

La transformación de fase tetragonal a monoclinica está relacionada con dos tipos de cambios:

- Degradación a temperatura baja (LTD) o envejecimiento hidrotermal: Es un cambio espontáneo e irreversible de la fase tetragonal a la monoclinica que ocurre a temperatura ambiente (1). También, puede ocurrir de forma gradual. Es un fenómeno relacionado con muchos factores: temperatura, defectos de superficie, dimensión del cristal, humedad y tensión mecánica. Los dos últimos factores son las causas comunes del envejecimiento de la circona. La LTD causa el empeoramiento

de las propiedades mecánicas de la circonita, contribuyendo a la aparición de microfisuras (6).

- Endurecimiento por transformación de fase (PTT): se produce un aumento del 3 al 4 por ciento en el volumen de la cerámica de circonita, que provoca una fuerza de compresión alrededor de la grieta, que reduce o detiene la propagación de grietas o microfisuras (8). Este fenómeno puede estar influenciado por variables: el contenido del grano, la cantidad de estabilizador o aditivo, las tensiones residuales y los defectos de fabricación sinterización (4). La PTT se puede reducir mediante el uso de granos más pequeños con una distribución uniforme de itria y un uso adecuado de aditivos de sinterización (4). La adición de óxidos estabilizadores (MgO , CeO_2 y Y_2O_3) asegura la estabilización y forma cristalina tetragonal de la circonita a temperatura ambiente y mantiene sus propiedades mecánicas más altas. Se ha descubierto que la circonita exhibe sus máximas propiedades en su estructura tetragonal, representadas en una alta resistencia a la flexión que supera los 900 MPa (9). La itria (Y_2O_3) es el estabilizador más exitoso de los utilizados para brindar una combinación de alta resistencia y tenacidad. En consecuencia, el 3Y-TZP con una concentración de 3 mol. % se ha convertido en la cerámica dental estándar para restauraciones protésicas. En fase cúbica, la circonita no sufre transformación, por tanto, es menos vulnerable al envejecimiento (4).

5.3.2. Propiedades biológicas

Numerosos estudios en animales y humanos concluyen que la circonita es un material biocompatible y ninguno registró citotoxicidad ni mutaciones en el genoma humano (1, 2).

Se descubrió que la circonita muestra una menor adhesión bacteriana y una menor formación de biopelículas en comparación con el

titanio. Además, es resistente a los ataques erosivos de los ácidos en la boca (2).

Se ha estudiado la humectabilidad del óxido de zirconio. Las gotas de agua pueden humedecer la superficie de la circona hidrófila (2).

5.3.3. Propiedades ópticas

Se han desarrollado diferentes tipos de material de zircona en relación con sus características ópticas, siendo muy importante valorar su translucidez.

Existen factores influyentes en las propiedades ópticas de la circona odontológica. Comprender los siguientes factores ayuda a elegir el tipo de circona adecuado según la condición clínica (10).

- Agregar más contenido de itria a la composición de la circona para estabilizarla, resultando una fase cúbica aumentada y una translucidez mejorada. La resistencia a la flexión se reduce entre un 40 a 50% de la circona translúcida en comparación con 3Y-TZP, por las pocas fases tetragonales (7).
- La temperatura y proceso de sinterización elevada mejora la translucidez. La sinterización rápida conduce a un aumento en el tamaño de grano y formación de poros, lo que disminuye la translucidez. La sinterización que requiere más tiempo en su elaboración disminuye la porosidad y mejora la translucidez. La alta dureza de la circona sinterizada puede afectar a las propiedades mecánicas de la circona (aparición de grietas). La circona pre-sinterizada (estado verde), mediante prensado en frío, mejora la transmisión de la luz a través del óxido de circonio monolítico y crea un tono más natural (10).
- La microestructura (tamaño de grano y poros). Un método más exitoso para lograr una circona más translúcida consiste en reducir el tamaño del grano. Al aumentar el tamaño del grano, disminuye la translucidez (4).

- La coloración de restauraciones monolíticas de zircona se logra utilizando bloques precoloreados, cepillando restauraciones de zircona blancas o sumergiéndolas en colorantes: cloruro férrico, cloruro de magnesio y cloruro de cerio. El efecto de coloración o una pulverización puede alterar la zircona translúcida monolítica (4).

5.3.4. Propiedades mecánicas

La zircona es un biomaterial ampliamente utilizado en odontología por sus buenas propiedades mecánicas (2). Las propiedades mecánicas: la dureza, la resistencia a la flexión, la tenacidad a la fractura y la resistencia biaxial determinan el rendimiento mecánico de la zircona (9). La dureza y la resistencia a la flexión de la zircona son extremadamente superiores a otros materiales de restauración (2). La zircona de baja translucidez, como la zircona tetragonal de itria (Y-TZP), incluyendo la monolítica fabricada con CAD/CAM (4), generalmente, tiene propiedades mecánicas superiores a la zircona de alta translucidez. Se ha descubierto que la zircona exhibe sus propiedades mecánicas más altas en su estructura tetragonal, representadas en una resistencia a la flexión que supera los 900 a 1200 MPa y una tenacidad a la fractura de 5,5 a 19 MPa m^{1/2} (9, 11). Al aumentar la fase cúbica para mejorar la translucidez perjudica la resistencia del material, como 5Y-TZP, que no debe usarse en restauraciones posteriores de más de tres unidades. La zircona cúbica completamente estabilizada se sugiere para aplicaciones que soporten menos estrés (4). Para estabilizarla, se agrega itria a su contenido (10).

La tenacidad a la fractura mide la resistencia del material a la propagación de grietas, por lo que podría verse afectada por la magnitud de las fallas o grietas superficiales que son causadas por la degradación a baja temperatura o envejecimiento y por diferentes tratamientos superficiales (1, 9).

La zircona convencional tiene mayor resistencia biaxial que la monolítica de alta translucidez, por lo que se debe realizar una adecuada

selección de la circona para la planificación y confección de coronas o restauraciones indirectas, según las prioridades de estética o resistencia (2).

5.4. Clasificación de la cerámica policristalina de circona

Las clasificaciones anteriores de circona se realizaron según los tipos de policristalino (2). Se han propuesto diferentes sistemas para clasificar la circona. Unos basados en “generaciones de circona”, determinadas por modificaciones en la composición que afectan a las propiedades mecánicas y ópticas. Esta clasificación es útil para la comprensión de su evolución temporal, aunque puede confundir por la cantidad de generaciones. Otras clasificaciones se basan en los nuevos desarrollos de la cerámica policristalina (7).

5.4.1. Cerámica policristalina de circona tetragonal estabilizada con itria (Y-TZP)

Este tipo de circona, a su vez se divide en otros grupos, según el contenido de itria (2).

La primera generación, introducida en 1990, fue la circona de policristal tetragonal monolítica (3Y-TZPHA). Se introdujo como alternativa a la cerámica metálica debido a sus cualidades mecánicas superiores (una resistencia a la flexión, aproximadamente, de 900 a 1200 MPa) y a su color blanco (7, 10). Esta circona contiene 3 % en moles de itria y entre 0,25 y 0,5 % de alúmina, pero tiene una translucidez insuficiente y de gran opacidad. Debido a su birrefringencia natural de circona no cúbica, la luz se dispersa por el tamaño del grano y los poros. Está indicada como base para coronas revestidas de porcelana y prótesis dentales fijas en la región posterior (1). En la Tabla 2, se muestran las generaciones de Y-TZP, sus características ópticas, mecánicas e indicaciones clínicas (1, 2, 4, 7, 10).

La segunda generación de circona tetragonal estabilizada monolítica (3Y-TZP LA) se caracterizó por la reducción del contenido de alúmina a 0,05 % en peso y por el aumento de temperatura de

sinterización. Así, se redujo el tamaño del grano y la porosidad, lográndose mayor translucidez y alta resistencia (1). Pero no se lograron niveles estéticos que compitiesen con las cerámicas de matriz de vidrio, debido a la opacidad de los cristales birrefringentes y la dispersión de la luz dentro del material (7). Por razones estéticas, se utiliza para coronas unitarias y puentes de gran envergadura (1).

Posteriormente, se aumentó el contenido en itria. 4Y-TZP, 5Y-TZP, 6Y-TZP. A mayor cantidad de itria, aumenta la propiedad óptica y disminuye la resistencia (2).

5.4.2. Circona policristalina parcialmente estabilizada (PSZ)

En un esfuerzo por mejorar más la translucidez, se introdujeron generaciones de circona, en las que se aumentó el contenido en itria hasta 4 mol %, 5mol %, o 6 mol %. Contienen una fase tetragonal y fase cúbica. Sin embargo, la translucidez y la tenacidad se redujeron, por lo que sus indicaciones se limitan a coronas y carillas anteriores (6).

En 2011, se produjo una circona parcialmente estabilizada con 3 % de itria monolítica (3-PSZ). De más resistencia, pero no satisface las mayores demandas estéticas (10).

En 2014, se dio a conocer una tercera generación parcialmente estabilizada con 5% de itria (5Y-PSZ) (10).

En 2018, se desarrolló una cuarta generación (4Y-PSZ) de alta translucidez (10).

Debido a su alto contenido de itria y fase cúbica, 4Y y 5Y-PSZ se han agrupado dentro de la misma familia “ultra-translúcida”, aunque 4Y-PSZ consta de propiedades mecánicas superiores (10).

En la Tabla 3, se muestran las generaciones de PSZ, sus características ópticas, mecánicas e indicaciones clínicas (6, 10).

5.4.3. Circona policristalina multicapa (M)

En 2015, se creó la circona multicapa. Se introdujo mediante la adición de diferentes pigmentos para proporcionar tono graduado entre la porción cervical e incisal de la restauración y resaltando una mayor naturalidad (10).

Existen las siguientes variedades:

- Composición uniforme multicapa policromática (M3Y-PSZ): cambian en croma desde más oscuras en cervical a más claras en incisal, pero con la misma composición y opacidad (10).
- Composición policromática e híbrida: las capas varían en composición cromática y translucidez (10).

En la Tablas 4 y 5, se muestran las generaciones de circona multicapa (M), sus características ópticas, mecánicas e indicaciones clínicas (7, 10).

5.4.4. Compuesto de circona con alúmina endurecida (ZTA) y circona endurecida con alúmina (ATZ)

Debido a los problemas de estabilidad que 3Y-TZP presenta a temperatura ambiente, se ha propuesto la adición de partículas de circona a una matriz de alúmina (ZTA) y la adición de partículas de alúmina a una matriz de circona (ATZ). El ATZ exhibe una mayor tenacidad a la fractura, más resistencia a LTD y mejores propiedades mecánicas que ZTA (6, 7).

En la Tabla 6, se muestran las generaciones de ATZ y ZTA, sus características ópticas, mecánicas e indicaciones clínicas (7, 10).

5.5. Fabricación de la circona

El sistema InCeram Zir fue el primero en utilizarse en odontología protésica, basada en una técnica de colado por barbitona. Más tarde, se introdujeron los sistemas cerámicos basados en CAD/CAM (Computer-Aided Design) por Anderson y Oden en 1993, bajo el nombre de All-Ceram Procera. Es un sistema asistido por ordenador basado en dos métodos.

Para superar los inconvenientes de los sistemas de fundición, se ha introducido el mecanizado de fresado suave de piezas en bruto de circonita presinterizada (estado verde). Los bloques presinterizados parecen menos influenciados por el mecanizado y son más porosos (4). Por tanto, precisan menor desgaste de la máquina (10). Otro método es el mecanizado duro o fresado de circonita completamente sinterizada mediante prensado isostático en caliente entre 1.400 – 1.500 °C. La circonita sinterizada es más dura, requiriéndose más tiempo de fresado, un equipo de mecanizado potente y más compresión en la superficie externa del bloque, lo que permite que el bloque pase de la fase tetragonal a la monoclinica (4).

La sinterización mejora la dureza y la tenacidad a la fractura. Sin embargo, los tratamientos térmicos repetidos parecen afectar negativamente la resistencia a la fractura del material (4).

5.6. Tratamientos de superficie para mejorar la unión en circonita: Láser versus abrasión con partículas de alúmina

La odontología adhesiva ha revolucionado los resultados clínicos. Un factor crítico es la creación de una fuerte unión entre tres interfaces: la restauración cerámica, el cemento dental adhesivo y la estructura del diente (5).

Esta unión se conoce como “efecto monobloque”, que garantiza la estética, funcionalidad y durabilidad a largo plazo (5).

En las cerámicas a base de sílice, el método más comúnmente recomendado junto al ácido fluorhídrico (HF) es la aplicación de un agente de acoplamiento de silano, como metacriloxipropiltrimetosilano (MPS) para crear rugosidad en la superficie y aumentar la humectabilidad (5), (12).

Las cerámicas policristalinas son materiales inorgánicos, no metálicos que no contienen una fase vítrea (5, 13). La falta de sílice en la microestructura dificulta el grabado con ácidos y álcalis fuertes. Por tanto,

se ve comprometida la rugosidad de la superficie, que es esencial para la retención mecánica. Los hidroxilos de la superficie, que se forman mediante agentes de acoplamiento de silano para la unión química, tampoco son posibles debido a la ausencia de sílice (5).

En los últimos años, se han realizado innumerables investigaciones para lograr una unión predecible entre el diente y el zirconio. Sin embargo, todavía no se ha declarado un único método como el “estándar de oro” (12).

La falta de consenso sobre protocolos de adhesión en circona para restauraciones obliga a evaluar nuevos datos para unificar criterios y proporcionar información relevante para la práctica diaria y poder determinar un protocolo válido para la cementación adhesiva (14).

Se ha recomendado seguir el protocolo APC sugerido por Blatz y col. (5) de tres parámetros para hacer la circona más adhesiva:

- A: abrasión de partículas en el aire (APA),
- P: imprimación y
- C. cementación (5).

El éxito clínico de una restauración de circona depende en gran medida de la calidad y durabilidad de la unión entre la restauración y el cemento de resina. Una unión duradera requiere cambios en la superficie de circona para la retención mecánica y química (12).

La contaminación superficial tiene un efecto negativo sobre la adhesión. La prótesis de circona puede contaminarse durante las fases clínicas: sangre, saliva, materiales de impresión que pueden depositarse. La limpieza con H₂O₂, etanol o acetona, aplicación de ácido ortofosfórico, limpieza ultrasónica o tratamiento con plasma son ineficaces para eliminar la contaminación. La limpieza con soluciones de NaClO o con pasta de limpieza Ivoclean, (Ivoclar) parece una alternativa (5).

Para garantizar la unión del material de reparación a la subestructura de circona y la cementación de restauraciones protésicas,

es fundamental la aplicación de tratamientos de superficie. Estos tratamientos proporcionan rugosidad, humectabilidad y un área de superficie adecuada para los sistemas adhesivos y los cementos de matriz de resina en circona. Aumentar el área retentiva para el enclavamiento mecánico de los cementos de matriz de resina es el objetivo principal de la modificación de la superficie (6, 11, 15).

Las técnicas de tratamiento de superficies se clasifican en tres grupos (12):

- Existen diferentes tipos de técnicas mecánicas: por abrasión por aire (APA), láser, el recubrimiento cerámico, proyección de plasma, pulverización catódica por fusión, recubrimiento de nanoestructura por tubos de dióxido de titanio y mediante la máquina de descarga eléctrica (EDM) (12, 14). La abrasión con partículas de alúmina y el desbaste con fresas de diamante son los tratamientos de superficie más empleados en la reparación de circona intraoral (13, 15).
- Las técnicas químicas consisten en la aplicación de agentes de cementación y de imprimación, que contienen el monómero adhesivo MDP, que proporcionan una mejor resistencia de adhesión a la circona que otros sistemas. La adhesión entre 10-MPD y circona se produce mediante enlace iónico y de hidrógeno. La mayoría de los adhesivos universales contienen 10-MPD en diferentes concentraciones. La degradación hidrolítica de 10-MPD provoca una disminución de la adhesión con el tiempo (12, 14).
- Técnicas mecanoquímicas: consisten en la aplicación de métodos de acondicionamiento mecánico y químico (14). El tratamiento de abrasión con partículas de alúmina más la aplicación de MDP parecen métodos valiosos para una unión duradera con la circona. Un método de tratamiento de superficie adecuado y el uso de un primer basado en MDP determinará la calidad de la unión resina-circona (13).

Los métodos de acondicionamiento físicoquímicos tienden a aumentar los valores de resistencia de unión con los cementos a base de resina a la circona (12). Una adhesión segura garantiza resultados clínicos confiables, especialmente, cuando la retención depende principalmente de la adhesión química (16).

5.6.1. Tratamiento de superficie con láser

El uso del láser se presenta como método innovador y alternativo para asegurar la fuerza de unión de la circona al cemento y otro material (13, 17).

La texturización con láser se basa en el mismo principio que el arenado: obtener una superficie rugosa, aumentar la humectabilidad y la energía de la superficie para mejorar la adhesión micromecánica y química (4, 12). El efecto más importante es la transformación de la energía radiante en calor (efecto termomecánico). La absorción de energía por parte del material es la interacción más importante entre el material y el láser (17).

El tratamiento de superficie con láser tiene las siguientes ventajas:

- No hay contaminación superficial durante el procesamiento de la superficie porque el tratamiento láser es un proceso sin contacto.
- El procesamiento láser puede producir estructuras superficiales con patrones regulares. El láser de pulso ultracorto logra un patrón más regular de grabado, ya que la profundidad, el ancho y el patrón de la superficie se pueden preparar y administrar utilizando un mecanizado asistido por ordenador con un software designado (18).
- Los láseres ultrarrápidos se pueden aplicar a cualquier tipo de material, independientemente, de su dureza y resistencia mecánica (6).

El láser presenta inconvenientes:

- La circona es un aislante térmico y es más susceptible a los choques térmicos causados por los gradientes de alta temperatura generados por el láser, que pueden provocar la formación de grietas térmicas. Se demostró que el problema del agrietamiento es más severo. El daño a la superficie de la circona se puede minimizar o eliminar con el uso de un láser de pulso corto. Los láseres dentales de onda larga tienen potencia baja, por lo que su efectividad en la texturización es cuestionable (6).
- Debido a los diferentes tipos de láseres y parámetros usados, los resultados de los estudios varían con respecto a la resistencia de unión (13). No existe un protocolo estándar para los diferentes parámetros usados (19). Se observó una mayor rugosidad de la superficie al aumentar la potencia de salida y el tiempo de irradiación del láser, pero las intensidades mayores del láser no son adecuadas para el tratamiento como resultado del daño severo a la superficie de la circona y la transformación de fase, lo que causa cambios desfavorables en las propiedades mecánicas de circona. La selección de la potencia es importante (17).
- La texturización con láser puede provocar cambios locales en las propiedades del material, como una capa de refundición, refinamiento del grano, formación de microfisuras y tensiones residuales que podría influir en la estabilidad de la circona a largo plazo (6).

Los láseres de pulso ultracorto y corto, de mayor potencia (nanosegundos y microsegundos), en comparación con los de onda continua o de pulso largo (láseres dentales), pueden producir mejor rendimiento de las superficies en circona con geometría predecible y sin acumulación de residuos, ya que la ablación láser (eliminación del material) se basa en la gasificación directa del material (19), mientras que la ablación láser de pulso largo, con una potencia relativamente baja,

prácticamente, no se elimina material. En lugar de ello, la circona se somete a un proceso de fusión y resolidificación (6).

El daño térmico provocado en la superficie de la circona por el láser de pulso largo y potencia baja es mayor, ya que la duración del pulso es mayor y la longitud de onda es relativamente larga, en el rango infrarrojo. Es un láser destinado a fines quirúrgicos para una mejor absorción de tejido humano (5, 6).

El láser Er es menos efectivo que CO₂ y Nd para mejorar la resistencia de unión. Crea rugosidad a través de microexplosiones de consistencia y profundidad insuficiente, creando hoyos, poros y microfisuras (5).

El tratamiento de superficie con láser Nd:YAG en circona presinterizada mejoró la SBS de la circona al cemento (20).

En la Tabla 7, se presentan las características de los distintos tipos de láseres.

5.6.2. Abrasión con partículas de alúmina

El arenado o granallado con partículas de alúmina u óxido de aluminio (Al₂O₃) utiliza la energía liberada por el impacto de partículas de alúmina emitidas por una fuente de alta velocidad, utilizando diferentes tamaños de partícula, tiempo y presiones abrasivas (3). El granallado produce en la circona una superficie rugosa que mejora la unión adhesiva al aumentar la energía, humectabilidad y el área superficial (13).

En la mayoría de los estudios se ha encontrado que la adhesión con partículas de alúmina aumenta la unión del cemento de resina a la circona. Dos estudios recomendaron que esta técnica se puede utilizar como protocolo “estándar de oro” en los tratamientos de superficie (18). Se recomienda realizar el proceso de arenado utilizando partículas pequeñas de un diámetro entre 30 y 50 µm a una presión entre 0,5 y 2,5 bar durante una duración de al menos 20s. El chorro de arena debe

colocarse de 10 a 20 mm del objetivo y mantenerse en movimiento, para no crear defectos (1, 3).

El granallado con alúmina tiene unos inconvenientes:

- La tensión ejercida durante el arenado puede provocar grietas en la superficie e inducir más la transformación de fase tetragonal a monoclinica en la circona con el tiempo (13). Hay muchos estudios que concluyen que el triboquímico, que combina la interacción mecánica y química proporciona uniones más adecuadas (5).
- La aplicación del chorro de alúmina contamina la superficie de la circona (20).
- Produce patrones irregulares y no uniformes de rugosidad, creadas por el impacto de las partículas de alúmina afilada, además, variación en las profundidades de indentación en toda la superficie (18).

La abrasión por partículas de alúmina más cementos que contienen 10-MDP, mejoran la resistencia respecto a otros cementos autoadhesivos. Los resultados en estudios *in vitro* hay que interpretarlos con precaución. Se requieren ensayos clínicos controlados aleatorizados para evaluar a largo plazo las restauraciones de circona (16).

5.6.3. Cementación

Una fuerte unión de circona a la resina requiere una unión micromecánica y química. Por tanto, es necesario una superficie rugosa y una activación química (16).

Los monómeros funcionales son aquellos que presentan grupos reactivos en la cadena lateral cuyo propósito es sintetizar compuestos más complejos. Contienen al menos un grupo polimerizable y funcional. Existen varios tipos:

- 10-MDP (fosfato de 10-metacriloiloxydecil dihidrógeno),
- 4-META (anhídrido de trimelitato de 4-4-metacriloiloxietilo),

- 6-MHPA (fosfonoacetato de 6-metacriloiloxietilo),
- 3-TMSPMA (metacrilato de 3-(trimetoxisilil)propilo),
- MAC-10 (ácido 11-metacriloiloxi-1,1-undecanodicarboxílico) (1)

Como ya se ha citado, el 10-MDP es el monómero funcional más popular ya que proporciona una unión química confiable a largo plazo (16).

Los cementos de resina se pueden clasificar:

- Cemento autoadhesivo,
- Cemento que contiene 10-MPD,
- Cemento que contiene Bis GMA (5, 14).

Los cementos Bis GMA mostraron valores de adhesión más bajos, pero soportan mejor la degradación hidrolítica. Los que contienen 10-MDP demuestran una resistencia de adhesión y retención superior. Los auto adhesivos sin MDP precisan de un primer de circonio. Es importante cumplir las instrucciones del fabricante y que el primer y el cemento sean compatibles o de la misma marca (5).

5.6.4. Métodos de evaluación de la resistencia de unión, durabilidad adhesiva y de efectos en superficie de zircona

Los métodos de evaluación de la resistencia de unión de resina u otros materiales a zircona son (14):

- Cizallamiento. Es un método simple y confiable para averiguar la resistencia de unión entre dos materiales diferentes, especialmente cuando el área de la superficie tiene un promedio de 5 mm. El cizallamiento refleja mejor el comportamiento clínico que las pruebas de microtracción. Según normas ISO (International Organization for Standardization), para pruebas de materiales dentales, la interfaz entre dos materiales unidos debe someterse a cizallamiento a una velocidad transversal de 0,75 - 0,30 mm/min (11).

- Microtracción. Es un método más válido para probar la resistencia de unión entre dos materiales diferentes, en comparación con SBS (21).
- Microcorte. Esta prueba representa valores de resistencia de unión en un área menor (12).

Los métodos de evaluación de la durabilidad presentan un factor que afecta al rendimiento clínico de una restauración, que es el envejecimiento artificial. El envejecimiento artificial tiene gran influencia en la degradación de la adhesión de restauraciones de circona (13). Existen tres técnicas de valoración de la durabilidad:

- Almacenamiento en líquido a corto y a largo plazo (13). Este método permite evaluar la degradación hidrolítica. El líquido más utilizado es el agua destilada/desionizada. También, se emplean otras soluciones: esterasa, ácido acético, alcohol, saliva artificial y ácido fosfórico. Los estudios concluyeron que el almacenamiento en medio líquido redujo significativamente la resistencia de unión (14).
- Termociclado a diversas temperaturas y números de ciclos (13). Este método reproduce el envejecimiento hidrotermal. En los estudios de investigación, se observan grupos de muestras sometidos a una gran variedad de número de ciclos, que imposibilita la comparación de resultados. Por esta circunstancia, se opta por seguir la norma ISO 10477, que establece que el número mínimo es de 5000 ciclos. El termociclado disminuyó los valores de resistencia de unión debido al envejecimiento hidrotermal (14).
- La combinación de almacenamiento en líquido y termociclado permiten la evaluación de la degradación hidrolítica y el envejecimiento hidrotermal *in vitro* (12). Esta combinación puede ser la que causa mayor degradación en la interfaz, pero requiere mucho más tiempo para realizarse (14).

El método de evaluación del efecto en superficie de zircona consiste en examinar en cada muestra la superficie fracturada después del ensayo de resistencia, por ejemplo, por cizallamiento, utilizando microscopio electrónico de barrido (MEB) en las mismas condiciones que las del examen de las propiedades de la superficie. Se distinguen tres tipos de fallas (17, 21).

- falla adhesiva: entre el cemento y la zircona.
- falla cohesiva: del cemento o cerámica sin daño en la interfase
- falla mixta: involucra tanto la interfase como el material.

Los patrones de falla cohesiva y mixta son clínicamente preferibles a la falla adhesiva tanto en láser como en alúmina (17).

6. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

6.1. Justificación general

En las últimas décadas, las necesidades estéticas en odontología han llevado a la progresiva superación de las prótesis de metal-porcelana e introduciendo la cerámica sin metal (14).

Los materiales cerámicos de zircona se han introducido con éxito en la odontología debido a:

- su biocompatibilidad,
- alta resistencia mecánica,
- buena estabilidad química,
- alta tenacidad y
- apariencia natural (17).

A pesar de todos estos rasgos favorables, mencionados anteriormente, la zircona es una cerámica policristalina, inorgánica, no metálica, que no tiene fase vítrea. La falta de sílice en la microestructura dificulta el grabado con ácidos y álcalis fuertes. Por tanto, se ve comprometida la rugosidad de la superficie, que es esencial para la retención mecánica (5).

Se requieren métodos físicos: mecanizado, granallado y la texturización láser para la modificación de la superficie de la zircona (15, 19).

El método más común para la unión de la zircona a cementos de matriz de resina es el granallado o abrasión con partículas de alúmina (15, 19).

La abrasión con partículas de alúmina crea una superficie rugosa en la zircona que mejora la resistencia de unión, humectabilidad y aumenta el área de la superficie. Sin embargo, la tensión ejercida durante el arenado puede provocar grietas en la superficie e inducir la transformación de fase tetragonal a monoclínica (13).

Además, la aplicación del chorro de arenado de alúmina contamina la superficie de la circona (20).

La texturización láser ha revelado resultados prometedores en el aumento de la rugosidad y las características de la superficie en múltiples escalas (macro y micro) para la unión de cementos de matriz de resina, sobre todo, cuando se aplica con láseres ultracortos. La simplicidad, flexibilidad, precisión, reproductibilidad y el no contacto de esta técnica ha dado una ventaja al texturizado láser en comparación con otros métodos (19).

Debido a los diferentes tipos de láser y la inexistencia de un protocolo estándar para los diferentes parámetros usados, los investigadores realizan estudios *in vitro* sobre procedimientos que se puedan realizar con láser (6, 13, 19).

Esta revisión sistemática pretende dar información actualizada sobre los efectos del láser en la resistencia de unión en circona, así como de sus efectos en superficie de dicho material y de la durabilidad. Sin embargo, todavía falta investigación clínica a largo plazo para establecer pautas uniformes para la adhesión a restauraciones de circona de cobertura total y parcial (5).

Son necesarios más estudios para evaluar técnicas prometedoras de pretratamientos de superficie, así como ensayos clínicos para poder indicar un protocolo clínico con resultados predecibles. Además, debido al auge de la circona translúcida sería recomendable realizar una nueva revisión sistemática tratando de establecer un acondicionamiento superficial para la adhesión del cemento de resina y compararlo con la circona tradicional (14).

6.2. Justificación relacionada con ODS

El objetivo principal de la presente revisión sistemática es la obtención de una mayor resistencia de unión por la aplicación del tratamiento de superficie sobre circona con láser, relacionada con sus

efectos en superficie y durabilidad, respecto a la abrasión con partículas de alúmina.

Este objetivo cumple con el 3, 9 y 15 de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas (ODS). El 3 se basa en garantizar una vida saludable y acceso a la sanidad. El 9, fomentar la innovación tecnológica. El 15, combatir la pérdida de ecosistemas y su degradación.

La circona es un biomaterial, que ha superado en cuanto a sus aplicaciones y características a los materiales tradicionales de matriz de metal recubiertas con porcelana y a los implantes de titanio; por otro lado, el láser se presenta como una alternativa tecnológica frente a la abrasión con partículas de alúmina. Es conveniente que los tipos de circona, las propiedades de la circona y el funcionamiento del láser sean conocidos por dentistas y protésicos para su mejor aplicación, calidad sanitaria odontológica y comodidad al paciente. El uso del láser comparado con la abrasión con partículas de alúmina no contamina la superficie de la circona eliminando los restos de dicho material por ablación. Al no contaminar, esta tecnología promueve que los ecosistemas no se degraden.

6.3. Hipótesis

La hipótesis de trabajo del presente estudio considera que el tratamiento de superficie sobre circona con láser obtendrá una mayor resistencia de unión, relacionada con sus efectos en superficie y durabilidad, que la abrasión con partículas de alúmina, ya que la tensión ejercida durante el arenado podría provocar grietas en la superficie de circona.

7. OBJETIVOS

Objetivo principal

Obtener una mayor resistencia de unión por la aplicación de tratamiento de superficie con láser sobre circona que la abrasión con partículas de alúmina.

Objetivos secundarios

Evaluar los efectos en la superficie de circona relacionados con la resistencia de unión obtenida por la aplicación del tratamiento de superficie con láser.

Evaluar la durabilidad relacionada con la resistencia de unión obtenida por la aplicación del tratamiento de superficie de circona con láser.

8. MATERIAL Y MÉTODO

8.1. Identificación de la pregunta PICO

Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos electrónicas PubMed/Medline, Scopus y Web of Science para realizar una búsqueda de artículos indexados sobre muestras variadas de circona que hubiesen recibido tratamiento de superficie con láser respecto a la abrasión con partículas de alúmina, publicados hasta diciembre de 2024, para responder a la pregunta de investigación: En muestras de varios tipos de circona, ¿la aplicación del tratamiento de superficie con láser obtendrá una mayor resistencia de unión, relacionada con efectos en superficie y durabilidad que la abrasión con partículas de alúmina?

Esta pregunta se realizó siguiendo el formato de la estrategia PICO estructurada en:

PREGUNTA PICO		
P	(Población):	Muestras de varios tipos de circona.
I	(Intervención):	Tratamiento de superficie con láser.
C	(Comparación):	Abrasión con partículas de alúmina.
O	(Resultados):	
	O1	Resistencia de unión (SBS en MPa).
	O2	Efectos en superficie (tipos de falla en %).
	O3	Durabilidad (termociclado en número de ciclos y °C).

8.2. Criterios de elegibilidad

Los criterios de elegibilidad siguieron las directrices de la pregunta PICO y de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) (22).

Criterios de inclusión:

- **Tipo de estudios:** Se incluyeron estudios experimentales *in vitro* en idioma inglés, publicados desde 2019 a 2024.
- **Tipo de Población:** Muestras de varios tipos de circona unida a resina comuesta.
- **Tipo de intervención:** Tratamiento de superficie sobre circona con láser, relacionado con abrasión mediante partículas de alúmina.
- **Tipo de resultados:** Estudios que proporcionen resultados significativos mediante la aplicación de la resistencia de unión por cizallamiento (SBS en MPa) y apliquen la prueba de termociclado en número de ciclos y °C.

Criterios de exclusión

- Revisiones sistemáticas, estudios clínicos, informes de expertos y estudios *in vitro* en animales.
- Estudios que excluyan el tratamiento de superficie con láser y abrasión con partículas de alúmina sobre la superficie de circona.
- Estudios publicados fuera del periodo 2019 – 2024 y en idioma que no fuera inglés.
- Estudios relacionados con ortodoncia.
- Estudios en los que apareciese información confusa sobre resultados.

8.3. Fuentes de información y estrategia de búsqueda de datos

Se realizó una búsqueda de datos automatizada de artículos publicados desde 2019 hasta diciembre de 2024 en idioma inglés en las bases de datos: PubMed/Medline, Scopus y Web of Science utilizando las

palabras clave zirconium, zirconia, zirconia types, 3Y-TZP, 4Y-PSZ, zirconia samples, lasers laser*, laser types, laser application, laser irradiation, laser texturing, laser surface treatment, laser treatment, irradiation surface, aluminum oxide, alumina, alumina sandblasting, alumina abrasion, sandblasting, bond strength, thermocycl*. Las palabras claves fueron combinadas con los operadores booleanos AND, OR y NOT, así como con términos descriptores (MeSH) para PubMed-Medline para obtener mejores y más amplios resultados de búsqueda.

La búsqueda en PubMed/Medline fue: (("zirconium"[Mesh] OR zirconia OR zirconia types OR 3Y-TZP OR 4Y-PSZ) OR zirconia samples) AND (("lasers"[Mesh] OR laser* OR laser types) OR (laser application OR laser irradiation OR laser texturing) OR (laser surface treatment OR laser treatment OR irradiation surface)) AND ("aluminum oxide"[Mesh] OR alumina) OR (alumina sandblasting OR alumina abrasion OR sandblasting) AND (bond strength AND thermocycl*) AND ((y_5[Filter]) AND (english[Filter])).

La búsqueda en Scopus fue: (TITLE-ABS-KEY ((("zirconium" OR "zirconia" OR "zirconia types" OR "3Y-TZP" OR "4Y-PSZ" OR "zirconia samples"))) AND TITLE-ABS-KEY ((("laser*" OR "laser types") OR ("laser application" OR "laser irradiation" OR "laser texturing") OR ("laser surface treatment" OR "laser treatment" OR "irradiation surface"))) AND TITLE-ABS-KEY ((("Aluminum Oxide" OR "alumina" OR "alumina particles") OR ("alumina sandblasting" OR "alumina abrasion" OR "sandblasting"))) AND TITLE-ABS-KEY ("bond strength") AND TITLE-ABS-KEY ("thermocycl*")) AND PUBYEAR > 2018 AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")).

La búsqueda en Web of Science fue: ("zirconium" OR "zirconia" OR "zirconia types" OR "3Y-TZP" OR "4Y-PSZ" OR "zirconia samples") (All Fields) and (("laser*" OR "laser types") OR ("laser application" OR "laser irradiation" OR "laser texturing") OR ("laser surface treatment" OR "laser treatment" OR "irradiation surface")) (All Fields) and (("Aluminum Oxide" OR "alumina" OR "alumina particles") OR

("alumina sandblasting" OR "alumina abrasion" OR "sandblasting")) (All Fields) and "bond strength" (All Fields) and "thermocycl*" (All Fields) and English (Languages). Publication Date Last 5 years.

A continuación, se realizó una búsqueda manual en las referencias bibliográficas de los estudios indexados en las bases de datos con el fin de identificar algún estudio elegible y omitido.

8.4. Proceso de selección de los estudios

Los artículos potenciales obtenidos se incluyeron en el administrador de citas Mendeley para eliminar los duplicados. Después fueron sometidos a un proceso de selección o cribado en tres etapas por un revisor (LC).

En la primera etapa, se eliminaron estudios irrelevantes por título.

En la segunda etapa, se realizó un cribado por tipos de estudios, intervención y variables para eliminar los estudios irrelevantes.

La tercera etapa, se basó en el cribado de artículos de texto completo. Se eliminaron por las razones expuestas en la Tabla 8.

8.5. Extracción de datos

Se utilizó una hoja estandarizada para extraer datos de interés de los artículos elegidos. Estos datos corresponden a:

- autor, año y revista de publicación del estudio,
- tipo de estudio *in vitro*,
- tipo de circona.
- tamaño y número de la muestra,
- grupo control,
- tipos de tratamiento de superficie: granallado y láser,
- materiales de cementación,

- resistencia de unión: SBS media $\pm$ desviación estándar (DE),
- efectos de superficie: tipos de falla y medios de observación
- durabilidad (termociclado).

A continuación, se exponen las variables resultado:

Variable principal

La resistencia de unión promedio en MPa entre los distintos tratamientos de superficie se obtiene por aplicación de una fuerza o carga cortante de cizallamiento (N) a las muestras en un área-superficie de unión (mm^2). En abreviatura, la resistencia de unión y la desviación estándar se expresan como SBS $\pm$ DE.

Variables secundarias

- Para determinar los efectos en superficie, se examina la superficie fracturada o fallas, originadas después de la prueba de resistencia de unión por cizallamiento, utilizando como medio de observación generalmente, microscopia electrónica de barrido (MEB), y en casos más excepcionales se utilizó estereomicroscopio y como complemento una lupa óptica.

Las fallas se expresan en porcentajes (%). Los tipos de fallas se clasificaron en:

- falla adhesiva en la interfaz de circonio-cemento;
 - falla cohesiva en el cemento o circona sin daño en la interfaz
 - falla mixta es una mezcla de las dos anteriores.
-
- La durabilidad evalúa a lo largo del tiempo, cómo se comporta la resistencia de unión de la circona a los materiales adheridos bajo diferentes condiciones (tratamientos de superficie, ciclos térmicos, humedad). La prueba, que se ha utilizado en los estudios seleccionados para evaluar la durabilidad, es el envejecimiento artificial mediante el método de termociclado. El termociclado consiste en la inmersión en agua y cambios de

temperatura para simular las condiciones orales. Por tanto, se evalúa el efecto del termociclado en la resistencia de unión entre circona y materiales de adhesión. Los 10.000 termociclos corresponden a un año en el entorno oral. El termociclado se expresa en un número determinado de ciclos a una temperatura en grados centígrados, generalmente de 5 a 55 °C.

8.6. Valoración de la calidad

La calidad metodológica se evaluó por un examinador. La calidad metodológica de los estudios *in vitro* incluidos se evaluó utilizando las directrices de la lista de modificación de Arrive y Consort. El riesgo de sesgo de cada estudio se evaluó acuerdo con los siguientes parámetros:

- estructura-resumen con descripción de objetivos, material y métodos, resultado y conclusión.
- aleatorización de la muestra,
- pérdida de especímenes
- tamaño de la muestra,
- protocolo de un solo operador,
- cegamiento del operador de la máquina de pruebas,
- seguimiento de las instrucciones del fabricante,
- presencia de grupo control y
- presencia de grupos experimentales
- precisión del análisis estadístico.

Se asignó cero puntos si el artículo informaba claramente sobre el parámetro. Se asignó un punto si la información era poco clara o insuficiente. Se asignó dos puntos si la información no constaba en el artículo. El riesgo de sesgo de cada artículo individual se categorizó en función de un total de puntos: de 0 a 3 (calidad alta / bajo riesgo de sesgo); de 4 a 7 (calidad media / riesgo de sesgo moderado); de 8 a 11 (calidad baja / alto riesgo).

8.7. Síntesis de datos

Con la finalidad de comparar y resumir los valores de las variables resultado entre diferentes estudios, los valores medios se agruparon según el tratamiento de superficie.

Se optó por el cálculo estadístico de la media ponderada, debido a que los valores medios eran determinados por variables de diferente impacto en los resultados finales. Dichas variables son: gran diversidad de muestras, mecanismos con diversidad de parámetros tanto para el funcionamiento del láser como para la abrasión con partículas de alúmina, termociclado de diferentes números de ciclos, distintos tipos materiales adheridos a la circona.

La característica de peso para el cálculo de la media ponderada de la resistencia de unión fue la desviación estándar.

La característica de peso de la media ponderada para la segunda variable, efectos en superficie de la circona, fue el porcentaje de incidencia del tipo de falla a evaluar o expresado también, como la severidad del daño en la superficie tras el cizallamiento, teniendo en cuenta el tratamiento de superficie aplicado.

Para el cálculo de la media ponderada de la variable durabilidad, se tuvieron en cuenta aquellos estudios en los que se comparasen valores de la resistencia de unión sin ser sometidos y sometidos a termociclado, entre 4000 - 20000 ciclos y de 4 a 60°C.

Para la durabilidad, como en el caso de la variable principal, la media ponderada se evaluó con la característica de peso, la desviación estándar.

Un metaanálisis no se pudo realizar por el gran tamaño y variedad de la muestra y números parámetros utilizados en los mecanismos de los láseres y del grabado mediante partículas de alúmina, por lo que los resultados se enfocaron hacia un estudio descriptivo de las variables.

9. RESULTADOS

9.1. Selección de estudios. Flow chart.

Se obtuvieron un total de 151 artículos del proceso de búsqueda inicial: PubMed/Medline (n=119), Scopus (n=22), y la Web of Science (n=10). De la búsqueda manual no se obtuvieron resultados.

De estas publicaciones, 26 se identificaron como artículos potencialmente elegibles mediante cribado de títulos y resúmenes. Los artículos de texto completo se obtuvieron y fueron leídos detenidamente. Como resultado, 9 artículos cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incluidos en la presente revisión sistemática (Fig.2). La información relacionada con los artículos excluidos (11, 13, 17, 19, 21, 23 - 29) y razones de su exclusión se representa en la Tabla 8.

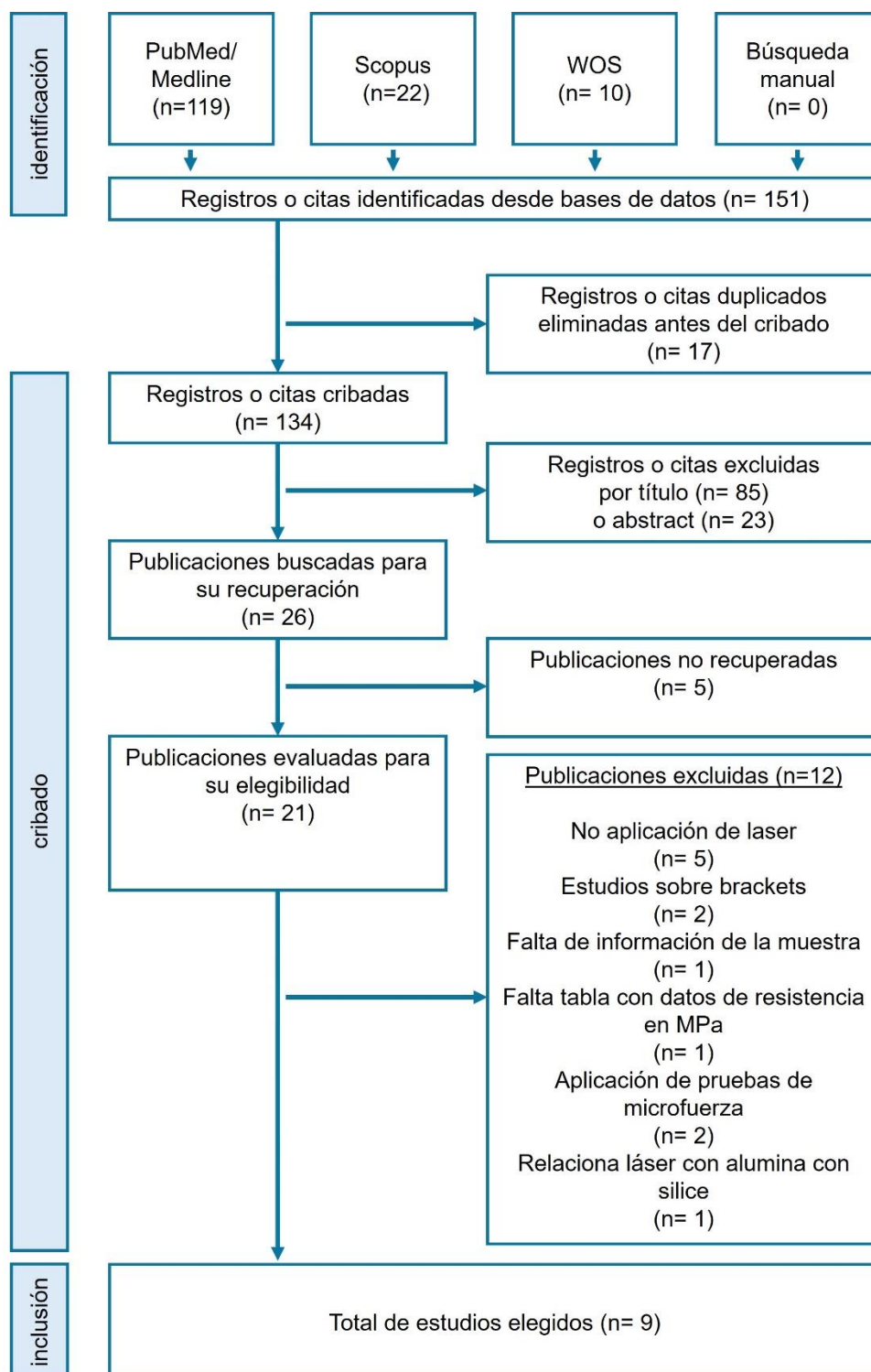


Fig. 2.Diagrama de flujo PRISMA: Representación de la estrategia de búsqueda bibliográfica

9.2. Análisis de las características de los estudios revisados.

En esta revisión se incluyen un total de nueve estudios elegidos y revisados (8, 18, 30 - 36) (Tabla 9).

Todos los artículos son estudios *in vitro*. Siete artículos (8, 18, 30, 31, 34 – 36) especifican que la muestra es aleatorizada por la forma de distribución al azar de los grupos que la conforman. En dos artículos (32, 33) no se especifica que la muestra sea aleatorizada.

La muestra se compone de un total de 1.627 especímenes. Es una muestra de gran tamaño y de muy variada tipología de circona. La circona más frecuente es la policristalina tetragonal estabilizada con itria, seguida de la multicapa (30 - 32, 34, 36). En tres estudios (8, 33, 35) no se define el tipo de circona según su microestructura.

El proceso de preparación de las muestras fue muy parecido en todos los estudios: todas las muestras han sido sinterizadas, pulidas, y limpiadas con ultrasonido, imprimadas, conformadas en discos, almacenadas en agua destilada, siguiendo las instrucciones del fabricante. Todo este proceso de preparación está recogido en la figura 3. Al ser un proceso de preparación sin variaciones importantes implica que las muestras sean estandarizadas, aunque presenten variación en cuanto al tamaño. Este proceso de preparación y la estandarización de las muestras facilitan que se puedan comparar los datos aportados para la obtención de resultados.

El grupo control no se incluye en dos estudios (30, 33), en cambio, los grupos experimentales aparecen en todos los estudios. Los grupos experimentales se comparan siguiendo los objetivos marcados en esta revisión sistemática. Los estudios se han organizado en las tablas descripción de resultados según los tratamientos de superficie realizados: grabado láser, granallado y sin tratamiento de superficie (grupo control). Los láseres más utilizados son: Nd: YAG, Nd: YVO4 y Er: YAG (18, 30, 31, 34, 36).

Todos los estudios detallan la resistencia de unión promedio (SBS) en megapascuales (MPa), obtenida por cizallamiento, siendo un criterio de inclusión que deben cumplir todos los estudios.

Como resultado de la aplicación de los tratamientos de superficie y el cizallamiento se han obtenido unos efectos en la superficie de la circona que se basan en los tipos de fallas. Los tipos de fallas se expresan en porcentajes (%).

En cuatro estudios (18, 32, 33, 35) no se ha especificado la distribución de los tipos de fallas.

Como medio de observación más utilizado de los tipos de fallas en la superficie de la circona es el microscopio electrónico de barrido (MEB) (8, 18, 30, 34, 36).

La variable durabilidad se basa en la prueba de envejecimiento artificial mediante termociclado. En todos los estudios, esta prueba se realizó antes que el cizallamiento.

Todos los estudios describen el número de ciclos y la temperatura en grados centígrados. El mínimo número de ciclos es de 1.000 (33) y el máximo de 20.000 ciclos (30, 34).

Excepto, dos artículos (31, 34), en los demás, las muestras se sometieron a un termociclado entre 5 – 55 °C, siguiendo las recomendaciones ISO.

Solo, en tres estudios (30, 33, 35) se evaluó y comparó la durabilidad en términos de resistencia de unión sometiendo unos grupos de muestra a termociclado y otros no. En el resto de los estudios, también, se realizó la prueba del termociclado, pero no incluyeron datos de resistencia promedio sin termociclado, por lo que resulta inviable comparar y evaluar cómo esta prueba degrada la resistencia de unión. En la Tabla 10, se describen las características de los estudios revisados.

9.3. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

La calidad metodológica de los estudios elegidos se evaluó por medio de la lista modificada de Arrive y Consort, utilizada para valorar el riesgo de sesgo de los tipos de estudio *in vitro*, como son los que conforman la presente revisión.

De los nueve estudios revisados, dos estudios (35, 36) presentan riesgo de sesgo bajo y calidad metodológica alta. Tres estudios (8, 18, 30) están clasificados como riesgo de sesgo moderado y calidad metodológica media. Cuatro estudios (31 – 34) presentan riesgo de sesgo alto y calidad metodológica baja.

En la Tabla 11, se describe el riesgo de sesgo y calidad metodológica de cada uno de los estudios.

En cuanto al riesgo de sesgo de los parámetros, destacan en riesgo de sesgo bajo; tamaño de la muestra, instrucciones del fabricante y grupo experimental. De riesgo moderado, es el parámetro análisis estadístico. Cegamiento del operador y operador único son parámetros de alto riesgo de sesgo.

En la Figura 4 se representa gráficamente el riesgo de sesgo de cada uno de los parámetros analizados.

9.4. Síntesis de resultados

9.4.1. Resistencia de unión

En relación con el tratamiento de superficie con láser, 9 estudios proporcionaron datos sobre la resistencia de unión (SBS) en MPa (8, 18, 30 - 36). El total SBS fue de 118,58 MPa con un rango de 4,47 MPa (33) a 34,4 MPa (31). El valor medio mayor fue de 34,4 MPa correspondiente a un artículo, que atribuyó la ganancia SBS al mecanizado de microrranuras y hendiduras de profundidad entre 50 – 100 μm realizadas con láser a circona Y-TZP y Ce-TZP/A unida a resinas termocicladas a 20.000 ciclos, entre 4 – 60 °C (31).

En el grabado con partículas de alúmina, 9 estudios proporcionaron datos sobre el aumento de resistencia de unión en MPa, además de ofrecer información sobre la imprimación de ser muestras con MDP (8, 18, 30 - 36). El total SBS fue de 147,71 MPa con un rango de 4,61 MPa (35) a 48,9 MPa (8). El valor promedio mayor de 48,9 MPa se asocia a un artículo, que combina el arenado de alúmina con imprimación en muestras termocicladas a 5.000 ciclos, entre 5 – 55 °C.

Respecto al grupo sin tratamiento o control, 7 artículos proporcionaron resultados de resistencia de unión (8, 18, 30, 32, 34 - 36). El total SBS fue de 35,53 MPa con un rango de 2,32 MPa (18) a 15,65 MPa (36). El promedio superior fue de 15,65 MPa (36). El grupo sin tratamiento de superficie obtuvo un total SBS inferior, respecto al granallado con alúmina y al láser.

El total SBS significativamente superior fue para la abrasión con partículas de alúmina. El total SBS del grupo del láser fue inferior respecto al granallado con alúmina. El total SBS significativamente inferior correspondió al grupo sin tratamiento de superficie o control.

Todos estos resultados quedan reflejados en la Tabla 12.

9.4.2. Efecto en superficie: Tipos de fallas

Los resultados descritos en porcentaje de los efectos en superficie de circona se basaron en los tipos de fallas (cohesiva, adhesiva, mixta) producidas después del cizallamiento.

En relación con el tratamiento de superficie mediante láser, 5 estudios proporcionaron datos sobre el tipo de falla dominante después del cizallamiento (8, 30, 31, 34, 36). El total superior conseguido de 52,41% correspondió a la falla cohesiva predominante con un rango de 0% (8, 30) a 100% (31). El valor promedio superior de falla cohesiva observada fue de 100%, correspondiente a un artículo que relacionó el modo de falla cohesiva con los efectos de las dimensiones de las microrranuras grabadas con láser en forma de rejilla, tanto en muestras de circona – resina compuesta termocicladas y sin termociclado (31).

En el grupo de tratamientos mediante grabado con partículas de alúmina, 5 estudios proporcionaron datos sobre el tipo de falla dominante (8, 30, 31, 34, 36). El mayor total del tipo de falla adhesiva fue de 52,74%, con un rango de 4,3% (30) a 100% (34). El promedio superior de 100%, respecto a la falla adhesiva, se relacionó con un artículo que atribuyó el tipo de falla adhesiva a la profundidad de las microhendiduras del grabado mediante alúmina tanto en circona – resina compuesta termociclada y sin termociclar (34).

En referencia al grupo sin tratamiento de superficie, 3 estudios proporcionaron datos sobre el tipo de falla (30, 34, 36). El tipo de falla dominante con un 51,61% fue la falla mixta, con un rango de 0% a 57,14%.

En resumen, el grupo de tratamiento de superficie de circona con láser obtuvo el tipo de falla cohesiva dominante.

Todos estos resultados quedan reflejados en la Tabla 13.

9.4.3. Durabilidad

La evaluación estadística de la durabilidad se ha obtenido relacionando la resistencia de unión en Mpa con el envejecimiento artificial por termociclado, en ciclos y grados centígrados.

En relación con el grupo de tratamiento de superficie mediante láser, 3 estudios proporcionaron datos sobre la durabilidad (31, 34, 35) El total SBS mayor fue de 60,63 MPa del subgrupo de termociclado, con un rango de 4,53 MPa (35) a 34,4 MPa (31). La diferencia entre el total SBS del termociclado, 62,23 MPa y del subgrupo sin termociclado, 58,31 MPa fue de 3,92 MPa; siendo estadísticamente no significativa. El valor medio superior de 34,4 MPa se relacionó con un estudio donde los valores de resistencia de unión de circona Ce-TZP/A fueron mayores después del termociclado de 20.000 ciclos, a una temperatura entre 4 – 60°C (31).

Respecto a la abrasión con partículas de alúmina, 3 estudios proporcionaron datos sobre la durabilidad (31, 33, 35). El total SBS mayor 58,31, correspondió al subgrupo sin termociclado con un rango de 10,02

MPa (31) a 26,39 MPa (34) La diferencia entre el grupo sin termociclado de 58,31 MPa y del grupo termociclado de 56,26 MPa fue de 2,08 MPa, pero no es significativa. El promedio superior de 26,39 MPa coincidió con un artículo, en el que disminuyó la SBS después del termociclado en muestras granalladas con alúmina (34).

En referencia al grupo sin tratamiento de superficie, 2 estudios proporcionaron datos de la durabilidad (34, 35). El total SBS mayor fue de 6,49 MPa del subgrupo sin termociclado con un rango de 2,51 MPa (35) a 3,98 MPa (34). La diferencia entre los totales SBS sin termociclado y termociclado fue de 4,85 MPa. El rango superior fue de 3,98 MPa (34).

En definitiva, el grupo de tratamiento de superficie con láser termociclado obtuvo un aumento no significativo respecto al texturizado con láser sin termociclado.

10. DISCUSIÓN

El objetivo principal de esta revisión sistemática fue la obtención de una mayor resistencia de unión en varios de tipos de circona por la aplicación del tratamiento en superficie con láser que la abrasión con partículas de alúmina.

Como objetivos secundarios fueron la evaluación de los efectos en superficie y la durabilidad, relacionados con la resistencia de unión por la aplicación del tratamiento de superficie con láser.

10.1. Resistencia de unión

Los hallazgos de esta revisión sistemática, basada en 9 estudios *in vitro*, revelaron que el tratamiento de superficie en circona con láser obtuvo una resistencia de unión media total de 118,58 MPa significativamente menor que la ganancia de 147,71 MPa del granallado con alúmina.

En vista de estos resultados, se rechaza la hipótesis que sirvió de base en esta revisión.

Los hallazgos coinciden con dos revisiones precedentes de Chatterjee y col. (12) y de Comino y col. (14).

Comino y col. (14) determinaron que los resultados obtenidos de la resistencia de unión dependen del tipo de láser usado (Er-YAG, Nd:YAG, Yb:YAG, CO₂). El láser no aumenta la resistencia en comparación con el arenado de alúmina.

Chatterjee y col. (12) estudiaron la similitud entre las aplicaciones del láser y el granallado con alúmina. La aplicación del láser se basa en el principio del arenado con alúmina para obtener una superficie rugosa, aumentar la humectabilidad y lograr la retención mecánica en la circona. Aunque el grabado con láser no aumentó la resistencia de unión entre circona y resina compuesta.

Entre los nueve artículos, existen estudios que obtuvieron resultados similares a la presente revisión (18, 30, 31, 36). Hay estudios que resaltan la combinación de factores posibles causantes de la disminución de la resistencia de unión de circona – resina compuesta proporcionada por el texturizado del láser, respecto al granallado con alúmina (18).

Para Kukiattrakoon B, y col. (8), los factores determinantes son la rugosidad, la humectabilidad y el aumento de superficie. Otros estudios destacan: el tipo de circona, la imprimación, el cemento utilizado y el termociclado (18).

Según las observaciones, el aumento de potencia y la densidad del láser producen un efecto térmico o sobrecalentamiento que ocasiona la transformación de la fase tetragonal a la monoclinica y como consecuencia, menor resistencia y formación de grietas en la circona. La elección de los correctos parámetros del funcionamiento del láser maximiza los resultados de SBS, la rugosidad y el aumento de superficie en la circona (30).

Una menor resistencia de unión entre circona y resina compuesta puede ser por la escasa retención de microrranuras e insuficiente profundidad de las microhendiduras entre 50 – 100 μm en circona, empleando un láser de trazado en forma de rejilla. El resultado depende del diseño del trazado del láser (31).

En otro estudio, los datos indican que el efecto mecánico aislado del láser sobre circona no mejoró la resistencia de unión (36).

Los datos de menor resistencia de unión entre circona – resina compuesta por el acondicionamiento del láser refuerzan la necesidad de un protocolo estándar en lo relativo al uso de los diferentes parámetros del láser, diseño de las intervenciones y la variabilidad del número de ciclos usados en el termociclado para prevenir la obtención de resultados variables y poco consistentes (18).

En contraste con lo referente al texturizado del láser en circona, hay autores que investigan las causas del mayor aumento de la resistencia de unión en circona y resina compuesta empleando el granallado con alúmina.

En la citada revisión de Chatterjee y col. (12), se obtuvieron mejores resultados de SBS en el granallado con alúmina, después del termociclado, empleando imprimación MDP junto con cementos de resina compuesta. La utilización de cementos de fosfato de zinc, ionómero de vidrio y cementos de Bis-GMA sin 10-MDP carecen de unión duradera con la circona.

Kukiattrakoon B, y col. (8) destacan el aumento de SBS como producto de la combinación del granallado con alúmina e imprimación MDP. El grupo de fosfato de dihidrógeno promueve la unión química al óxido de circonio. El grupo de metacrilato puede reaccionar con la polimerización de la resina.

A pesar de los valores inferiores de SBS del láser, el tratamiento de superficie con láser es una técnica más limpia y menos contaminante que la abrasión con partículas de alúmina (30). Además, los estudios seleccionados utilizaron un tamaño de partículas de alúmina entre 30 – 110 μ , que se asocia con la formación de fisuras (36).

Independientemente, del uso del láser o la abrasión con partículas de alúmina en la modificación de la superficie de circona, es fundamental el tratamiento de la superficie en este biomaterial para garantizar la resistencia de unión entre circona y resina compuesta (5, 6, 11).

10.2. Efecto en superficie: Tipos de falla

El modo de falla es una variable importante para evaluar la calidad y eficacia de la resistencia de unión entre materiales (33).

Dichos hallazgos, se fundamentan en cinco estudios *in vitro* de los nueve que conformaron la revisión sistemática actual.

Los resultados relacionados con el tratamiento de superficie mediante láser asociaron el 52,41% con el tipo de falla cohesiva predominante.

Respecto al resto de grupos, el granallado con alúmina obtuvo un 57,74% de falla adhesiva y el grupo sin tratamiento de superficie fue de un 51% de falla mixta.

En estudios precedentes, como Ordueri y col. (15) y Elraggal y col. (9), se basaron en la tasa de tipos de falla para la investigación de la resistencia de unión entre circona y resina compuesta.

Ordueri y col. (15) observaron que es mayor la frecuencia de aparición de fallas en circona que en prótesis de metal porcelana.

Elraggal y col. (9) investigaron que la prueba de resistencia de unión por cizallamiento induce a una desigual distribución de tensiones conduciendo al predominio de falla cohesiva.

Investigaciones relacionadas con la prueba de cizallamiento mantienen, que una menor resistencia de unión y mayor tasa de fallas cohesivas, son producto de una deficiente adhesión mecánica y química entre circona y materiales cementados (8).

Dos de los estudios seleccionados coinciden con los resultados de tipos de falla de la presente revisión sistemática (31, 34). Un artículo atribuye el tipo de falla cohesiva al efecto de microrranuras y hendiduras del grabado de láser en forma de rejilla sobre circona (31). En el otro estudio, el modo de falla cohesiva se produjo tanto en circona Y-TZP y Ce-TZP/A termociclada y sin termociclado, relacionando estos resultados con el tipo de microestructura cristalina de la circona, destacando que Y-TZP fue más efectiva en la adhesión (34).

Hatami y col. (18) asocian que los patrones de falla deben ser evaluados tanto por la fuerza de adhesión como por el termociclado.

En esta revisión sistemática, los hallazgos de falla cohesiva dominante, en muestras de circonita modificadas con láser y termociclado, se relacionaron con un aumento de SBS.

Vasconcelos y col. (36) concluyen que las fallas más frecuentes de los grupos experimentales fueron las cohesivas y que son preferibles a las adhesivas, porque el modo adhesivo se asocia a una baja adhesión y compromete el sustrato biológico.

En esta revisión sistemática, el grupo de texturizado con láser relacionado con el resultado de tipo de falla cohesiva predominante se basa en estudios *in vitro*, por lo que se debería seguir investigando en estudios clínicos.

10.3. Durabilidad

La durabilidad basada en la prueba del envejecimiento artificial por termociclado es un paso importante en el estudio del efecto de los tratamientos de superficie en circonita unida a resina compuesta mediante la simulación de las condiciones orales (8).

El tratamiento de superficie con láser, en muestras de circonita - resina compuesta termocicladadas, obtuvo un total de 60,63 MPa con un aumento no significativo respecto al subgrupo sin termociclado de 57,6 MPa.

En referencia al granallado con alúmina sin termociclado, se obtuvo un total de 58,31 MPa no significativo, respecto al subgrupo termociclado de 56,23 MPa.

Los valores más inferiores se registraron en el grupo sin tratamiento de superficie.

La relación entre la SBS en circonita tratada con láser y el termociclado ha sido ampliamente tratada en estudios que han identificado las causas que influyen en esta relación (18).

Los resultados de la presente revisión coinciden con un estudio previo de Saade y col. (13), en el que el termociclado a 10.000 ciclos no degradó la resistencia de unión. Sugieren que se debe realizar más investigaciones utilizando valores de ciclos más altos para aprobar o refutar el efecto hidrotermal del termociclado.

Siguiendo la misma línea de resultados, Iwaguro y col. (31) observaron un aumento de SBS en circona Ce-TZP/A y resina compuesta tratada con láser y termociclada a 20.000 ciclos con una temperatura entre 4 – 60 °C. Lo atribuyen a la polimerización de la resina compuesta, causada por el calentamiento durante el termociclado. Este procedimiento puede conducir a propiedades mecánicas mejoradas de la resina compuesta.

Por otro lado, Kukiattrakoon B, y col. (8) se centran en los componentes del primer MDP. Dichos componentes promueven la resistencia de unión al cizallamiento, después del termociclado en superficie de circona texturizada por láser.

Otra causa aportada por Ozevcimen, y col. (35), es la combinación de tratamientos de superficie con láser, termociclado y sinterización en muestras de circona y resina compuesta resultando un incremento de SBS.

También, puede ocurrir que los resultados de esta revisión se relacionen con el efecto positivo de las microhendiduras realizadas por láser, que producen la retención mecánica entre circona y resina compuesta (31).

No obstante, los diferentes valores de SBS tanto del grabado de láser y alúmina, en circona y resina compuesta termociclada, se podrían haber obtenido por la gran variabilidad de número de ciclos de termociclado junto a diferentes temperaturas y rangos de tiempo. Por ello, la norma ISO TR1 1405 trata de sugerir un protocolo a seguir en el uso del termociclado, indicando que cada 10.000 ciclos reproducen un año *in vivo* (18).

En resumen, los resultados de esta revisión correspondiente a muestras de circona – resina compuesta texturizadas y termocicladas son controvertidos, por lo general, se espera que disminuya la SBS por la exposición a la humedad y los cambios repentinos de la temperatura (efecto hidrotermal) durante el termociclado (8, 31).

10.4. Limitaciones del estudio

En la presente revisión, las bases de datos empleadas cuentan con un alto grado de confiabilidad, además de ser bases especializadas en la investigación sanitaria, lo que garantiza que los artículos encontrados sean aptos para la realización de la citada revisión.

Otra característica que refuerza la calidad de los nueve artículos seleccionados es que todos cumplieron con los criterios de inclusión. Proporcionaron datos de resistencia de unión en MPa al cizallamiento, incorporaron la prueba del termociclado y medios de observación óptica sobre los efectos en superficie. El cumplimiento de los criterios de inclusión por los artículos contribuye a la homogeneidad de los resultados obtenidos en el cálculo estadístico de la media ponderada.

Sin embargo, estos estudios integran elementos heterogéneos que limitan y dificultan la evaluación y comparación de los tratamientos de superficie entre estudios. Dichas características heterogéneas son: el gran tamaño y división de la muestra en diversos grupos en cada estudio, solamente tres estudios aportan grupos control, diversos parámetros usados en el funcionamiento del láser y de la alúmina, la variabilidad de la calidad metodológica junto con el riesgo de sesgo y los diversos tipos de circona.

Respecto a la heterogeneidad del análisis estadístico, cinco artículos aportaron datos en porcentaje de los tipos de falla. Tres artículos aportaron valores de SBS termociclados y sin termociclar.

Cada artículo aportó su propio protocolo de ciclos y temperatura en la prueba del envejecimiento artificial por termociclado.

Todos estos aspectos limitan y sesgan los resultados de las variables.

Otra limitación, es que todos los estudios son *in vitro*. Todos los resultados se obtienen en un medio controlado de laboratorio derivándose, que los resultados dejan de ser representativos cuando se extrapolan a la práctica clínica por las diferencias entre las condiciones ideales del laboratorio y el entorno real de la cavidad oral.

Los resultados *in vitro* incluyen seguimiento y evaluación a corto plazo de tiempo. Los resultados proporcionan una efectividad inicial sin considerar el comportamiento del efecto investigado a largo plazo.

Otra limitación es la ausencia de un protocolo estandarizado y uniforme de intervención y organización para promover resultados más confiables y comparables.

10.5. Futuras líneas de investigación

Una futura línea de investigación podría ser la realización de un estudio clínico que evaluase la adhesión y durabilidad de la circona – resina compuesta considerando los factores de humedad, temperatura y fuerzas oclusales orales.

Otra línea de investigación podría ser el desarrollo de un protocolo estandarizado de tratamientos de superficie de circona para garantizar la resistencia de unión entre materiales, que asegure la durabilidad, tanto en entorno clínico como *in vitro*.

11. CONCLUSIONES

Conclusiones principales

- 1- En muestras de circona de varios tipos, el tratamiento de superficie con láser obtuvo una menor resistencia de unión respecto a la ganancia de la abrasión con partículas de alúmina combinada con imprimación MDP.

Conclusiones secundarias

- 1- En el tratamiento de superficie de circona mediante láser, la falla dominante fue la cohesiva.
- 2- El grupo de circona – resina compuesta termociclada y modificada por el tratamiento de superficie con láser obtuvo un aumento no significativo, respecto al grupo del láser no termociclado.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Yigit BS, Al-Akkad M. Zirconia Ceramics. *Acta Medica (Hradec Kralove)*. 2024; 67(2): p. 39-45.
2. Kongkiatkamon S, Rokaya D, Kengtanyakich S, Peampring C. Current classification of zirconia in dentistry: an updated review. *Peer J*. 2023 Jul; 11(e15669).
3. 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 August; 7(3): p. 74.
4. Alqutaibi AY, Ghulam O, Krsoum M, Binmahmoud S, Taher H, Elmalky W, et al. Revolution of Current Dental Zirconia: A Comprehensive Review. *Molecules*. 2022 March 4; 27(5).
5. Al-Amari AS, Saleh MS, Albadah AA, Almousa AA, Mahjoub WK, Al-Otaibi RM, et al. A Comprehensive Review of Techniques for Enhancing Zirconia Bond Strength: Current Approaches and Emerging Innovations. 2024 October 5; 16(10): p. e70893.
6. Han J, Zhang F, Meerbeek BV, Vleugels J, Braem A, Castagne S. Laser surface texturing of zirconia-based ceramics for dental applications: A review. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2021 April; 123(112034).
7. Benalcázar-Jalkh EB, Bergamo ETP, Campos TMB, Coelho PG, Sailer I, Yamaguchi S, et al. A Narrative Review on Polycrystalline Ceramics for Dental Applications and Proposed Update of a Classification System. *Materials (Basel)*. 2023 December; 16(24): p. 7541.
8. Kukiattrakoon B, Kosago P. The effect of gaalas laser, sandblasting, and primers on bond strength between zirconia ceramic and direct resin composite after thermocycling. *Braz Dent Sci*. 2021 Jul/Sep; 24(3): p. 1:9.
9. Elraggal A, Aboushelib M, Raheem IMA, Afifi RR. Effect of surface treatments on biaxial flexural strength, fatigue resistance, and fracture toughness of high versus low translucency zirconia. *BMC Oral Health*. 2022 September; 22(1): p. 412.
10. Yousry M, Hammad I, Halawani ME, Aboushelib M. Translucency of recent zirconia materials and material-related variables affecting their translucency: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2024 March 5; 24(1): p. 309.
11. Elraggal A, Silikas N. Effect of Air-Abraded Versus Laser-Fused Fluorapatite Glass-Ceramics on Shear Bond Strength of Repair Materials to Zirconia. *Materials (Basel)*. 2021 March 17; 14(6): p. 1468.

12. Chatterjee N, Ghosh A. Current scenario on adhesion to zirconia; surface pretreatments and resin cements: A systematic review. *J Indian Prhsothodont Soc.* 2022 Jan-Mar; 22(1): p. 13-20.
13. Saade J, Skienhe H, Ounsi HF, Matinlinna JP, Salamed Z. Evaluation Of The Effect Of Different Surface Treatments, Aging And Enzymatic Degradation On Zirconia-Resin Micro-Shear Bond Strength. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2020 January 6; 12: p. 1-8.
14. 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 May 22; 14(11): p. 2751.
15. Ordueri TM, Ateş MM, Özcan M. Assessment of Intra-Oral Repair Systems for Veneered Zirconia and Zirconia Only. *Materials (Basel).* 2023 February 7; 16(4).
16. 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.* 2023 July; 143(105943).
17. Kermanshah H, Torkamani MJ, Ranjkesh , Bahrami G. Effect of different surface treatments of presintered or sintered zirconia on. *J Conserv Dent.* 2021 Nov-Dec; 24(6): p. 599-605.
18. Hatami M, Lotfi-Kamran M, Davari A, Molazem M. Effect of different laser treatments on the shear bond strength of zirconia ceramic to resin cement. *Dent Res J (Isfahan).* 2021 July 19;; p. 18:56.
19. Abu Ruja M, De Souza GM, Finer Y. Ultrashort-pulse laser as a surface treatment for bonding between zirconia and resin cement. *Dent Mater.* 2019 March; 35(11): p. 1545 - 1556.
20. Akar T, Dünder A, Kırmali Ö, Üstün Ö, Kapdan A, Er H, et al. Evaluation of the shear bond strength of zirconia to a self-adhesive resin cement after different surface treatment. *Dent Med Probl.* 2021 October; 58(4): p. 463-472.
21. Toyoda K, Taniguchi Y, Nakamura K, Isshi K, Kakura K, Ikeda H, et al. Effects of ytterbium laser surface treatment on the bonding of two resin cements to zirconia. *Dent Mater J.* 2022 February 1; 41(1): p. 45-53.
22. Paje MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffman TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statment: an updated guideline for reporting systemactic review. *BMJ (Clinical research ed.).* 2021 Mar; 372(71): p. 29.

23. Kim SH, Oh , Moon HS. Effects of Surface-Etching Systems on the Shear Bond Strength of Dual-Polymerized Resin Cement and Zirconia. *Materials (Basel)*. 2024 Jun; 17(13): p. 3096.
24. Abdou A, Hussein N, Kusumasari C, Abo-Alazm EA, Rizk A. Alumina and glass-bead blasting effect on bond strength of zirconia using 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate (MDP) containing self-adhesive resin cement and primers. *Sci Rep*. 2023 Nov 5; 13(1): p. 19127.
25. Chen B, Yan Y, Xie H, Meng H, Zhang H, Chen C. Effects of Tribochemical Silica Coating and Alumina-Particle Air Abrasion on 3Y-TZP and 5Y-TZP: Evaluation of Surface Hardness, Roughness, Bonding, and Phase Transformation. *J Adhes Dent*. 2020; 22(4): p. 373-382.
26. Kwon SM, Min BK, Kim Y, Kwon TY. Influence of Sandblasting Particle Size and Pressure on Resin Bonding Durability to Zirconia: A Residual Stress Study. *Materials (Basel)*. 2020 Dec; 13(24): p. 5629.
27. Seyedi D, Valizadeh S, Ghodsi S, Salimi K, Atri F. Effect of Nonthermal Plasma on Shear Bond Strength of Translucent Zirconia in Layering Ceramic. *Int J Dent*. 2023 May 15; 2023: p. 7 pages.
28. Cakir E, Duman AN, Yildirim AZ, Cevik P. Shear Bond Strength between Orthodontic Brackets and Monolithic 4Y-TZP: An In Vitro Study. *Materials (Basel)*. 2023 July; 16(14): p. 5173.
29. Akay C, Oksayan R, Ozdemir H. Influence of various types of surface modifications on the shear bond strength of orthodontic brackets on Y-TZP zirconia ceramics. *J Aust Ceram Soc*. 2020 June; 56(4): p. 1435-1439.
30. Ghozeizi R, Bayati E, Beyabanaki E, Hejazi S, Tavakolizadeh S. Effect of Different Nd:YAG Laser Power Outputs on Bond Strength of Resin Cement to Zirconia in Comparison to Sandblasting. 2023 March; 7(2): p. 61-66.
31. Iwaguro S, Shimoe S, Takenaka H, Wakabayashi Y, Peng TY, Kaku M. Effects of dimensions of laser-milled grid-like microslits on shear. *J Prostodontic Res*. 2022 January; 66(1): p. 151-160.
32. Ghozeizi R, Parsirad R, Tavakolizadeh S, Beyabanaki E. Effect of Different Nd:YAG Laser Power Outputs on Bond Strength of Resin Cement to Zirconia in Comparison to Sandblasting. *J Lasers Med Sci*. 2021 February 13; 12(e6): p. 1:6.
33. Kabiri S, Neshati A, Rohani B. Effect of Different Surface Treatments and Pressure Conditions on Shear Bond Strength of Zirconia Ceramic to Composite Resin. *Front Dent*. 2021 July 23; 18(26): p. 18:26.

34. Iwaguro S, Shimoe S, Hirata I, Murayama T, Satoda. Effect of microslit retention on the bond strength of zirconia to dental materials. *Dent Mater J*. 2019; 38(6): p. 1043-1052.
35. Ozevcimen AN, Kirmali O. Shear Bond Strength between Zirconia and Veneer Ceramic: Effect of Thermocycling and Laser Treatment. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2019; 37(7): p. 434-441.
36. Vasconcelos U, de Oliveira Silva TS, da Silva D, Sipaúba GMO, da Silva Valente V, Zanetti RV, et al. Effects of the combination of er: Yag laser and sandblasting on the shear bond strength between zirconia and resin cement. *BJOS*. 2019 Jun; 18(e191449): p. 1-10.

13. ANEXOS

Listado de figuras y tablas

Figura 1	Transformación de las formas de la circona según la temperatura.	11
Figura 2	Diagrama de flujo PRISMA: Representación de la estrategia de búsqueda bibliográfica.	44
Figura 3	Diagrama resumen del protocolo de preparación y pruebas.	76
Figura 4	Representación del riesgo de sesgo de los parámetros.	81
Tabla 1	Estabilidad de las fases.	70
Tabla 2	Circona policristalina estabilizada tetragonal (Y-TZP).	70
Tabla 3	Circona policristalina parcialmente estabilizada (PSZ).	71
Tabla 4	Circona monolítica policristalina uniforme multicapa policromática (M).	71
Tabla 5	Circona monolítica policristalina de composición híbrida multicapa policromática (M).	72
Tabla 6	Circona policristalina endurecida con alúmina (ATZ) y alúmina endurecida con circona (ZTA).	72
Tabla 7	Tipos de láseres y sus características.	73
Tabla 8	Artículos excluidos de texto completo.	74
Tabla 9	Artículos elegidos que cumplen con los criterios de inclusión.	75
Tabla 10	Características de los estudios revisados.	77
Tabla 11	Evaluación del sesgo de estudios <i>in vitro</i> incluidos según la lista Arrive y Consort.	80
Tabla 12	Resultados descriptivos de resistencia de unión al cizallamiento (SBS) en megapascuales (MPa) después del termociclado, obtenida por la aplicación de tratamientos de superficie con láser versus grabado con partículas de alúmina.	82

Tabla 13	Resultados descriptivos en % de los efectos en superficie de circona, basados en los tipos de fallas, producidos después del cizallamiento.	84
Tabla14	Resultados descriptivos de la relación entre durabilidad mediante termociclado y la resistencia de unión (SBS) en megapascals (MPa), obtenida por la aplicación de tratamientos de superficie con láser versus grabado con partículas alúmina.	85

Tabla 1. Estabilidad de las fases

FASES	Monoclínica	Tetragonal	Cúbica
Prismas (1)	Deformes de lados paralelos	Rectos de lados rectangulares	Rectos de lados cuadrados
Rango de estabilidad (°C) (1)	A temperatura ambiente hasta 1.170 °C	Entre 1.170 y 2.370 °C	Entre 2.370 y 2.716 °C
Propiedad mecánica (4)	baja	mayor	Moderada

°C: grados centígrados

Tabla 2. Circona policristalina estabilizada tetragonal (Y-TZP)

Características de las diferentes generaciones y formulas

Generación (1, 2)	1ª Generación Circona monolítica / estructura	2ª Generación Circona monolítica / estructura		
Formula (1, 2)	3Y- TZP HA	3Y-TZP LA	5Y-TZP	5Y-TZP
Mecánica (1, 2)	+++	++	-	+
Óptica (10)	-	+	+++	++
Año (10)	1990	2013	2015	2017
Indicación (4, 7)	Prótesis fija de largo tramo núcleos de coronas.	Núcleos de coronas anteriores, coronas anteriores, coronas para diente decolorado, pilares, implantes.	Corona monolítica de alta estética anterior / posterior, onlay/ inlay	Corona monolítica, prótesis fija 3/4 unidades, superestructuras Implantosoportadas.

-: mal, +: regular, ++: buena, +++: muy buena, +++, ultra

Tabla 3. Circona policristalina parcialmente estabilizada (PSZ)

Características de las diferentes generaciones y formulas			
Formula (6)	3Y-PSZ	5Y-PSZ	4Y-PSZ
Año (10)	2011	2014	2018
Mecánica (10)	+	-	-
Óptica (10)	-	++++	++++
Indicación (10)	Coronas unitarias	Reconstrucciones parciales y totales de una pieza y para prótesis fija de tramo corto	Coronas unitarias monolíticas y prótesis dentales de tres unidades anteriores y posteriores
-: mal, +: regular, ++: buena, +++: muy buena, +++++, ultra			

Tabla 4. Circona monolítica policristalina uniforme multicapa policromática (M)

Características de las diferentes generaciones y formulas				
Generación	2ª generación	3ª generación	4ª generación	5ª generación
Formula (10)	M3Y- PSZ	M4Y- PSZ	M5Y- PSZ	M6Y-PSZ
Año (10)	2015 – 2019	2015 – 2019	2015 – 2019	2015 – 2019
Resistencia (10)	+	+	-	-
Translucidez (10)	+++	+++	+++	++++
Variación (10)	Policromía	Policromía	Policromía	Policromía
Indicación (7)	Reconstrucciones, coronas anteriores y posteriores, Prótesis dentales fijas			
-: mal, +: regular, ++: buena, +++: muy buena, +++++, ultra				

Tabla 5. Circona monolítica policristalina de composición híbrida multicapa policromática (M)

Características de las diferentes generaciones y formulas			
Formula (10)	M3Y-5YPSZ	M4Y-5YPSZ	M3-4YPSZ
Año (10)	2015 – 2019	2015 – 2019	2015 – 2019
Variación (10)	Policromía	Policromía	Policromía
Indicación (7)	Reconstrucciones, coronas anteriores y posteriores, Prótesis dentales fijas		
-: mal, +: regular, ++: buena, +++: muy buena, +++, ultra			

Tabla 6. Circona policristalina endurecida con alúmina (ATZ) y alúmina endurecida con circona (ZTA)

Características de las diferentes generaciones y formulas		
Tipo (10)	ATZ	ZTA
Tenacidad (10)	+	-
Resistencia a LTD (10)	+	-
Propiedades mecánicas (10)	+	-
-: mal, +: regular, ++: buena, +++: muy buena, +++, ultra		

Tabla 7. Tipos de láseres y sus características

Característica	Láser de pulso (uso dental) (18)	Láser de pulso corto y ultracorto (6)
Tipos	CO2 Er: YAG Er,Cr:YSGG Nd:YAG	Nanosegundo (10^{-9} s) Picosegundo (10^{-12} s) Femtosegundo (10^{-15} s) Nd: YVO4 10 ps
Longitud de onda (λ)	-	+
Potencia	-	+
Intensidad	-	+
Duración del pulso	+	-
Uso quirúrgico	+	
Tratamiento de superficie de circonia	-	+
Ablación láser	-	+
Resistencia entre resina y circonia	-	+
Daño térmico	+	-
Coste económico	-	+
Patrón de superficie	-	+
-: menor, +: mayor		

Tabla 8. Artículos excluidos de texto completo

Autor / año	Publicación	Razón
Kim SH, y col. (2024) (22)	Materials (Basel)	Sin aplicación de láser.
Abdou A, y col. (2023) (23)	Sci Rep	Sin aplicación de láser.
Chen B, y col. (2020) (24)	J Adhes Dent	Sin aplicación de láser.
Kwon SM, y col. (2020) (25)	Materials (Basel)	Sin aplicación de láser.
Seyedi D, y col. (2023) (26)	Int.J Dent	Sin aplicación de láser.
Cakir E, y col. (2023) (27)	Materials (Basel)	Ortodoncia
Akay C, y col. (2020) (28)	J Aust Ceram Soc	Ortodoncia.
Toyoda K, y col. (2022) (21)	Den Mater J	Falta información de la muestra.
Elraggal A, y col. (2021) (11)	Materials (Basel)	Relación alumina con sílice (triboquímico) con láser. Sin abrasión con partículas de alumina.
Kermanshah H, y col. (2021) (17)	J Conserv Dent	Faltan tablas con datos estadísticos de resistencia en MPa.
Abu Ruja M, y col. (2019) (19)	Dent. Mater.J.	Aplicación de la prueba de microtracción.
Saade J, y col. (2020) (13)	Clin Cosmet Investig Dent	Aplicación de la prueba de microcorte.

Tabla 9. Artículos elegidos que cumplen con los criterios de inclusión

Autor / año	Publicación	Título
Ghoveizi R , y col. (2023) (30)	J. Dent. Lasers	Effect of different energy densities of CO2 laser on shear bond strength of resin cement to zirconia.
Iwaguro S , y col. (2022) (31)	JPR	Effects of dimensions of laser-milled grid-like microslits on shear bond strength between porcelain or indirect composite resin and zirconia.
Ghoveizi R , y col. (2021) (32)	JLMS	Effect of Different Nd: YAG Laser Power Outputs on Bond Strength of Resin Cement to Zirconia in Comparison to Sandblasting.
Hatami M , y col. (2021) (18)	Dent Res J	Effect of different laser treatments on the shear bond strength of zirconia ceramic to resin cement.
Kabiri S , y col. (2021) (33)	Front Dent.	Effect of Different Surface Treatments and Pressure Conditions on Shear Bond Strength of Zirconia Ceramic to Composite Resin.
Kukiattrakoon B , y col. (2021) (8)	Braz. Dent. Sci.	The effect of gaalas laser, sandblasting, and primers on bond strength between zirconia ceramic and direct resin composite after thermocycling.
Iwaguro S , y col. (2019) (34)	Dent. Mater. J.	Effect of microslit retention on the bond strength of zirconia to dental materials.
Ozevcimen AN , y col. (2019) (35)	Photobiomodul Photomed Laser Surg	Shear Bond Strength between Zirconia and Veneer Ceramic: Effect of Thermocycling and Laser Treatment.
Vasconcelos US , y col. (2019) (36)	Braz J Oral Sci	Effects of the combination of er: Yag laser and sandblasting on the shear bond strength between zirconia and resin cement.

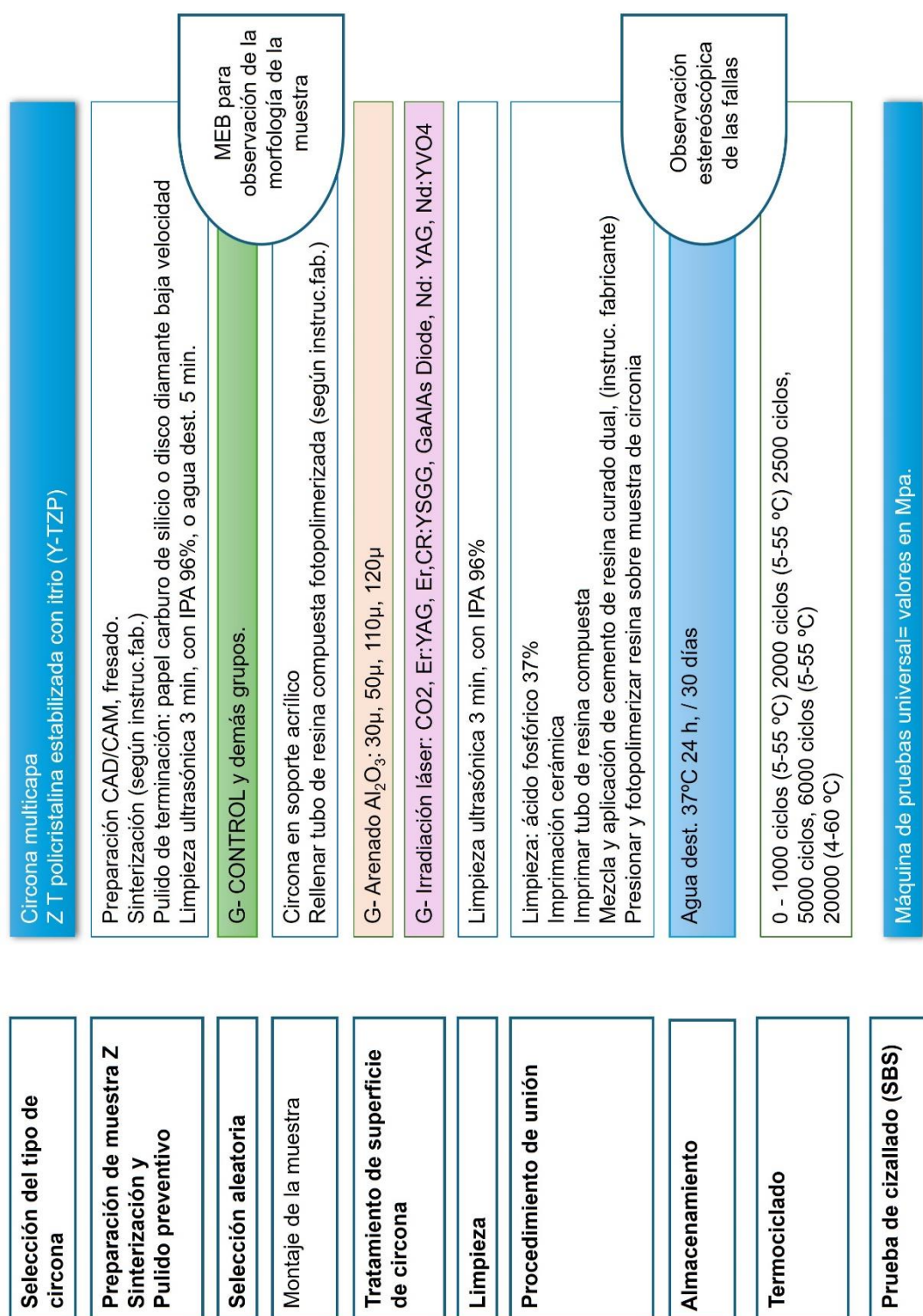


Fig. 3. Diagrama resumen del protocolo de preparación y pruebas

Tabla 10. Características de los estudios revisados

Estudio / año	Tipo de circona y número	Grupo Control	Tratamiento de superficie (TS)		Materiales de cementación	Resistencia de unión (MPa)	Efectos de superficie		Durabilidad
			Granallado	láser			Tipo de falla predominante	Observación de la muestra	
Ghoveizi R, y col. (2023) (30)	(n=75) Z multicapa (KATANA Z ML, Kuraray)	<u>G-1</u> (n=15) sin TS.	<u>G-2</u> (n=15) Al ₂ O ₃ 30 µm (p) 3 bar (t) 15 s. (d) 10 mm.	CO2 <u>G-3</u> (n=15) 4W <u>G-4</u> (n=15) 5W <u>G-5</u> (n=15) 6W	Imprimación, Cemento de resina cur.dual Resina compuesta	Prueba SBS	<u>G-1</u> adhesiva <u>G-2</u> mixta <u>G-3</u> mixta <u>G-4</u> mixta <u>G-5</u> mixta	Microscopio 3D	Termociclado 2.000 ciclos (5 - 55 °C)
Iwaguro S, y col. (2022) (31)	(n=80) Dos tipos TZP: Y-TZP:(TZ 3YSB-E) y Ce-TZP/A		<u>G-AB</u> (n=20) Al ₂ O ₃ 50 µm (p) 0,3 MPa (t) 10 s. (d) 10 mm.	Nd: YVO4 <u>G-</u> MS50 MS75 MS100 (n=10/G-)	Imprimación, Resina compuesta indirecta	Prueba SBS	<u>G-AB</u> mixta <u>G-</u> MS cohesivo	MEB	Termociclado 0 – 20.000 ciclos (4 - 60 °C)
Ghoveizi R, y col. (2021) (32)	(n=75) Z multicapa (KATANA Z ML, Kuraray)	<u>G-1</u> (n=15) sin TS.	<u>G-2</u> (n=15) Al ₂ O ₃ 50 µm (p) 3 bar (t) 40 s. (d) 10 mm.	Nd:YAG <u>G-3</u> (n=15) 2W <u>G-4</u> (n=15) 2,5W <u>G-5</u> (n=15) 3W	Imprimación, Cemento de resina cur.dual Resina compuesta	Prueba SBS	<u>G-1</u> adhesiva <u>G-2</u> mixta <u>G-3</u> adhesiva <u>G-4</u> mixta <u>G-5</u> mixta	Microscopio estéreo	Termociclado 2.000 ciclos (5 - 55 °C)
Hatami M, y col. (2021) (18)	(n=55) Z fresada a partir de ICE Zircon Translucent	<u>G-1</u> (n=11) sin TS.	<u>G-2</u> (n=11) Al ₂ O ₃ 50 µm (p) 2 bar (t) 15 s.	CO2 <u>G-3</u> (n=11) 3W Er: YAG <u>G-4</u> (n=11) 2W	Cemento de resina cur.dual Resina compuesta	Prueba SBS	<u>G-1</u> adhesiva <u>G-2</u> adhesiva <u>G-3</u> adhesiva <u>G-4</u> adhesiva	MEB, Lupa óptica estéreo	Termociclado 5.000 ciclos (5 - 55 °C)

Tabla 10. Características de los estudios revisados

Estudio / año	Tipo de circona y número	<u>Grupo</u> Control	Tratamiento de superficie (TS)		Materiales de cementación	Resistencia de unión (MPa)	Efectos de superficie		Durabilidad
			Granallado	láser			Tipo de falla predominante	Observación de la muestra	
			(d) 10 mm.	Nd:YAG <u>G-5</u> (n=11) 2W			<u>G-5</u> adhesiva		
Kabiri S , y col. (2021) (33)	(n=135) Z (DD Cube X2; Dental Direkt Materials, CAD/CAM		<u>G-</u> tres grupos (n=15/G-) Al ₂ O ₃ 50 µm (p) 2 bar (t) 10 s. (d) 10 mm.	Er:YAG <u>G-</u> tres grupos (n=15/G-)	Imprimación, Cemento de resina, Resina compuesta,	Prueba SBS			Termociclado 1.000 ciclos (5 - 55 °C)
Kukiattrakoon B , y col. (2021) (8)	(n=207) Z IPSe.max ZirCAD MO block, Ivoclar Vivadent AG	<u>G-</u> C (n=23) sin TS.	<u>G-</u> S, SC, SC (n=23/G-) Al ₂ O ₃ 50 µm (p) 2 bar (t) 15 s. (d) 10 mm.	Láser diodo GaAlAs 3W <u>G-</u> L LC LZ (n=23/G-)	Imprimación, Agente adhesivo multi propósito, Resina compuesta	Prueba SBS	<u>G-1</u> adhesiva	MEB, Microscopio estéreo	Termociclado 2.500 ciclos (5 - 55 °C)
Iwaguro S , y col. (2019) (34)	(n=60) Z T policristalina Dos tipos (TZP): Y-TZP y Ce-TZP/A	<u>G</u> -NT: (n=20) En los dos tipos, sin TS.	<u>G</u> -AB (n=20) Al ₂ O ₃ 50 µm (p) 0,3 MPa (t) 10 s. (d) 10 mm.	<u>G</u> - MS (n=20) Mecanizado por láser Nd: YVO4	Imprimación, Resina compuesta indirecta o resina acrílica	Prueba SBS	<u>G</u> - NT mixta <u>G</u> - AB mixta <u>G</u> - MS (Y-TZP) cohesiva	MEB	Termociclado 0 – 20.000 ciclos (4 - 60 °C)

Tabla 10. Características de los estudios revisados

Estudio / año	Tipo de circonita y número	Grupo Control	Tratamiento de superficie (TS)		Materiales de cementación	Resistencia de unión (MPa)	Efectos de superficie		Durabilidad
			Granallado	láser			Tipo de falla predominante	Observación de la muestra	
							(Ce-TZP/A) mixta		
Ozevcimen AN, y col. (2019) (35)	(n=220) Z pre-sint. G- almac.agua G- termociclado (n=110/G-)	G- C pre-sint. (n=22) G- sint. (n=22) sin TS.	G-C pre-sint. (n=22) G- sint. (n=22) Al ₂ O ₃ 120 µm (p) 0,5 MPa (t) 20 s. (d) 10 mm.	Er,Cr:YSGG 3W 3 G- pre-sint. (n=22/G-) 3 G- sint (n=22/G-)		Prueba SBS	G-C adhesiva	MEB, Microscopio estéreo	Termociclado 0 – 5.000 ciclos (5 - 55 °C)
Vasconcelos US, y col. (2019) (36)	(n=60) Z T policristalina estabilizada con yttrium Y-TZP (ZrO ₂ -Y ₂ O ₃), pre-sinterizada.	G- 6 Pulimentado y limpieza por ultrasonido.	G-1 (n=10) Al ₂ O ₃ 110 µm (p) 2,8 bar (t) 10 s. (d) 10 mm.	Er: YAG G-3, G-4, G-5 (n=10/G-)	Adhesivo, Cemento de resina cur.dual Resina compuesta	Prueba SBS	G- 1, 4 cohesiva y mixta G-2,3,5,6 mixta	MEB, Microscopio óptico	Termociclado 6.000 ciclos (5 - 55 °C)

Al₂O₃: Óxido de aluminio, almac.agua.: almacenamiento en agua destilada col: colaboradores, cur.dual: curado dual, (d) distancia: distancia, estereo: estereoscópico, G-: grupo, h.: horas, LPU: láser pulsado ultracorto, mm: milímetros, (n=): número de muestras, (p): presión, prueba SBS: prueba de resistencia de unión, s: segundos, sint.: sinterizada, (t) tiempo, T: tetragonal, TS: Tratamiento de superficie, Z: circonita,

Tabla 11. Evaluación del sesgo de estudios *in vitro* incluidos según la lista Arrive y Consort

Estudio / año	Estructura resumen (objetivos, material y método, resultado y conclusión)	Aleatorización de la muestra	Pérdida de especímenes	Tamaño muestra	Operador único	Cegamiento del operador	Instrucciones del fabricante	Grupo control	Grupo experimental	Precisión de análisis estadístico	Total	Riesgo de sesgo	Calidad metodológica
Ghoveizi R, y col. (2023) (30)	0	0	1	0	2	2	0	0	0	1	6	Moderado	Media
Iwaguro S, y col. (2022) (31)	0	0	2	0	2	2	0	2	0	0	8	Alto	Baja
Ghoveizi R, y col. (2021) (32)	0	2	2	0	2	2	0	0	0	1	9	Alto	Baja
Hatami M, y col. (2021) (18)	0	0	2	0	2	2	0	0	0	1	7	Moderado	Media
Kabiri S, y col. (2021) (33)	0	0	2	0	2	2	0	2	0	1	9	Alto	Baja
Kukiattrakoon B, y col. (2021) (8)	0	0	0	0	2	2	0	0	0	1	5	Moderado	Media
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	1	2	2	0	2	2	0	0	0	0	9	Alto	Baja
Ozevcimen AN, y col. (2019) (35)	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3	Bajo	Alta
Vasconcelos US, y col. (2019) (36)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Bajo	Alta

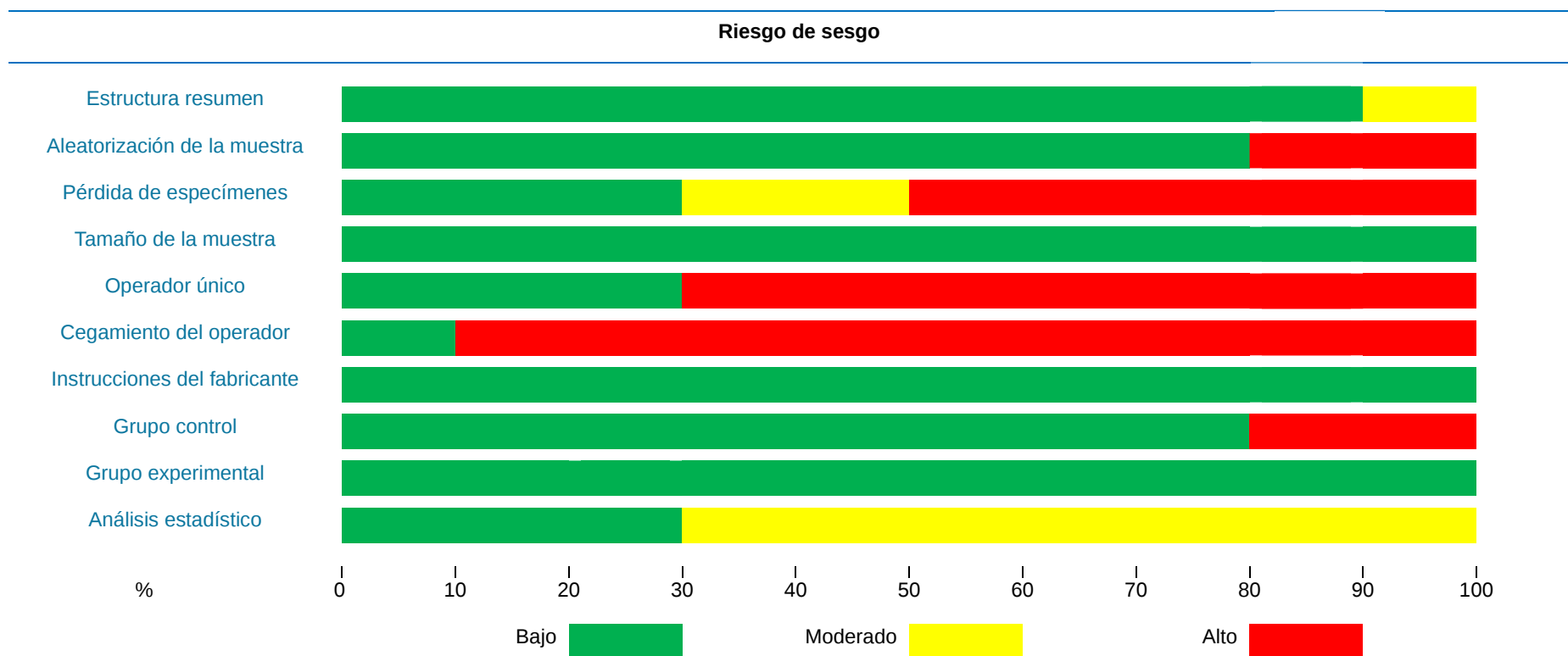


Fig. 4. Representación del riesgo de sesgo de los parámetros

Tabla 12. Resultados descriptivos de resistencia de unión al cizallamiento (SBS) en megapascuales (MPa) después del termociclado, obtenida por la aplicación de tratamientos de superficie con láser versus grabado con partículas de alúmina.

Autor / año		SBS en MPa		Termociclado	
		MP	DE	Nº ciclos	T (°C)
<u>Estudios sobre tratamiento de superficie con láser.</u>					
Ghoveizi R, y col. (2023)	(30)	6,6	3,17	2.000	5 – 55
Iwaguro S, y col. (2022)	(31)	34,4	6,03	20.000	4 – 60
Ghoveizi R, y col. (2021)	(32)	10,33	2,65	2.000	5 – 55
Hatami M, y col. (2021)	(18)	5,28	0,88	5.000	5 – 55
Kabiri S, y col. (2021)	(33)	4,47	1,52	1.000	5 – 55
Kukiattrakoon B, y col. (2021)	(8)	14,99	0,63	2.500	5 – 55
Iwaguro S, y col. (2019)	(34)	21,7	6,23	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019)	(35)	4,53	2,51	5.000	5 – 55
Vasconcelos US, y col. (2019)	(36)	16,28	4,01	6.000	5 – 55
TOTAL SBS		118,58			
<u>Estudios sobre abrasión con partículas de alúmina</u>					
Ghoveizi R, y col. (2023)	(30)	11,14	0,34	2.000	5 – 55
Iwaguro S, y col. (2022)	(31)	10,02	3,12	20.000	4 – 60
Ghoveizi R, y col. (2021)	(32)	13,21	2,87	2.000	5 – 55
Hatami M, y col. (2021)	(18)	6,64	0,86	5.000	5 – 55
Kabiri S, y col. (2021)	(33)	6,8	1,88	1.000	5 – 55
Kukiattrakoon B, y col. (2021)	(8)	48,9	0,75	2.500	5 – 55
Iwaguro S, y col. (2019)	(34)	26,39	2,03	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019)	(35)	4,61	2,43	5.000	5 – 55
Vasconcelos US, y col. (2019)	(36)	19,82	5,94	6.000	5 – 55

Tabla 12. Resultados descriptivos de resistencia de unión al cizallamiento (SBS) en megapascuales (MPa) después del termociclado, obtenida por la aplicación de tratamientos de superficie con láser versus grabado con partículas de alúmina.

Autor / año		SBS en MPa		Termociclado	
		MP	DE	Nº ciclos	T (°C)
TOTAL SBS		147,71			
<u>Estudios sin tratamiento de superficie (Control)</u>					
Ghoveizi R, y col. (2023)	(30)	3,79	0,25	2.000	5 – 55
Ghoveizi R, y col. (2021)	(32)	3,21	0,97	2.000	5 – 55
Hatami M, y col. (2021)	(18)	2,32	0	5.000	5 – 55
Kukiattrakoon B, y col. (2021)	(8)	6,02	0,98	2.500	5 – 55
Iwaguro S, y col. (2019)	(34)	2,9	0	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019)	(35)	1,64	0	5.000	5 – 55
Vasconcelos US, y col. (2019)	(36)	15,65	4,21	6.000	5 – 55
TOTAL SBS		35,53			

DE: Desviación estándar, MP: media ponderada, MPa: megapascuales, SBS: resistencia de unión al cizallamiento, T: temperatura, °C: grados centígrados

Tabla 13. Resultados descriptivos en % de los efectos en superficie de circona, basados en los tipos de fallas, producidos después del cizallamiento.

Autor / año		Tipos de fallas (%)					
		Adhesivas		Cohesivas		Mixtas	
		MP	%	MP	%	MP	%
<u>Estudios sobre tratamiento de superficie con láser.</u>							
Ghoveizi R, y col. (2023)	(30)	1,4	11,35	0	0	10,93	88,64
Iwaguro S, y col. (2022)	(31)	0	0	10	100	0	0
Kukiattrakoon B, y col. (2021)	(8)	2	100	0	0	0	0
Iwaguro S, y col. (2019)	(34)	8	53,14	0,1	0,67	6,8	45,63
Vasconcelos US, y col. (2019)	(36)	19,8	18,35	67	62,11	21,07	19,99
	TOTAL	31,2	21,21	77,1	52,41	38,8	26,37
<u>Estudios sobre abrasión con partículas de alúmina</u>							
Ghoveizi R, y col. (2023)	(30)	0,36	4,30	0	0	8	9,69
Iwaguro S, y col. (2022)	(31)	1,66	55,33	0	0	1,34	44,66
Kukiattrakoon B, y col. (2021)	(8)	22,33	55,36	0	10	18	44,63
Iwaguro S, y col. (2019)	(34)	10	100	0	0	0	0
Vasconcelos US, y col. (2019)	(36)	33	50,76	11	16,92	22	33,84
	TOTAL	67,35	52,74	11	8,61	49,34	38,64
<u>Estudios sin tratamiento de superficie (Control)</u>							
Ghoveizi R, y col. (2023)	(30)	6	42,85	0	0	8	57,14
Iwaguro S, y col. (2019)	(34)	10	100	0	0	0	0
Vasconcelos US, y col. (2019)	(36)	44	44	0	0	56	56
	TOTAL	60	48,38	0	0	64	51,61

MP: media ponderada, %: porcentaje

Tabla 14. Resultados descriptivos de la relación entre durabilidad mediante termociclado y la resistencia de unión (SBS) en megapascuales (MPa), obtenida por la aplicación de tratamientos de superficie con láser versus grabado con partículas alúmina.

Autor / año		SBS en MPa sin termociclado		SBS en MPa con termociclado			T (°C)
		MP	DE	MP	DE	Nº ciclos	
<u>Estudios sobre tratamiento de superficie con láser.</u>							
Iwaguro S, y col. (2022)	(31)	26,4	2,27	34,4	3,03	20.000	4 – 60
Iwaguro S, y col. (2019)	(34)	22,6	0,01	21,7	6,23	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019)	(35)	8,6	2,53	4,53	2,51	5.000	5 – 55
TOTAL SBS		57,6		60,63			
Diferencia Total SBS		3,92					
<u>Estudios sobre abrasión con partículas de alúmina</u>							
Iwaguro S, y col. (2022)	(31)	27,46	3,12	10,02	3,12	20.000	4 – 60
Iwaguro S, y col. (2019)	(34)	19,16	4,57	26,39	2,03	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019)	(35)	11,69	7,08	19,82	5,94	5.000	5 – 55
TOTAL SBS		58,31		56,23			
Diferencia Total SBS		2,08					
<u>Estudios sin tratamiento de superficie (Control)</u>							
Iwaguro S, y col. (2019)	(34)	3,98	2,90	0	0	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019)	(35)	2,51	1,83	1,64	2,00	5.000	5 – 55
TOTAL SBS		6,49		1,64			
Diferencia Total SBS		3,98					

DE: Desviación estándar, MP: media ponderada, MPa: megapascuales, SBS: resistencia de unión al cizallamiento, T: temperatura, °C: grados centígrados

Lista de verificación PRISMA 2020

Sección / Tema	Ítem n°	Ítem de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
TÍTULO			
Título	1	Identifique la publicación como una revisión sistemática.	Portada
RESUMEN			
Resumen estructurado	2	Vea la lista de verificación para resúmenes estructurados de la declaración PRISMA 2020	4, 6
INTRODUCCIÓN			
Justificación	3	Describa la justificación de la revisión en el contexto del conocimiento existente.	29 – 31
Objetivos	4	Proporcione una declaración explícita de los objetivos o las preguntas que aborda la revisión.	33
MÉTODOS			
Criterios de elegibilidad	5	Especifique los criterios de inclusión y exclusión de la revisión y cómo se agruparon los estudios para la síntesis.	36
Fuentes de información	6	Especifique todas las bases de datos, registros, sitios web, organizaciones, listas de referencias y otros recursos de búsqueda o consulta para identificar los estudios. Especifique la fecha en la que cada recurso se buscó o consultó por última vez.	36 – 38
Estrategia de búsqueda	7	Presente las estrategias de búsqueda completas de todas las bases de datos, registros y sitios web, incluyendo cualquier filtro y los límites utilizados.	36 – 37
Proceso de selección de los estudios	8	Especifique los métodos utilizados para decidir si un estudio cumple con los criterios de inclusión de la revisión, incluyendo cuántos autores de la revisión cribaron cada registro y cada publicación recuperada, si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	38
Proceso de extracción de los datos	9	Indique los métodos utilizados para extraer los datos de los informes o publicaciones, incluyendo cuántos revisores recopilaron datos de cada publicación, si trabajaron de manera independiente, los procesos para obtener o confirmar los datos por parte de los investigadores del estudio y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	38
Lista de los datos	10a	Enumere y defina todos los desenlaces para los que se buscaron los datos. Especifique si se buscaron todos los resultados compatibles con cada dominio del desenlace (por ejemplo, para todas las escalas de medida, puntos temporales, análisis) y, de no ser así, los métodos utilizados para decidir los resultados que se debían recoger.	41
	10b	Enumere y defina todas las demás variables para las que se buscaron datos (por ejemplo, características de los participantes y de la intervención, fuentes de financiación). Describa todos los supuestos formulados sobre cualquier información ausente (missing) o incierta.	39 – 40
Evaluación del riesgo de sesgo de los estudios individuales	11	Especifique los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo de los estudios incluidos, incluyendo detalles de las herramientas utilizadas, cuántos autores de la revisión evaluaron cada estudio y si trabajaron de manera independiente y, si procede, los detalles de las herramientas de automatización utilizadas en el proceso.	40

Lista de verificación PRISMA 2020

Sección / Tema	Ítem n°	Ítem de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
Medidas del efecto	12	Especifique, para cada desenlace, las medidas del efecto (por ejemplo, razón de riesgos, diferencia de medias) utilizadas en la síntesis o presentación de los resultados.	41
Métodos de síntesis	13a	Describa el proceso utilizado para decidir qué estudios eran elegibles para cada síntesis (por ejemplo, tabulando las características de los estudios de intervención y comparándolas con los grupos previstos para cada síntesis (ítem n.º 5).	38 – 39, 41
	13b	Describa cualquier método requerido para preparar los datos para su presentación o síntesis, tales como el manejo de los datos perdidos en los estadísticos de resumen o las conversiones de datos.	-
	13c	Describa los métodos utilizados para tabular o presentar visualmente los resultados de los estudios individuales y su síntesis.	38 – 39, 41
	13d	Describa los métodos utilizados para sintetizar los resultados y justifique sus elecciones. Si se ha realizado un metanálisis, describa los modelos, los métodos para identificar la presencia y el alcance de la heterogeneidad estadística, y los programas informáticos utilizados.	41
	13e	Describa los métodos utilizados para explorar las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios (por ejemplo, análisis de subgrupos, metarregresión).	-
	13f	Describa los análisis de sensibilidad que se hayan realizado para evaluar la robustez de los resultados de la síntesis.	-
Evaluación del sesgo en la publicación	14	Describa los métodos utilizados para evaluar el riesgo de sesgo debido a resultados faltantes en una síntesis (derivados de los sesgos en las publicaciones).	-
Evaluación de la certeza de la evidencia	15	Describa los métodos utilizados para evaluar la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace.	-
RESULTADOS			
Selección de los estudios	16a	Describa los resultados de los procesos de búsqueda y selección, desde el número de registros identificados en la búsqueda hasta el número de estudios incluidos en la revisión, idealmente utilizando un diagrama de flujo (ver figura 1).	43 - 44
	16b	Cite los estudios que aparentemente cumplían con los criterios de inclusión, pero que fueron excluidos, y explique por qué fueron excluidos.	44, 71
Características de los estudios	17	Cite cada estudio incluido y presente sus características.	45 - 46
Riesgo de sesgo de los estudios individuales	18	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo para cada uno de los estudios incluidos.	47, 80, 81
Resultados de los estudios individuales	19	Presente, para todos los desenlaces y para cada estudio: a) los estadísticos de resumen para cada grupo (si procede) y b) la estimación del efecto y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza), idealmente utilizando tablas estructuradas o gráficos.	82 - 85
Resultados de la síntesis			47 - 50
	20a	Para cada síntesis, resuma brevemente las características y el riesgo de sesgo entre los estudios contribuyentes.	
	20b	Presente los resultados de todas las síntesis estadísticas realizadas. Si se ha realizado un metanálisis, presente para cada uno de ellos	-

Lista de verificación PRISMA 2020

Sección / Tema	Ítem nº	Ítem de la lista de verificación	Localización del ítem en la publicación
Sesgos de la publicación		el estimador de resumen y su precisión (por ejemplo, intervalo de credibilidad o de confianza) y las medidas de heterogeneidad estadística. Si se comparan grupos, describa la dirección del efecto.	
	20c	Presente los resultados de todas las investigaciones sobre las posibles causas de heterogeneidad entre los resultados de los estudios.	-
	20d	Presente los resultados de todos los análisis de sensibilidad realizados para evaluar la robustez de los resultados sintetizados.	-
	21	Presente las evaluaciones del riesgo de sesgo debido a resultados faltantes (derivados de los sesgos de en las publicaciones) para cada síntesis evaluada.	-
Certeza de la evidencia	22	Presente las evaluaciones de la certeza (o confianza) en el cuerpo de la evidencia para cada desenlace evaluado.	
DISCUSIÓN			
Discusión	23a	Proporcione una interpretación general de los resultados en el contexto de otras evidencias.	52 - 59
	23b	Argumente las limitaciones de la evidencia incluida en la revisión.	52 - 59
	23c	Argumente las limitaciones de los procesos de revisión utilizados.	58
	23d	Argumente las implicaciones de los resultados para la práctica, las políticas y las futuras investigaciones.	59
OTRA INFORMACIÓN			
Registro y protocolo	24a	Proporcione la información del registro de la revisión, incluyendo el nombre y el número de registro, o declare que la revisión no ha sido registrada.	-
	24b	Indique dónde se puede acceder al protocolo, o declare que no se ha redactado ningún protocolo.	-
	24c	Describa y explique cualquier enmienda a la información proporcionada en el registro o en el protocolo.	-
Financiación	25	Describa las fuentes de apoyo financiero o no financiero para la revisión y el papel de los financiadores o patrocinadores en la revisión.	-
Conflicto de intereses	26	Declare los conflictos de intereses de los autores de la revisión.	-
Disponibilidad de datos, códigos y otros materiales	27	Especifique qué elementos de los que se indican a continuación están disponibles al público y dónde se pueden encontrar: plantillas de formularios de extracción de datos, datos extraídos de los estudios incluidos, datos utilizados para todos los análisis, código de análisis, cualquier otro material utilizado en la revisión.	-

EFFECT OF LÁSER ON BOND STRENGTH ON ZIRCONIA SURFACE VERSUS ABRASIÓN WITH ALUMINA PARTICLES. A SISTEMATIC REVIEW.

Running tittle: *Bond strength between laser texturing versus alumina shot peening in zirconia.*

Authors:

Alejandro Cleves Cuenca¹, Carmen Parra Arenós²

¹ *5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.*

² *Professor of Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia, Spain.*

Corresponding and reprints authors

Carmen Parra Arenós

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia

carmen.parra@universidadeuropea.es

Abstract:

Introduction: Due to the lack of silica in the zirconia microstructure, surface treatments are required to increase its surface roughness. The objective of this review is to obtain higher bond strength by applying laser surface treatment to zirconia than abrasion with alumina particles; to evaluate the effects on the zirconia surface and the durability associated with bond strength.

Material and methods: A bibliographic review was conducted in the electronic databases PubMed / Medline, Scopus and Web of Science to search for indexed articles on zirconia samples that received laser surface treatment versus alumina sandblasting published up to December 2024.

Results: Of 151 articles obtained through electronic search, 9 *in vitro* studies met the inclusion criteria. These studies showed that the bond strength between zirconia and composite resin was 118,5 MPa for the laser surface treatment group and 147,71 MPa for the alumina sandblasting group. Laser texturing resulted in a 52.41% cohesive failure rate compared to 52.74% adhesive failure rate for the alumina sandblasting group. There were no significant differences between the laser-thermocycled and non-thermocycled group.

Conclusions: Laser surface treatment achieved lower bond strength than alumina sandblasting. The thermocycling laser group recorded cohesive failures and higher SBS compared to the non-thermocycling laser.

Keywords: *zirconium, zirconia, zirconia types, 3Y-TZP, 4Y-PSZ, zirconia samples, laser, lasers, laser types, laser application, laser irradiation, laser texturing, laser surface treatment, laser treatment, irradiation surface, aluminum oxide, alumina, alumina sandblasting, alumina abrasion, sandblasting, bond strength, thermocycling.*

Introduction:

Polycrystalline zirconia porcelain is presented as an alternative to metal-porcelain restorations due to its excellent mechanical, optical, and biocompatibility properties (1).

Zirconia is a non-metallic material, whose microstructure lacks silica and a glassy phase, which makes it difficult to achieve roughness with acids on its surface. For this reason, surface treatments for zirconia are essential. There are alternative surface treatments, but less used, such as laser versus more traditional ones, such as abrasion with alumina particles (2, 3).

Laser surface treatment of zirconia could be a better alternative because it allows more precise control and is less polluting than the stress exerted during shot peening with alumina, which could create cracks (4 - 7).

There are several systematic reviews published on zirconia surface treatments (1, 5, 8 - 13). Some focused on the properties and applications of zirconia, with surface treatments as a secondary topic (1, 8, 12, 13), while others evaluated zirconia surface treatments with various types of lasers (3, 5, 9 - 11). However, the present review focused on comparing the specific property of zirconia-composite resin bond strength between an emerging surface treatment, such as laser, and the traditional alumina particle etching. The main objective was to systematically review the following question: On samples of different types of zirconia, does the application of laser surface treatments achieve higher bond strength, related to the surface effect and durability than alumina particle etching? Therefore, the shear bond strength of thermocycled zirconia and composite resin samples was evaluated, first, and the effect on surface-based failure types and durability related to SBS and artificial aging by thermocycling was evaluated.

Material and methods:

The following systematic review was carried out following the Prisma Guide statement (Preferred Reporting items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (14).

-. PICO research question:

This question was formulated following the PICO strategy format, structured as follows:

P (population): Samples of various zirconia types bonded to composite resin.

I (intervention): Laser surface treatment.

C (comparison): Abrasion with alumina particles.

O (results):

- 01: Bond strength (SBS in MPa).
- 02: Surface effects (failure types in %).
- 03: Durability (thermocycling in number of cycles and °C).

-. Eligibility criteria:

Eligibility criteria followed the guidelines of the PICO question and the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) statement (14).

- Type of study: *In vitro* experimental studies in English, published from 2019 to 2024, were included.
- Type of population: Samples of various types of zirconia bonded to composite resin.
- Type of intervention: Laser surface treatment on zirconia, associated with abrasion using alumina particles.
- Type of outcome: Studies that provide significant results using shear bond strength (SBS in MPa) and apply the thermocycling test in terms of the number of cycles and °C.
- Type of outcome variables: Studies that provide data on average bond strength in MPa. Secondary endpoints included surface effects by adhesive, cohesive, and mixed failure types in %, and durability based on artificial aging by thermocycling in terms of the number of cycles and temperature in degrees Celsius, both secondary endpoints related to bond strength.

Exclusion criteria included systematic reviews, clinical studies, expert reports, and *in vitro* animal studies; studies excluding laser surface treatment and abrasion with alumina particles on zirconia surfaces; studies published outside the 2019–2024 period and in a language other than English; studies related to orthodontics; and studies with unclear outcome information.

-. Sources of information and data search:

An automated data search was conducted for articles published in English from 2019 to December 2024 in the following databases: PubMed/Medline, Scopus, and Web of Science using the keywords zirconium, zirconia, zirconia types, 3Y-TZP, 4Y-PSZ, zirconia samples, lasers, laser*, laser types, laser application, laser irradiation, laser texturing, laser surface treatment, laser treatment, surface irradiation, aluminum oxide, alumina, alumina sandblasting, alumina abrasion, sandblasting, bond strength, thermocycl*. The keywords were combined with the Boolean operators AND, OR, and NOT, as well as with descriptive (MeSH) terms for PubMed-Medline to obtain better and broader search results. The PubMed/Medline search was: (("zirconium"[Mesh] OR zirconia OR zirconia types OR 3Y-TZP OR 4Y-PSZ) OR zirconia samples) AND (("lasers"[Mesh] OR laser* OR laser types) OR (laser application OR laser irradiation OR laser texturing) OR (laser surface treatment OR laser treatment OR irradiation surface)) AND ("aluminum oxide"[Mesh] OR alumina) OR (alumina sandblasting OR alumina abrasion OR sandblasting) AND (bond strength AND thermocycl*) AND ((y_5[Filter]) AND (english[Filter])).

The Scopus search was: (TITLE-ABS-KEY ((("zirconia" OR "zirconia" OR "zirconia types" OR "3Y-TZP" OR "4Y-PSZ" OR "zirconia samples"))) AND TITLE-ABS-KEY (((("laser*" OR "laser types") OR ("laser application" OR "laser irradiation" OR "laser texturing") OR ("laser surface treatment" OR "laser treatment" OR "irradiation surface"))) AND TITLE-ABS-KEY ((("Aluminum Oxide" OR "alumina" OR "alumina particles") OR ("alumina sandblasting" OR "alumina abrasion" OR "sandblasting"))) AND TITLE-ABS-KEY ("bond strength") AND TITLE-ABS-KEY ("thermocycl*") AND PUBYEAR > 2018 AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")).

The Web of Science search was: ("zirconium" OR "zirconia" OR "zirconia types" OR "3Y-TZP" OR "4Y-PSZ" OR "zirconia samples") (All Fields) and (("laser*" OR "laser types") OR ("laser application" OR "laser irradiation" OR "laser texturing") OR ("laser surface treatment" OR "laser treatment" OR "irradiation surface")) (All Fields) and (("Aluminum Oxide" OR "alumina" OR "alumina particles") OR ("alumina sandblasting" OR "alumina abrasion" OR "sandblasting")) (All Fields) and "bond strength" (All Fields) and "thermocycl*" (All Fields) and English (Languages). Publication Date Last 5 years.

Next, a manual search was conducted in the bibliographic references of the studies indexed in the databases to identify any eligible and omitted studies.

-. Search strategy:

The potential articles obtained were subjected to a three-stage screening process by a reviewer. In the first stage, irrelevant studies were eliminated by title. In the second stage, irrelevant studies were screened by study type, intervention, and variable. The third stage consisted of full-text article screening. These were eliminated for the reasons explained in figure 1.

-. Extraction data:

The following information was extracted from the studies and arranged in tables according to surface treatment. These data correspond to: author, year and journal of publication of the study, type of *in vitro* study, zirconia type, sample size and number, control group, types of surface treatment (shot peening and laser), cementing materials, bond strength: SBS mean $\pm$ standard deviation (SD), surface effects: failure types and means of observation, and durability (thermocycling).

-. Quality and risk of bias assessment:

The methodological quality of these included *in vitro* studies was assessed by a single reviewer using the Arrive and Consort modification checklist guidelines.

The risk of bias of each study was assessed according to the following parameters: structure-abstract with description of objectives, materials and methods, results and conclusions, sample randomization, specimen loss, sample size, single-operator protocol, blinding of the testing machine operator, adherence to the manufacturer's instructions, presence of a control group, presence of experimental groups, and precision of statistical analysis. Zero points were assigned if the article clearly reported the parameter. One point was assigned if the information was unclear or insufficient. Two points were assigned if the information was missing from the article. The risk of bias of each individual article was categorized based on a total of points: 0 to 3 (high quality/low risk of bias); 4 to 7 (medium quality/moderate risk of bias); from 8 to 11 (low quality / high risk).

-. Data synthesis:

In order to compare and summarize the values of the outcome variables across different studies, the mean values were grouped by surface treatment.

The statistical calculation of the weighted mean was chosen because the mean values were determined by variables with different impacts on the final results. The weighted characteristic for calculating the weighted mean of bond strength was the standard deviation. The weighted characteristic of the weighted mean for the second variable was the percentage incidence of the failure type being evaluated or also expressed as the severity of surface damage after shearing. To calculate the weighted mean for durability, studies were considered that compared bond strength values without and after thermal cycling, ranging from 4,000 to 20,000 cycles and from 4 to 60°C. For durability, the weighted mean was evaluated using the weighted characteristic of the standard deviation. A meta-analysis could not be performed due to the large sample size and variety and the number of parameters used in the laser and alumina particle etching mechanisms, so the results were focused on a descriptive study.

Results:

-. Study selection:

A total of 151 articles were obtained from the initial search process: PubMed/Medline (n=119), Scopus (n=22), and Web of Science (n=10). No results were obtained from the manual search. Of these publications, 26 were identified as potentially eligible articles by screening titles and abstracts. Full-text articles were obtained and read carefully. As a result, 9 articles met the inclusion criteria and were included in the present systematic review (Fig. 1).

-. Analysis of the characteristics of the reviewed studies:

A total of nine *in vitro* studies were selected and reviewed in this review (15-23). Seven articles (15-17, 18, 21-23) specified that the sample was randomized. The sample consisted of a total of 1,627 specimens. The most common zirconia was yttria-stabilized tetragonal polycrystalline, followed by multilayer zirconia (17-19, 21-23). The sample preparation process was very similar. This preparation process and the standardization of the samples facilitated the comparison of the data provided to obtain the results. The control group was not included in two studies (17, 20); however, the experimental groups appeared in all studies. The studies have been organized in the tables describing the results according to the surface treatments performed. The most commonly used lasers were Nd:YAG, Nd:YVO₄, and Er:YAG (16, 17, 18, 21, 23). All studies reported the mean bond strength (SBS) in megapascals. Failure types were expressed as percentages (%). The distribution of failure types was not specified in four studies (16, 19, 20, 22). The durability variable was based on artificial aging using thermocycling. Three studies (17, 20, 22) evaluated and compared durability in terms of bond strength by subjecting some sample groups to thermocycling and others not. The characteristics of the reviewed studies are described in Table 1.

-. Assessment of methodological quality:

Of the nine studies reviewed, two studies (22, 23) had a low risk of bias and high methodological quality. Three studies (15-17) were classified as having a moderate risk of bias and medium methodological quality. Four studies (18-21)

had a high risk of bias and low methodological quality. Table 2 describes the risk of bias and methodological quality of each study. Regarding the risk of bias of the parameters, the following stood out as low risk of bias: sample size, manufacturer's instructions, and experimental group. The statistical analysis parameter had a moderate risk of bias. Operator blinding and single operator were parameters with a high risk of bias.

-. Synthesis of results:

Bond Strength

Regarding laser surface treatment, 9 studies provided bond strength (SBS) data in MPa (15-23). The total SBS was 118.58 MPa, with a range of 4.47 MPa (20) to 34.4 MPa (18). The highest mean value was 34.4 MPa. In etching with alumina particles, 9 studies provided data on increased bond strength in MPa (15-23). The total SBS was 147.71 MPa, with a range of 4.61 MPa (22) to 48.9 MPa (15). The highest mean value was 48.9 MPa. Regarding the untreated or control group, 7 articles provided bond strength results (15-17, 19, 21-23). The total SBS was 35.53 MPa with a range of 2.32 MPa (16) to 15.65 MPa (23). The upper average was 15.65 MPa (23). All these results are reflected in Table 3.

Surface Effect: Failure Types

The results described in percentages of zirconia surface effects were based on the types of failures (cohesive, adhesive, mixed) produced after shearing. Regarding laser surface treatment, five studies provided data on the dominant failure type after shearing (15, 17, 18, 21, 23). The highest total of 52.41% corresponded to the predominant cohesive failure, with a range of 0% (15, 17) to 100% (18). The highest average value of cohesive failure observed was 100%, corresponding to an article that related the cohesive failure mode to the effects of the dimensions of laser-engraved grid-like microgrooves in both thermocycled and non-thermocycled zirconia-composite resin samples (18). In the alumina particle etching treatment group, 5 studies provided data on the dominant failure type (15, 17, 18, 21, 23). The highest total for adhesive failure type was 52.74%, with a range from 4.3% (17) to 100% (21). The highest average was 100% for

adhesive failure. In the group without surface treatment, 3 studies provided data on failure type (17, 21, 23). The dominant failure type with 51.61% was mixed failure, with a range from 0% to 57.14%. All these results are reflected in Table 4.

Durability

Regarding the laser surface treatment group, three studies provided durability data (18, 21, 22). The highest total SBS was 60.63 MPa in the thermocycling subgroup, ranging from 4.53 MPa (22) to 34.4 MPa (18). The difference between the total SBS of the thermocycling subgroup, 62.23 MPa, and the non-thermocycling subgroup, 58.31 MPa, was 3.92 MPa; this difference was not statistically significant. Regarding abrasion with alumina particles, three studies provided durability data (18, 20, 22). The highest total SBS of 58.31 MPa, corresponded to the subgroup without thermocycling with a range of 10.02 MPa (18) to 26.39 MPa (21). The difference between the group without thermocycling of 58.31 MPa and the thermocycled group of 56.26 MPa was 2.08 MPa, but it is not significant. In reference to the group without surface treatment, 2 studies provided durability data (21, 22). The highest total SBS was 6.49 MPa in the subgroup without thermocycling with a range of 2.51 MPa (22) to 3.98 MPa (21). The difference between the total SBS without thermocycling and thermocycled was 4.85 MPa. All these results are reflected in Table 5.

Discusión:

The values determined by variables with different impacts made it impossible to perform a meta-analysis, so the results were presented descriptively.

Bond strength

The findings of this systematic review, based on nine *in vitro* studies, revealed that laser surface treatment of zirconia resulted in lower bond strength compared to the gain achieved by alumina shot peening. These findings are consistent with other previous reviews. Although laser treatment is based on the sandblasting principle, the results will be determined by the type of laser used (5, 11). Among the included articles, there are studies that obtained similar results to the present review (16-18, 23). The results are attributed to a combination of factors (16). For

some articles, the determining factors are roughness, wettability, and surface area gain (15). Other studies highlight: the type of zirconia, the primer, the cement used and thermocycling (16).

Surface Effect: Failure Types

The results revealed that, in the laser surface treatment group, the dominant failure was cohesive failure. Previous research concluded that shear bond strength testing induces an uneven stress distribution, leading to a predominance of cohesive failure (24). Two of the selected studies agree with the failure type results of the present systematic review (18, 21). They attribute the cohesive failure type to the microgrooves and grooves of the lattice-like laser etching, and to the microstructure of zirconia (18, 21).

Durability

Laser surface treatment on thermocycled zirconia-composite resin samples yielded a non-significant increase compared to the non-thermocycled subgroup. The results of this review are consistent with a previous study suggesting that further research using higher cycle times is warranted to confirm or refute the hydrothermal effect of thermocycling (2). Following the same line of results, several studies attribute these findings to the following causes: polymerization of the composite resin caused by heating during thermocycling (18); primer components (15); and the combination of laser surface treatment and thermocycling (16). The results of this review regarding durability are controversial; generally, a decrease in SBS is expected due to exposure to moisture and sudden temperature changes (hydrothermal effect) during thermocycling (15, 18). Despite the limitations, laser surface treatment yielded lower bond strength compared to shot peening with alumina combined with primer. The thermocycling laser group recorded cohesive failures and greater bond strength than the non-thermocycling laser group. However, current evidence is limited due to the wide heterogeneity of study characteristics, short follow-up, controlled laboratory environment, and lack of a standardized protocol.

Bibliography:

1. Benalcázar-Jalkh EB, Bergamo ETP, Campos TMB, Coelho PG, Sailer I, Yamaguchi S, et al. A Narrative Review on Polycrystalline Ceramics for Dental Applications and Proposed Update of a Classification System. *Materials (Basel)*. 2023 December; 16(24): p. 7541.
2. Saade J, Skienhe H, Ounsi HF, Matinlinna JP, Salamed Z. Evaluation Of The Effect Of Different Surface Treatments, Aging And Enzymatic Degradation On Zirconia-Resin Micro-Shear Bond Strength. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2020 January 6; 12: p. 1-8.
3. Ordueri TM, Ateş MM, Özcan M. Assessment of Intra-Oral Repair Systems for Veneered Zirconia and Zirconia Only. *Materials (Basel)*. 2023 February 7; 16(4).
4. Alqutaibi AY, Ghulam O, Krsoum M, Binmahmoud S, Taher H, Elmalky W, et al. Revolution of Current Dental Zirconia: A Comprehensive Review. *Molecules*. 2022 March 4; 27(5).
5. Chatterjee N, Ghosh A. Current scenario on adhesion to zirconia; surface pretreatments and resin cements: A systematic review. *J Indian Prosthodont Soc*. 2022 Jan-Mar; 22(1): p. 13-20.
6. Kermanshah H, Torkamani MJ, Ranjkesh, Bahrami G. Effect of different surface treatments of presintered or sintered zirconia on. *J Conserv Dent*. 2021 Nov-Dec; 24(6): p. 599-605.
7. Akar T, Dünder A, Kırmalı Ö, Üstün Ö, Kapdan A, Er H, et al. Evaluation of the shear bond strength of zirconia to a self-adhesive resin cement after different surface treatment. *Dent Med Probl*. 2021 October; 58(4): p. 463-472.
8. Yousry M, Hammad I, Halawani ME, Aboushelib M. Translucency of recent zirconia materials and material-related variables affecting their translucency: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2024 March 5; 24(1): p. 309.
9. Al-Amari AS, Saleh MS, Albadah AA, Almousa AA, Mahjoub WK, Al-Otaibi RM, et al. A Comprehensive Review of Techniques for Enhancing Zirconia Bond Strength: Current Approaches and Emerging Innovations. 2024 October 5; 16(10): p. e70893.
10. 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*. 2023 July; 143(105943).
11. 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 May 22; 14(11): p. 2751.
 12. Yigit BS, Al-Akkad M. Zirconia Ceramics. *Acta Medica (Hradec Kralove)*. 2024; 67(2): p. 39-45.
 13. 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 August; 7(3): p. 74.
 14. Paje MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffman TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic review. *BMJ (Clinical research ed.)*. 2021 Mar; 372(71): p. 29.
 15. Kukiattrakoon B, Kosago P. The effect of gaalas laser, sandblasting, and primers on bond strength between zirconia ceramic and direct resin composite after thermocycling. *Braz Dent Sci*. 2021 Jul/Sep; 24(3): p. 1:9.
 16. Hatami M, Lotfi Kamran M, Davari A, Molazem M. Effect of different laser treatments on the shear bond strength of zirconia ceramic to resin cement. *Dent Res J (Isfahan)*. 2021 July 19; p. 18:56.
 17. Ghomeizi R, Bayati E, Beyabanaki E, Hejazi S, Tavakolizadeh S. Effect of Different Nd:YAG Laser Power Outputs on Bond Strength of Resin Cement to Zirconia in Comparison to Sandblasting. 2023 March; 7(2): p. 61-66.
 18. Iwaguro S, Shimoe S, Takenaka H, Wakabayashi Y, Peng TY, Kaku M. Effects of dimensions of laser-milled grid-like microslits on shear. *J Prostodontic Res*. 2022 January; 66(1): p. 151-160.
 19. Ghomeizi R, Parsirad R, Tavakolizadeh S, Beyabanaki E. Effect of Different Nd: YAG Laser Power Outputs on Bond Strength of Resin Cement to Zirconia in Comparison to Sandblasting. *J Lasers Med Sci*. 2021 February 13; 12(e6): p. 1:6.
 20. Kabiri S, Neshati A, Rohani B. Effect of Different Surface Treatments and Pressure Conditions on Shear Bond Strength of Zirconia Ceramic to Composite Resin. *Front Dent*. 2021 July 23; 18(26): p. 18:26.

21. Iwaguro S, Shimoe S, Hirata I, Murayama T, Satoda. Effect of microslit retention on the bond strength of zirconia to dental materials. *Dent Mater J*. 2019; 38(6): p. 1043-1052.
22. Ozevcimen AN, Kirmali O. Shear Bond Strength between Zirconia and Veneer Ceramic: Effect of Thermocycling and Laser Treatment. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2019; 37(7): p. 434-441.
23. Vasconcelos U, de Oliveira Silva TS, da Silva D, Sipaúba GMO, da Silva Valente V, Zanetti RV, et al. Effects of the combination of Er: Yag laser and sandblasting on the shear bond strength between zirconia and resin cement. *BJOS*. 2019 Jun; 18(e191449): p. 1-10.
24. Elraggal A, Aboushelib M, Raheem IMA, Afifi RR. Effect of surface treatments on biaxial flexural strength, fatigue resistance, and fracture toughness of high versus low translucency zirconia. *BMC Oral Health*. 2022 September; 22(1): p. 412.

Funding: None declared.

Conflict of interest: None declared.

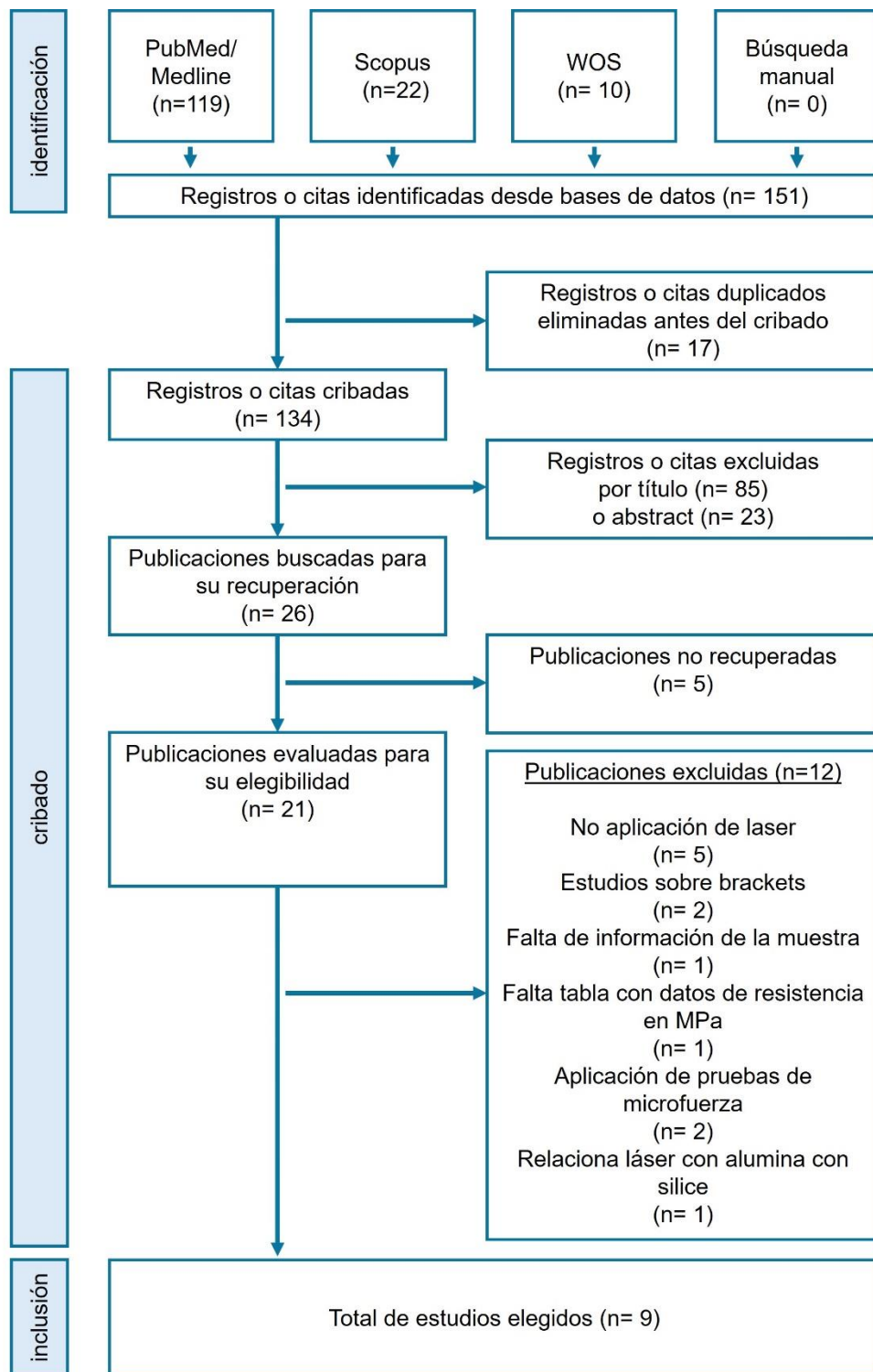


Fig. 1.Diagrama de flujo PRISMA: Representación de la estrategia de búsqueda bibliográfica

Table 1. Characteristics of the included studies									
Study / year	Type of study	Zirconia Tipe	Number of samples	Control Group	Surface Treatment (ST) Blasting Laser		Bond strength (MPa)	Surface Effects	Durability
Ghoveizi R, et al. (2023) (17)	<i>in vitro</i>	multilayer	(n=75)	No ST.	Al ₂ O ₃	CO2	SBS test	3D Microscope	2.000 cycles (5 - 55 °C)
Iwaguro S, et al. (2022) (18)	<i>in vitro</i>	Y-TZP and Ce-TZP/A	(n=80)		Al ₂ O ₃	Nd: YVO4	SBS test	SEM	20.000 cycles (4 - 60 °C)
Ghoveizi R, et al. (2021) (19)	<i>in vitro</i>	multilayer	(n=75)	No ST.	Al ₂ O ₃	Nd:YAG	SBS test	Stereo Microscope	2.000 cycles (5 - 55 °C)
Hatami M, et al. (2021) (16)	<i>in vitro</i>	Translucent	(n=55)	No ST.	Al ₂ O ₃	CO2 Er: YAG Nd:YAG	SBS test	SEM, Magnifying glass	5.000 cycles (5 - 55 °C)
Kabiri S, et al. (2021) (20)	<i>in vitro</i>	sintered	(n=135)		Al ₂ O ₃	Er:YAG	SBS test		1.000 cycles (5 - 55 °C)
Kukiattrakoon B, et al. (2021) (15)	<i>in vitro</i>	sintered	(n=207)	No ST.	Al ₂ O ₃	Diode GaAlAs	SBS test	SEM, stereo Microscope	2.500 cycles (5 - 55 °C)
Iwaguro S, et al. (2019) (21)	<i>in vitro</i>	Y-TZP and Ce-TZP/A	(n=60)	No ST.	Al ₂ O ₃	Nd: YVO4	SBS test	SEM	20.000 cycles (4 - 60 °C)
Ozevcimen AN, et al. (2019) (22)	<i>in vitro</i>	Presintered	(n=220)	No ST.	Al ₂ O ₃	Er,Cr:YSGG	SBS test	SEM, stereo Microscope	5.000 cycles (5 - 55 °C)
Vasconcelos US, et al. (2019) (23)	<i>in vitro</i>	Y-TZP	(n=60)	No ST.	Al ₂ O ₃	Er: YAG	SBS test	SEM, optical Microscope	6.000 cycles (5 - 55 °C)
Col: collaborators, MPa: Megapascals, number: (n=), SBS: Shear Bond Strength Test, SEM: Scanning Electron Microscope, TS: surface treatment..									

Table 2. Bias assessment of <i>in vitro</i> studies included according to the Arrive and Consort list													
Study / year	Summary structure (objectives, materials and methods, results and conclusions)	Sample randomization	Loss of specimens	Smple size	Sole Operator	Operator blinding	Manufacturer's Instructions	Control Group	experimental Group	Accuracy of statistical analysis	Total	Risk of bias	Methodological quality
Ghoveizi R, et al. (2023) (17)	0	0	1	0	2	2	0	0	0	1	6	Moderate	Medium
Iwaguro S, et al. (2022) (18)	0	0	2	0	2	2	0	2	0	0	8	High	Low
Ghoveizi R, et al. (2021) (19)	0	2	2	0	2	2	0	0	0	1	9	High	Low
Hatami M, et al. (2021) (16)	0	0	2	0	2	2	0	0	0	1	7	Moderate	Medium
Kabiri S, et al. (2021) (20)	0	0	2	0	2	2	0	2	0	1	9	Alto	Low
Kukiattrakoon B, et al. (2021) (15)	0	0	0	0	2	2	0	0	0	1	5	Moderate	Medium
Iwaguro S, et al. (2019) (21)	1	2	2	0	2	2	0	0	0	0	9	High	Low
Ozevcimen AN, et al. (2019) (22)	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3	Low	High
Vasconcelos US, et al. (2019) (23)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Bajo	Alta

Table 3. Descriptive study of bond strength.				
Author / year	SBS in MPa		Thermocycling	
	WM	SD	Number of cycles	T (°C)
<u>Studies on laser Surface treatment.</u>				
Ghoveizi R, et al. (2023) (30)	6,6	3,17	2.000	5 – 55
Iwaguro S, et al. (2022) (31)	34,4	6,03	20.000	4 – 60
Ghoveizi R, et al. (2021) (32)	10,33	2,65	2.000	5 – 55
Hatami M, et al. (2021) (18)	5,28	0,88	5.000	5 – 55
Kabiri S, et al. (2021) (33)	4,47	1,52	1.000	5 – 55
Kukiattrakoon B, et al. (2021) (8)	14,99	0,63	2.500	5 – 55
Iwaguro S, et al. (2019) (34)	21,7	6,23	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, et al. (2019) (35)	4,53	2,51	5.000	5 – 55
Vasconcelos US, et al. (2019) (36)	16,28	4,01	6.000	5 – 55
TOTAL SBS	118,58			
<u>Studies on abrasion with alumina particles.</u>				
Ghoveizi R, et al. (2023) (30)	11,14	0,34	2.000	5 – 55
Iwaguro S, et al. (2022) (31)	10,02	3,12	20.000	4 – 60
Ghoveizi R, et al. (2021) (32)	13,21	2,87	2.000	5 – 55
Hatami M, et al. (2021) (18)	6,64	0,86	5.000	5 – 55
Kabiri S, et al. (2021) (33)	6,8	1,88	1.000	5 – 55
Kukiattrakoon B, et al. (2021) (8)	48,9	0,75	2.500	5 – 55
Iwaguro S, et al. (2019) (34)	26,39	2,03	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, et al. (2019) (35)	4,61	2,43	5.000	5 – 55
Vasconcelos US, et al. (2019) (36)	19,82	5,94	6.000	5 – 55
TOTAL SBS	147,71			
<u>Studies without Surface treatment (Control)</u>				

Ghoveizi R, et al. (2023)	(30)	3,79	0,25	2.000	5 – 55
Ghoveizi R, et al. (2021)	(32)	3,21	0,97	2.000	5 – 55
Hatami M, et al. (2021)	(18)	2,32	0	5.000	5 – 55
Kukiattrakoon B, et al. (2021)	(8)	6,02	0,98	2.500	5 – 55
Iwaguro S, et al. (2019)	(34)	2,9	0	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, et al. (2019)	(35)	1,64	0	5.000	5 – 55
Vasconcelos US, et al. (2019)	(36)	15,65	4,21	6.000	5 – 55
TOTAL SBS		35,53			
MPa: megapascals, SBS: Shear Bond Strength, SD: Standard Deviation, T: temperature, WA: weighted average, °C: degree Celcius					

Table 4. Descriptive study of the effect on the surface of zirconia on the types of failures.						
Author / year	types of failures (%)					
	Adhesive		Cohesive		Mixed	
	MP	%	MP	%	MP	%
<u>Studies on laser Surface treatment.</u>						
Ghoveizi R, et al. (2023) (30)	1,4	11,35	0	0	10,93	88,64
Iwaguro S, et al. (2022) (31)	0	0	10	100	0	0
Kukiattrakoon B, et al. (2021) (8)	2	100	0	0	0	0
Iwaguro S, et al. (2019) (34)	8	53,14	0,1	0,67	6,8	45,63
Vasconcelos US, et al. (2019) (36)	19,8	18,35	67	62,11	21,07	19,99
TOTAL	31,2	21,21	77,1	52,41	38,8	26,37
<u>Studies on abrasion with alumina particles</u>						
Ghoveizi R, et al. (2023) (30)	0,36	4,30	0	0	8	9,69
Iwaguro S, et al. (2022) (31)	1,66	55,33	0	0	1,34	44,66
Kukiattrakoon B, et al. (2021) (8)	22,33	55,36	0	10	18	44,63
Iwaguro S, et al. (2019) (34)	10	100	0	0	0	0
Vasconcelos US, et al. (2019) (36)	33	50,76	11	16,92	22	33,84
TOTAL	67,35	52,74	11	8,61	49,34	38,64
<u>Studies without surface treatment (Control)</u>						
Ghoveizi R, et al. (2023) (30)	6	42,85	0	0	8	57,14
Iwaguro S, et al. (2019) (34)	10	100	0	0	0	0
Vasconcelos US, et al. (2019) (36)	44	44	0	0	56	56
TOTAL	60	48,38	0	0	64	51,61
WA: weighted average, %: porcentaje						

Table 5. Descriptive studies of durability in thermocycling alumina.						
Author / year	SBS in MPa without thermociclying		SBS in MPa with thermociclying			
	WA	SD	WA	SD	Nº ciclos	T (°C)
<u>Studies on laser surface treatment.</u>						
Iwaguro S, y col. (2022) (31)	26,4	2,27	34,4	3,03	20.000	4 – 60
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	22,6	0,01	21,7	6,23	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019) (35)	8,6	2,53	4,53	2,51	5.000	5 – 55
TOTAL SBS	57,6		60,63			
Total Difference SBS	3,92					
<u>Studies on abrasion with alumina particles</u>						
Iwaguro S, y col. (2022) (31)	27,46	3,12	10,02	3,12	20.000	4 – 60
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	19,16	4,57	26,39	2,03	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019) (35)	11,69	7,08	19,82	5,94	5.000	5 – 55
TOTAL SBS	58,31		56,23			
Total Difference SBS	2,08					
<u>Studies without surface treatment (Control)</u>						
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	3,98	2,90	0	0	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019) (35)	2,51	1,83	1,64	2,00	5.000	5 – 55
TOTAL SBS	6,49		1,64			
Total Difference SBS	3,98					
SD: Standard Deviation, , MPa: megapascals, SBS: Shear bond strength, T: temperature, WA: weighted average, °C: degrees Celcius						

EFFECTO DEL LÁSER EN LA RESISTENCIA DE UNIÓN SOBRE SUPERFICIE DE CIRCONA VERSUS ABRASIÓN CON PARTÍCULAS DE ALÚMINA. REVISIÓN SISTEMÁTICA.

Título corto: *Resistencia de unión entre texturizado con láser versus granallado con alúmina en circona.*

Autores:

Alejandro Cleves Cuenca¹, Carmen Parra Arenós²

¹ *Estudiante de quinto curso de Odontología de la Universidad Europea de Valencia, Valencia, España.*

² *Profesor de Facultad de Odontología, Universidad Europea de Valencia, Valencia, España.*

Correspondencia

Carmen Parra Arenós

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia

carmen.parra@universidadeuropea.es

Resumen:

Introducción: Por la falta de sílice en la microestructura de la circona, se requieren tratamientos de superficie para aumentar la rugosidad de su superficie. El objetivo de la presente revisión es obtener una mayor resistencia de unión por la aplicación del tratamiento de superficie con láser sobre circona que la abrasión con partículas de alúmina; evaluar los efectos en la superficie de la circona y durabilidad relacionada con la resistencia de unión.

Material y método: Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos electrónicas PubMed / Medline, Scopus y Web of Science para realizar una búsqueda de artículos indexados sobre muestras de circona que recibiesen tratamiento de superficie con láser respecto a arenado con alúmina, publicados hasta diciembre de 2024.

Resultados: De 151 artículos obtenidos por búsqueda electrónica, 9 estudios *in vitro* cumplieron con los criterios de inclusión. Dichos estudios mostraron, que la resistencia de unión entre circona y resina compuesta fue de 118,5 MPa para el grupo de tratamiento de superficie con láser y de 147,71 MPa para el granallado con alúmina. El texturizado con láser obtuvo un 52,41% de falla cohesiva frente al 52,74% de falla adhesiva del granallado con alúmina. No hubo diferencias significativas entre el grupo de láser termociclado y el grupo sin termociclar.

Conclusión: el tratamiento de superficie con láser obtuvo una menor resistencia de unión respecto al arenado con alúmina. El grupo de láser termociclado registró fallas cohesivas y una mayor SBS respecto al laser sin termociclado.

Palabras clave: *zirconium, Zirconia, zirconia types, 3Y-TZP, 4Y-PSZ, lasers, laser types, laser application, laser irradiation, laser texturing, laser surface treatment, laser treatment, irradiation surface, aluminum oxide, alumina, alumina sandblasting, alumina abrasion, sandblasting, bond strength, thermocycling.*

Introducción:

La porcelana policristalina de circonita se presenta como una alternativa a las restauraciones de metal porcelana por sus excelentes propiedades mecánicas, ópticas y de biocompatibilidad (1).

La circonita es un material no metálico, cuya microestructura carece de sílice y de fase vítrea, que impide lograr una rugosidad con ácidos en su superficie. Por esta circunstancia, es fundamental la aplicación de tratamientos de superficie en circonita. Existen tratamientos de superficie alternativos, pero menos usados, como el láser frente a otros más tradicionales, como la abrasión con partículas de alúmina (2, 3).

El tratamiento de superficie de circonita con láser podría ser mejor alternativa por permitir un control más preciso y ser menos contaminante que la tensión ejercida durante el granallado con alúmina que podría crear grietas (4 - 7).

Existen diversas revisiones sistemáticas publicadas sobre tratamientos de superficie de circonita (1, 5, 8 - 13). Unas se centraban en las propiedades y aplicaciones de la circonita y como tema secundario los tratamientos de superficie (1, 8, 12, 13), mientras que otras se dedicaban a evaluar tratamientos de superficie de circonita con varios tipos de láser (3, 5, 9 - 11). Sin embargo, la presente revisión se ha enfocado en comparar la propiedad específica de la resistencia de unión de circonita – resina compuesta entre un tratamiento de superficie emergente, como el láser y el tradicional de grabado con partículas de alúmina. El objetivo principal fue revisar sistemáticamente siguiente pregunta: En muestras de diferentes tipos de circonita, ¿la aplicación de tratamientos de superficie con láser obtiene una mayor resistencia de unión, relacionado con el efecto en superficie y durabilidad que la abrasión con partículas de alúmina? Por ello, se evaluó, en primer lugar, la resistencia de unión al cizallamiento en muestras de circonita y resina compuesta termocicladas y en segundo lugar el efecto en superficie basada en tipos de fallas y la durabilidad relacionada con la SBS y el envejecimiento artificial por termociclado.

Material y métodos

La siguiente revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo la declaración de la Guía Prisma (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (14).

-. Pregunta PICO:

Esta pregunta se realizó siguiendo el formato de la estrategia PICO estructurada en:

P (población): Muestras de varios tipos de circonita unida a resina compuesta.

I (intervención): Tratamiento de superficie con láser.

C (Comparación): Abrasión con partículas de alúmina.

O (Resultados)

- 01: Resistencia de unión (SBS en MPa).
- 02: Efectos en superficie (tipos de falla en %).
- 03: Durabilidad (termociclado en número de ciclos y °C).

-. Criterios de elegibilidad:

Los criterios de elegibilidad siguieron las directrices de la pregunta PICO y de la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) (14).

- Tipo de estudios: Se incluyeron estudios experimentales *in vitro* en idioma inglés, publicados desde 2019 a 2024.
- Tipo de Población: Muestras de varios tipos de circonita unida a resina compuesta.
- Tipo de intervención: Tratamiento de superficie sobre circonita con láser, relacionado con abrasión mediante partículas de alúmina.
- Tipo de resultados: Estudios que proporcionen resultados significativos mediante la aplicación de la resistencia de unión por cizallamiento (SBS en MPa) y apliquen la prueba de termociclado en número de ciclos y °C.

- Tipos de variables resultado: Estudios que proporcionasen datos de la resistencia de unión promedio en MPa. Como variables secundarias: los efectos en superficie por tipos de fallas adhesiva, cohesiva y mixta en % y la durabilidad basada en envejecimiento artificial por termociclado en número de ciclos y temperatura en grados centígrados, ambas variables secundarias relacionadas con la resistencia de unión.

Los criterios de exclusión fueron: revisiones sistemáticas, estudios clínicos, informes de expertos y estudios *in vitro* en animales, estudios que excluyan el tratamiento de superficie con láser y abrasión con partículas de alúmina sobre la superficie de zircona, estudios publicados fuera del periodo 2019 – 2024 y en idioma que no fuera inglés, estudios relacionados con ortodoncia y estudios en los que apareciese información confusa sobre resultados.

-. Fuentes de información y estrategia de búsqueda:

Se realizó una búsqueda de datos automatizada de artículos publicados desde 2019 hasta diciembre de 2024 en idioma inglés en las bases de datos: PubMed/Medline, Scopus y Web of Science utilizando las palabras clave zirconium, zirconia, zirconia types, 3Y-TZP, 4Y-PSZ, zirconia samples, lasers laser*, laser types, laser application, laser irradiation, laser texturing, laser surface treatment, laser treatment, irradiation surface, aluminum oxide, alumina, alumina sandblasting, alumina abrasion, sandblasting, bond strength, thermocycl*. Las palabras claves fueron combinadas con los operadores booleanos AND, OR y NOT, así como con términos descriptores (MeSH) para PubMed-Medline para obtener mejores y más amplios resultados de búsqueda.

La búsqueda en PubMed/Medline fue: (("zirconium"[Mesh] OR zirconia OR zirconia types OR 3Y-TZP OR 4Y-PSZ) OR zirconia samples) AND (("lasers"[Mesh] OR laser* OR laser types) OR (laser application OR laser irradiation OR laser texturing) OR (laser surface treatment OR laser treatment OR irradiation surface)) AND ("aluminum oxide"[Mesh] OR alumina) OR (alumina sandblasting OR alumina abrasion OR sandblasting) AND (bond strength AND thermocycl*) AND ((y_5[Filter]) AND (english[Filter])).

La búsqueda en Scopus fue: (TITLE-ABS-KEY ((("zirconium" OR "zirconia" OR "zirconia types" OR "3Y-TZP" OR "4Y-PSZ" OR "zirconia samples"))) AND TITLE-ABS-KEY ((("laser*" OR "laser types") OR ("laser application" OR "laser irradiation" OR "laser texturing") OR ("laser surface treatment" OR "laser treatment" OR "irradiation surface"))) AND TITLE-ABS-KEY ((("Aluminum Oxide" OR "alumina" OR "alumina particles") OR ("alumina sandblasting" OR "alumina abrasion" OR "sandblasting"))) AND TITLE-ABS-KEY ("bond strength") AND TITLE-ABS-KEY ("thermocycl*") AND PUBYEAR > 2018 AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English"))).

La búsqueda en Web of Science fue: ("zirconium" OR "zirconia" OR "zirconia types" OR "3Y-TZP" OR "4Y-PSZ" OR "zirconia samples") (All Fields) and (("laser*" OR "laser types") OR ("laser application" OR "laser irradiation" OR "laser texturing") OR ("laser surface treatment" OR "laser treatment" OR "irradiation surface")) (All Fields) and (("Aluminum Oxide" OR "alumina" OR "alumina particles") OR ("alumina sandblasting" OR "alumina abrasion" OR "sandblasting")) (All Fields) and "bond strength" (All Fields) and "thermocycl*" (All Fields) and English (Languages). Publication Date Last 5 years.

A continuación, se realizó una búsqueda manual en las referencias bibliográficas de los estudios indexados en las bases de datos con el fin de identificar algún estudio elegible y omitido.

-. Proceso de selección de los estudios:

Los artículos potenciales obtenidos fueron sometidos a un proceso de selección o cribado en tres etapas por un revisor. En la primera etapa, se eliminaron estudios irrelevantes por título. En la segunda etapa se realizó un cribado por tipos de estudios, intervención y variables para eliminar los estudios irrelevantes. La tercera etapa, se basó en el cribado de artículos de texto completo. Se eliminaron por las razones expuestas en la figura 1.

-. Extracción de datos:

La siguiente información fue extraída de los estudios y se dispuso en las tablas según el tratamiento de superficie. Estos datos corresponden a: autor, año y revista de publicación del estudio, tipo de estudio *in vitro*, tipo de circona, tamaño y número de la muestra, grupo control, tipos de tratamiento de superficie: granallado y láser, materiales de cementación, resistencia de unión: SBS media $\pm$ desviación estándar (DE), efectos de superficie: tipos de falla y medios de observación y durabilidad (termociclado).

-. Valoración de la calidad:

La calidad metodológica de estos estudios *in vitro* incluidos se evaluó por un examinador, utilizando las directrices de la lista de modificación de Arrive y Consort. El riesgo de sesgo de cada estudio se evaluó acuerdo con los siguientes parámetros: estructura-resumen con descripción de objetivos, material y métodos, resultado y conclusión, aleatorización de la muestra, pérdida de especímenes, tamaño de la muestra, protocolo de un solo operador, cegamiento del operador de la máquina de pruebas, seguimiento de las instrucciones del fabricante, presencia de grupo control, presencia de grupos experimentales y precisión del análisis estadístico. Se asignó cero puntos si el artículo informaba claramente sobre el parámetro. Se asignó un punto si la información era poco clara o insuficiente. Se asignó dos puntos si la información no constaba en el artículo. El riesgo de sesgo de cada artículo individual se categorizó en función de un total de puntos: de 0 a 3 (calidad alta / bajo riesgo de sesgo); de 4 a 7 (calidad media / riesgo de sesgo moderado); de 8 a 11 (calidad baja / alto riesgo).

-. Síntesis de datos:

Con la finalidad de comparar y resumir los valores de las variables resultado entre diferentes estudios, los valores medios se agruparon según el tratamiento de superficie.

Se optó por el cálculo estadístico de la media ponderada, debido a que los valores medios eran determinados por variables de diferente impacto en los resultados finales. La característica de peso para el cálculo de la media ponderada de la resistencia de unión fue la desviación estándar. La característica de peso de la media ponderada para la segunda variable fue el porcentaje de incidencia del tipo de falla a evaluar o expresado también, como la severidad del daño en la superficie tras el cizallamiento. Para el cálculo de la media ponderada de la durabilidad, se tuvieron en cuenta aquellos estudios en los que se comparasen valores de la resistencia de unión sin ser sometidos y sometidos a termociclado, entre 4000 - 20000 ciclos y de 4 a 60°C. Para la durabilidad, la media ponderada se evaluó con la característica de peso de la desviación estándar. Un metaanálisis no se pudo realizar por el gran tamaño y variedad de la muestra y números parámetros utilizados en los mecanismos de los láseres y del grabado mediante partículas de alúmina, por lo que los resultados se enfocaron hacia un estudio descriptivos.

Resultados:

-. Selección de estudios:

Se obtuvieron un total de 151 artículos del proceso de búsqueda inicial: PubMed/Medline (n=119), Scopus (n=22), y la Web of Science (n=10). De la búsqueda manual no se obtuvieron resultados. De estas publicaciones, 26 se identificaron como artículos potencialmente elegibles mediante cribado de títulos y resúmenes. Los artículos de texto completo se obtuvieron y fueron leídos detenidamente. Como resultado, 9 artículos cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incluidos en la presente revisión sistemática (Fig.1).

-. Análisis de las características de los estudios revisados:

En esta revisión, se incluyeron un total de nueve estudios *in vitro* elegidos y revisados (15 - 23). Siete artículos (15 - 17, 18, 21 – 23) especificaron que la muestra es aleatorizada. La muestra se compuso de un total de 1.627 especímenes. La circona más frecuente fue la policristalina tetragonal

estabilizada con itria, seguida de la multicapa (17 - 19, 21, 23). El proceso de preparación de las muestras fue muy parecido. Este proceso de preparación y la estandarización de las muestras facilitó que se pudiesen comparar los datos aportados para la obtención de resultados. El grupo control no se incluyó en dos estudios (17, 20), en cambio, los grupos experimentales aparecieron en todos los estudios. Los estudios se han organizado en las tablas descripción de resultados según los tratamientos de superficie realizados. Los láseres más utilizados fueron: Nd: YAG, Nd: YVO4 y Er: YAG (16, 17, 18, 21, 23). Todos los estudios detallaron la resistencia de unión promedio (SBS) en megapascals. Los tipos de fallas se expresaron en porcentajes (%). En cuatro estudios (16, 19, 20, 22) no se ha especificado la distribución de los tipos de falla. La variable durabilidad se basó en la prueba de envejecimiento artificial mediante termociclado. En tres estudios (17, 20, 22) se evaluó y comparó la durabilidad en términos de resistencia de unión sometiendo unos grupos de muestra a termociclado y otros no. En la Tabla 1 se describieron las características de los estudios revisados.

-. Evaluación de la calidad metodológica:

De los nueve estudios revisados, dos estudios (22, 23) presentaron riesgo de sesgo bajo y calidad metodológica alta. Tres estudios (15 - 17) fueron clasificados como riesgo de sesgo moderado y calidad metodológica media. Cuatro estudios (18 – 21) presentan riesgo de sesgo alto y calidad metodológica baja. En la Tabla 2, se describió el riesgo de sesgo y calidad metodológica de cada uno de los estudios. En cuanto al riesgo de sesgo de los parámetros, destacaron en riesgo de sesgo bajo; tamaño de la muestra, instrucciones del fabricante y grupo experimental. De riesgo moderado, fue el parámetro análisis estadístico. Cegamiento del operador y operador único fueron parámetros de alto riesgo de sesgo.

-. Síntesis de resultados:

Resistencia de unión

En relación con el tratamiento de superficie con láser, 9 estudios proporcionaron datos sobre la resistencia de unión (SBS) en MPa (15 - 23). El total SBS fue de 118,58 MPa con un rango de 4,47 MPa (20) a 34,4 MPa (18). El valor medio mayor fue de 34,4 MPa. En el grabado con partículas de alúmina, 9 estudios proporcionaron datos sobre el aumento de resistencia de unión en MPa (15 - 23). El total SBS fue de 147,71 MPa con un rango de 4,61 MPa (22) a 48,9 MPa (15). El valor promedio mayor de 48,9 MPa. Respecto al grupo sin tratamiento o control, 7 artículos proporcionaron resultados de resistencia de unión (15 - 17, 19, 21 - 23). El total SBS fue de 35,53 MPa con un rango de 2,32 MPa (16) a 15,65 MPa (23). El promedio superior fue de 15,65 MPa (23). Todos estos resultados quedan reflejados en la Tabla 3.

Efecto en superficie: Tipos de fallas

Los resultados descritos en porcentaje de los efectos en superficie de zircona se basaron en los tipos de fallas (cohesiva, adhesiva, mixta) producidas después del cizallamiento. En relación con el tratamiento de superficie mediante láser, 5 estudios proporcionaron datos sobre el tipo de falla dominante después del cizallamiento (15, 17, 18, 21, 23). El total superior conseguido de 52,41% correspondió a la falla cohesiva predominante con un rango de 0% (15, 17) a 100% (18). En el grupo de tratamientos mediante grabado con partículas de alúmina, 5 estudios proporcionaron datos sobre el tipo de falla dominante (15, 17, 18, 21, 23). El mayor total del tipo de falla adhesiva fue de 52,74%, con un rango de 4,3% (17) a 100% (21). En referencia al grupo sin tratamiento de superficie, 3 estudios proporcionaron datos sobre el tipo de falla (17, 21, 23). El tipo de falla dominante con un 51,61% fue la falla mixta, con un rango de 0% a 57,14%. Todos estos resultados quedan reflejados en la Tabla 4.

Durabilidad

En relación con el grupo de tratamiento de superficie mediante láser, 3 estudios proporcionaron datos sobre la durabilidad (18, 21, 22). El total SBS mayor fue de 60,63 MPa del subgrupo de termociclado, con un rango de 4,53 MPa (22) a 34,4 MPa (18). La diferencia entre el total SBS del termociclado, 62,23 MPa y del subgrupo sin termociclado, 58,31 MPa fue de 3,92 MPa; siendo estadísticamente no significativa. Respecto a la abrasión con partículas de alúmina, 3 estudios

proporcionaron datos sobre la durabilidad (18, 20, 22). El total SBS mayor 58,31, correspondió al subgrupo sin termociclado con un rango de 10,02 MPa (18) a 26,39 MPa (21) La diferencia entre el grupo sin termociclado de 58,31 MPa y del grupo termociclado de 56,26 MPa fue de 2,08 MPa, pero no es significativa. En referencia al grupo sin tratamiento de superficie, 2 estudios proporcionaron datos de la durabilidad (21, 22). El total SBS mayor fue de 6,49 MPa del subgrupo sin termociclado con un rango de 2,51 MPa (22) a 3,98 MPa (21). La diferencia entre los totales SBS sin termociclado y termociclado fue de 4,85 MPa. Los resultados quedan reflejados en la Tabla 5.

Discusión:

Los valores determinados por variables de diferente impacto hicieron imposible realizar un metaanálisis, por lo que los resultados se mostraron de forma descriptiva.

Resistencia de unión

Los hallazgos de esta revisión sistemática, basada en 9 estudios *in vitro*, revelaron que el tratamiento de superficie en circona con láser obtuvo menor resistencia de unión respecto la ganancia del granallado con alúmina. Estos hallazgos coinciden con otras revisiones precedentes, a pesar de que láser se base en el principio del arenado, los resultados son determinados por el tipo del láser usado (5, 11). Entre los artículos incluidos, existen estudios que obtuvieron resultados similares a la presente revisión (16 - 18, 23). Los resultados se atribuyen a una combinación de factores (16). Para unos artículos, los factores determinantes son la rugosidad, la humectabilidad y el aumento de superficie (15). Otros estudios destacan: el tipo de circona, la imprimación, el cemento utilizado y el termociclado (16).

Efecto en superficie: Tipos de falla

Los resultados revelaron que, en el grupo de tratamiento de superficie con láser, la falla dominante fue la cohesiva. En investigaciones precedentes concluyeron que la prueba de resistencia de unión por cizallamiento induce a una desigual distribución de tensiones conduciendo al predominio de falla cohesiva (24). Dos

de los estudios seleccionados coinciden con los resultados de tipos de falla de la presente revisión sistemática (18, 21). Atribuyen el tipo de falla cohesiva al efecto de microrranuras y hendiduras del grabado de láser en forma de rejilla y a la microestructura de la circona (18, 21).

Durabilidad

El tratamiento de superficie con láser, en muestras de circona - resina compuesta termocicladas, obtuvo un aumento no significativo respecto al subgrupo sin termociclado. Los resultados de la presente revisión coinciden con un estudio previo que sugiere que se debe realizar más investigaciones utilizando valores de ciclos más altos para aprobar o refutar el efecto hidrotermal del termociclado (2). Siguiendo la misma línea de resultados, diversos estudios atribuyen tales hallazgos a las siguientes causas: la polimerización de la resina compuesta causada por el calentamiento durante el termociclado (18); a los componentes del imprimador (15); combinación del tratamiento de superficie con láser, sinterización y termociclado (16). Los resultados de esta revisión correspondientes a la durabilidad son controvertidos, por lo general, se espera que disminuya la SBS por la exposición a la humedad y los cambios repentinos de la temperatura (efecto hidrotermal) durante el termociclado (15, 18). A pesar de las limitaciones, el tratamiento de superficie con láser obtuvo una menor resistencia de unión, respecto al granallado con alúmina combinadas con imprimador. El grupo de láser termociclado registró fallas cohesivas y una mayor resistencia de unión, respecto al láser sin termociclado. Sin embargo, la evidencia actual es limitada debido a la gran heterogeneidad de las características de los estudios, corto seguimiento, el medio controlado del laboratorio y ausencia de un protocolo estandarizado.

Bibliografía:

1. Benalcázar-Jalkh EB, Bergamo ETP, Campos TMB, Coelho PG, Sailer I, Yamaguchi S, et al. A Narrative Review on Polycrystalline Ceramics for Dental Applications and Proposed Update of a Classification System. Materials (Basel). 2023 December; 16(24): p. 7541.

2. Saade J, Skienhe H, Ounsi HF, Matinlinna JP, Salamed Z. Evaluation Of The Effect Of Different Surface Treatments, Aging And Enzymatic Degradation On Zirconia-Resin Micro-Shear Bond Strength. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2020 January 6; 12: p. 1-8.
3. Ordueri TM, Ateş MM, Özcan M. Assessment of Intra-Oral Repair Systems for Veneered Zirconia and Zirconia Only. *Materials (Basel)*. 2023 February 7; 16(4).
4. Alqutaibi AY, Ghulam O, Krsoum M, Binmahmoud S, Taher H, Elmalky W, et al. Revolution of Current Dental Zirconia: A Comprehensive Review. *Molecules*. 2022 March 4; 27(5).
5. Chatterjee N, Ghosh A. Current scenario on adhesion to zirconia; surface pretreatments and resin cements: A systematic review. *J Indian Prosthodont Soc*. 2022 Jan-Mar; 22(1): p. 13-20.
6. Kermanshah H, Torkamani MJ, Ranjkesh, Bahrami G. Effect of different surface treatments of presintered or sintered zirconia on. *J Conserv Dent*. 2021 Nov-Dec; 24(6): p. 599-605.
7. Akar T, Dünder A, Kırmalı Ö, Üstün Ö, Kapdan A, Er H, et al. Evaluation of the shear bond strength of zirconia to a self-adhesive resin cement after different surface treatment. *Dent Med Probl*. 2021 October; 58(4): p. 463-472.
8. Yousry M, Hammad I, Halawani ME, Aboushelib M. Translucency of recent zirconia materials and material-related variables affecting their translucency: a systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*. 2024 March 5; 24(1): p. 309.
9. Al-Amari AS, Saleh MS, Albadah AA, Almousa AA, Mahjoub WK, Al-Otaibi RM, et al. A Comprehensive Review of Techniques for Enhancing Zirconia Bond Strength: Current Approaches and Emerging Innovations. 2024 October 5; 16(10): p. e70893.
10. 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*. 2023 July; 143(105943).
11. 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 May 22; 14(11): p. 2751.

12. Yigit BS, Al-Akkad M. Zirconia Ceramics. *Acta Medica (Hradec Kralove)*. 2024; 67(2): p. 39-45.
13. 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 August; 7(3): p. 74.
14. Paje MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffman TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic review. *BMJ (Clinical research ed.)*. 2021 Mar; 372(71): p. 29.
15. Kukiattrakoon B, Kosago P. The effect of gaalas laser, sandblasting, and primers on bond strength between zirconia ceramic and direct resin composite after thermocycling. *Braz Dent Sci*. 2021 Jul/Sep; 24(3): p. 1:9.
16. Hatami M, Lotfi Kamran M, Davari A, Molazem M. Effect of different laser treatments on the shear bond strength of zirconia ceramic to resin cement. *Dent Res J (Isfahan)*. 2021 July 19; p. 18:56.
17. Ghoveizi R, Bayati E, Beyabanaki E, Hejazi S, Tavakolizadeh S. Effect of Different Nd: YAG Laser Power Outputs on Bond Strength of Resin Cement to Zirconia in Comparison to Sandblasting. 2023 March; 7(2): p. 61-66.
18. Iwaguro S, Shimoe S, Takenaka H, Wakabayashi Y, Peng TY, Kaku M. Effects of dimensions of laser-milled grid-like microslits on shear. *J Prostodontic Res*. 2022 January; 66(1): p. 151-160.
19. Ghoveizi R, Parsirad R, Tavakolizadeh S, Beyabanaki E. Effect of Different Nd: YAG Laser Power Outputs on Bond Strength of Resin Cement to Zirconia in Comparison to Sandblasting. *J Lasers Med Sci*. 2021 February 13; 12(e6): p. 1:6.
20. Kabiri S, Neshati A, Rohani B. Effect of Different Surface Treatments and Pressure Conditions on Shear Bond Strength of Zirconia Ceramic to Composite Resin. *Front Dent*. 2021 July 23; 18(26): p. 18:26.
21. Iwaguro S, Shimoe S, Hirata I, Murayama T, Satoda. Effect of microslit retention on the bond strength of zirconia to dental materials. *Dent Mater J*. 2019; 38(6): p. 1043-1052.
22. Ozevcimen AN, Kirmali O. Shear Bond Strength between Zirconia and Veneer Ceramic: Effect of Thermocycling and Laser Treatment. *Photobiomodul Photomed Laser Surg*. 2019; 37(7): p. 434-441.

23. Vasconcelos U, de Oliveira Silva TS, da Silva D, Sipaúba GMO, da Silva Valente V, Zanetti RV, et al. Effects of the combination of er: Yag laser and sandblasting on the shear bond strength between zirconia and resin cement. BJOS. 2019 Jun; 18(e191449): p. 1-10.
24. Elraggal A, Aboushelib M, Raheem IMA, Afifi RR. Effect of surface treatments on biaxial flexural strength, fatigue resistance, and fracture toughness of high versus low translucency zirconia. BMC Oral Health. 2022 September; 22(1): p. 412.

Financiamiento: ninguno declarado.

Conflicto de interés: ninguno declarado.

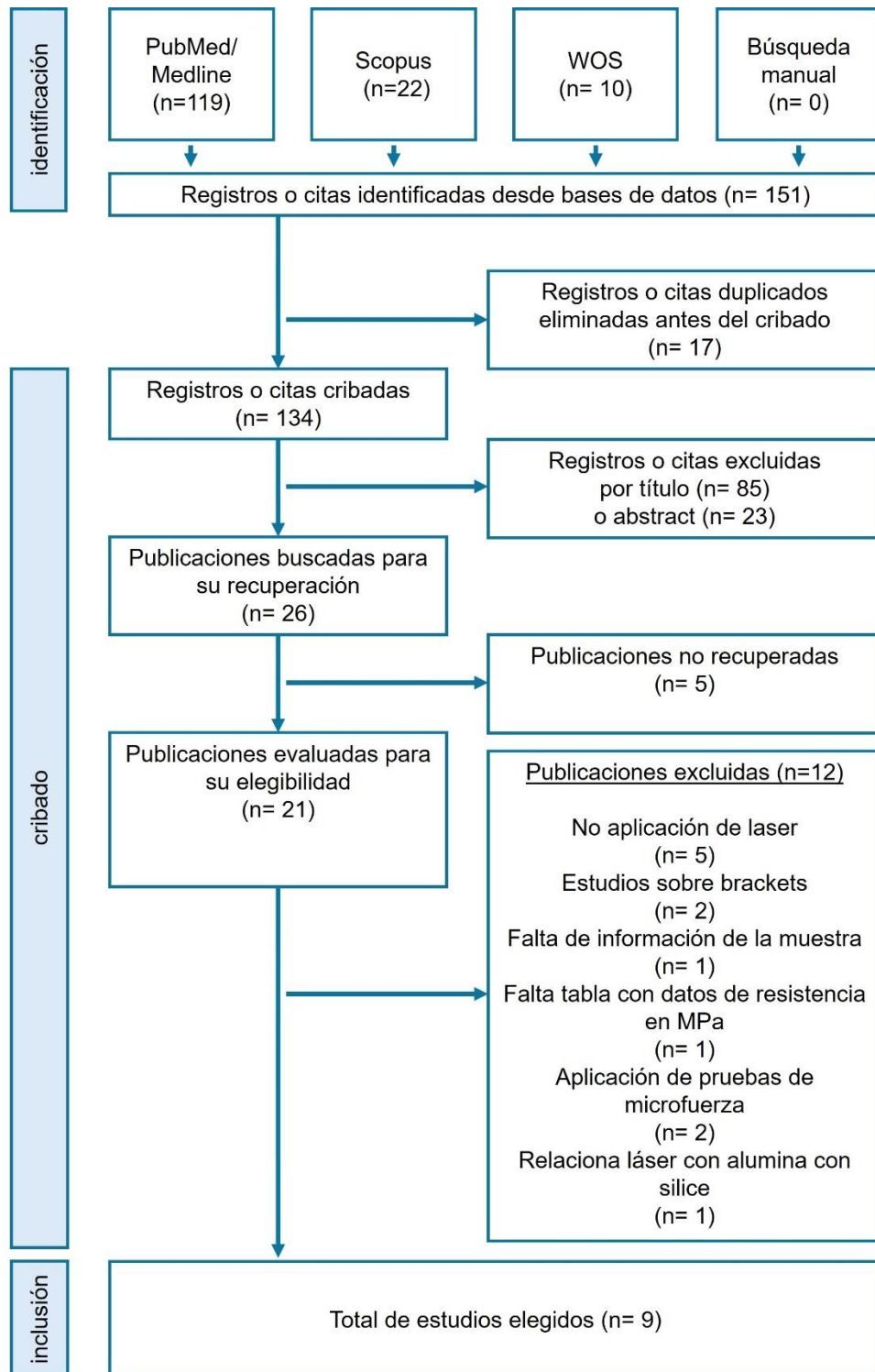


Fig. 1.Diagrama de flujo PRISMA: Representación de la estrategia de búsqueda bibliográfica

Tabla 1. Características de los estudios incluidos									
Estudio / año	Tipo de estudio	Tipo de circona	Número de muestras	Grupo Control	Tratamiento de superficie (TS) Granallado Láser)		Resistencia de unión (MPa)	Efectos en superficie	Durabilidad
Ghoveizi R, y col. (2023) (17)	<i>in vitro</i>	multicapa	(n=75)	sin TS.	Al ₂ O ₃	CO2	Prueba SBS	Microscopio 3D	2.000 ciclos (5 - 55 °C)
Iwaguro S, y col. (2022) (18)	<i>in vitro</i>	Y-TZP Ce-TZP/A	(n=80)		Al ₂ O ₃	Nd: YVO4	Prueba SBS	MEB	20.000 ciclos (4 - 60 °C)
Ghoveizi R, y col. (2021) (19)	<i>in vitro</i>	multicapa	(n=75)	sin TS.	Al ₂ O ₃	Nd:YAG	Prueba SBS	Microscopio estéreo	2.000 ciclos (5 - 55 °C)
Hatami M, y col. (2021) (16)	<i>in vitro</i>	Translúcida	(n=55)	sin TS.	Al ₂ O ₃	CO2 Er: YAG Nd:YAG	Prueba SBS	MEB, Lupa	5.000 ciclos (5 - 55 °C)
Kabiri S, y col. (2021) (20)	<i>in vitro</i>	sinterizada	(n=135)		Al ₂ O ₃	Er:YAG	Prueba SBS		1.000 ciclos (5 - 55 °C)
Kukiattrakoon B, y col. (2021) (15)	<i>in vitro</i>	sinterizada	(n=207)	sin TS.	Al ₂ O ₃	Diodo GaAlAs	Prueba SBS	MEB, Microscopio estéreo	2.500 ciclos (5 - 55 °C)
Iwaguro S, y col. (2019) (21)	<i>in vitro</i>	Y-TZP y Ce-TZP/A	(n=60)	sin TS.	Al ₂ O ₃	Nd: YVO4	Prueba SBS	MEB	20.000 ciclos (4 - 60 °C)
Ozevcimen AN, y col. (2019) (22)	<i>in vitro</i>	Pre-sinterizada	(n=220)	sin TS.	Al ₂ O ₃	Er,Cr:YSGG	Prueba SBS	MEB, Microscopio estéreo	5.000 ciclos (5 - 55 °C)
Vasconcelos US, y col. (2019) (23)	<i>in vitro</i>	Y-TZP	(n=60)	Sin TS.	Al ₂ O ₃	Er: YAG	Prueba SBS	MEB, Microscopio óptico	6.000 ciclos (5 - 55 °C)
Col: colaboradores, MEB: Microscopio electrónico de barrido, MPa: megapascuales, número: (n=), SBS: prueba de resistencia de unión, TS: tratamiento de superficie.									

Tabla 2. Evaluación del riesgo de sesgo de estudios <i>in vitro</i> según la lista Arrive y Consort.													
Estudio / año	Estructura resumen (objetivos, material y método, resultado y conclusión)	Aleatorización de la muestra	Pérdida de especímenes	Tamaño muestra	Operador único	Cegamiento del operador	Instrucciones del fabricante	Grupo control	Grupo experimental	Precisión de análisis estadístico	Total	Riesgo de sesgo	Calidad metodológica
Ghoveizi R, y col. (2023) (30)	0	0	1	0	2	2	0	0	0	1	6	Moderado	Media
Iwaguro S, y col. (2022) (31)	0	0	2	0	2	2	0	2	0	0	8	Alto	Baja
Ghoveizi R, y col. (2021) (32)	0	2	2	0	2	2	0	0	0	1	9	Alto	Baja
Hatami M, y col. (2021) (18)	0	0	2	0	2	2	0	0	0	1	7	Moderado	Media
Kabiri S, y col. (2021) (33)	0	0	2	0	2	2	0	2	0	1	9	Alto	Baja
Kukiattrakoon B, y col. (2021) (8)	0	0	0	0	2	2	0	0	0	1	5	Moderado	Media
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	1	2	2	0	2	2	0	0	0	0	9	Alto	Baja
Ozevcimen AN, y col. (2019) (35)	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3	Bajo	Alta
Vasconcelos US, y col. (2019) (36)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	Bajo	Alta

Tabla 3. Estudio descriptivo de la resistencia de unión.				
Autor / año	SBS en MPa		Termociclado	
	MP	DE	Nº ciclos	T (°C)
<u>Estudios sobre tratamiento de superficie con láser.</u>				
Ghoveizi R, y col. (2023) (30)	6,6	3,17	2.000	5 – 55
Iwaguro S, y col. (2022) (31)	34,4	6,03	20.000	4 – 60
Ghoveizi R, y col. (2021) (32)	10,33	2,65	2.000	5 – 55
Hatami M, y col. (2021) (18)	5,28	0,88	5.000	5 – 55
Kabiri S, y col. (2021) (33)	4,47	1,52	1.000	5 – 55
Kukiattrakoon B, y col. (2021) (8)	14,99	0,63	2.500	5 – 55
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	21,7	6,23	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019) (35)	4,53	2,51	5.000	5 – 55
Vasconcelos US, y col. (2019) (36)	16,28	4,01	6.000	5 – 55
TOTAL SBS	118,58			
<u>Estudios sobre abrasión con partículas de alúmina</u>				
Ghoveizi R, y col. (2023) (30)	11,14	0,34	2.000	5 – 55
Iwaguro S, y col. (2022) (31)	10,02	3,12	20.000	4 – 60
Ghoveizi R, y col. (2021) (32)	13,21	2,87	2.000	5 – 55
Hatami M, y col. (2021) (18)	6,64	0,86	5.000	5 – 55
Kabiri S, y col. (2021) (33)	6,8	1,88	1.000	5 – 55
Kukiattrakoon B, y col. (2021) (8)	48,9	0,75	2.500	5 – 55
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	26,39	2,03	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019) (35)	4,61	2,43	5.000	5 – 55
Vasconcelos US, y col. (2019) (36)	19,82	5,94	6.000	5 – 55
TOTAL SBS	147,71			
<u>Estudios sin tratamiento de superficie (Control)</u>				

Ghoveizi R, y col. (2023)	(30)	3,79	0,25	2.000	5 – 55
Ghoveizi R, y col. (2021)	(32)	3,21	0,97	2.000	5 – 55
Hatami M, y col. (2021)	(18)	2,32	0	5.000	5 – 55
Kukiattrakoon B, y col. (2021)	(8)	6,02	0,98	2.500	5 – 55
Iwaguro S, y col. (2019)	(34)	2,9	0	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019)	(35)	1,64	0	5.000	5 – 55
Vasconcelos US, y col. (2019)	(36)	15,65	4,21	6.000	5 – 55
TOTAL SBS		35,53			
DE: Desviación estándar, MP: media ponderada, MPa: megapascuales, SBS: resistencia de unión al cizallamiento, T: temperatura, °C: grados centígrados					

Tabla 4. Estudio descriptivo del efecto en superficie de circona, en los tipos de fallas.						
Autor / año	Tipos de fallas (%)					
	Adhesivas		Cohesivas		Mixtas	
	MP	%	MP	%	MP	%
<u>Estudios sobre tratamiento de superficie con láser.</u>						
Ghoveizi R, y col. (2023) (30)	1,4	11,35	0	0	10,93	88,64
Iwaguro S, y col. (2022) (31)	0	0	10	100	0	0
Kukiattrakoon B, y col. (2021) (8)	2	100	0	0	0	0
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	8	53,14	0,1	0,67	6,8	45,63
Vasconcelos US, y col. (2019) (36)	19,8	18,35	67	62,11	21,07	19,99
TOTAL	31,2	21,21	77,1	52,41	38,8	26,37
<u>Estudios sobre abrasión con partículas de alúmina</u>						
Ghoveizi R, y col. (2023) (30)	0,36	4,30	0	0	8	9,69
Iwaguro S, y col. (2022) (31)	1,66	55,33	0	0	1,34	44,66
Kukiattrakoon B, y col. (2021) (8)	22,33	55,36	0	10	18	44,63
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	10	100	0	0	0	0
Vasconcelos US, y col. (2019) (36)	33	50,76	11	16,92	22	33,84
TOTAL	67,35	52,74	11	8,61	49,34	38,64
<u>Estudios sin tratamiento de superficie (Control)</u>						
Ghoveizi R, y col. (2023) (30)	6	42,85	0	0	8	57,14
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	10	100	0	0	0	0
Vasconcelos US, y col. (2019) (36)	44	44	0	0	56	56
TOTAL	60	48,38	0	0	64	51,61
MP: media ponderada, %: porcentaje						

Tabla 5. Estudios descriptivos de la durabilidad en termociclado.						
Autor / año	SBS en MPa sin termociclado		SBS en MPa con termociclado			
	MP	DE	MP	DE	Nº ciclos	T (°C)
<u>Estudios sobre tratamiento de superficie con láser.</u>						
Iwaguro S, y col. (2022) (31)	26,4	2,27	34,4	3,03	20.000	4 – 60
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	22,6	0,01	21,7	6,23	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019) (35)	8,6	2,53	4,53	2,51	5.000	5 – 55
TOTAL SBS	57,6		60,63			
Diferencia Total SBS	3,92					
<u>Estudios sobre abrasión con partículas de alúmina</u>						
Iwaguro S, y col. (2022) (31)	27,46	3,12	10,02	3,12	20.000	4 – 60
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	19,16	4,57	26,39	2,03	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019) (35)	11,69	7,08	19,82	5,94	5.000	5 – 55
TOTAL SBS	58,31		56,23			
Diferencia Total SBS	2,08					
<u>Estudios sin tratamiento de superficie (Control)</u>						
Iwaguro S, y col. (2019) (34)	3,98	2,90	0	0	20.000	4 – 60
Ozevcimen AN, y col. (2019) (35)	2,51	1,83	1,64	2,00	5.000	5 – 55
TOTAL SBS	6,49		1,64			
Diferencia Total SBS	3,98					
DE: Desviación estándar, MP: media ponderada, MPa: megapascuales, SBS: resistencia de unión al cizallamiento, T: temperatura, °C: grados centígrados						

