



**Universidad
Europea** VALENCIA

Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

Curso 2024-25

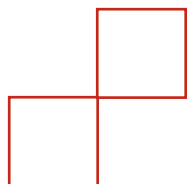
**Comparativa del comportamiento biológico y
mecánico de coronas y/o puentes
confeccionados con PEEK o Zirconio: revisión
sistemática de estudios “in vitro”.**

Presentado por: Tommaso Sartori

Tutor: Raquel Leon Martinez

Campus de Valencia

Paseo de la Alameda, 7
46010 Valencia
universidadeuropea.com



Agradecimientos

Deseo expresar mi más sincera gratitud a todas las personas que han hecho posible el camino que me ha llevado hasta este logro.

Un agradecimiento especial va dirigido a mi familia, por su apoyo incondicional, su cercanía afectuosa y el respaldo constante que me han brindado a lo largo de todo mi recorrido académico. Su presencia ha sido un punto de referencia fundamental.

Mi gratitud también se extiende con mucho cariño a mis abuelos, tíos y primos, por su interés genuino, sus palabras de ánimo y la calidez familiar que siempre me han hecho sentir acompañado, incluso en los momentos más exigentes de este camino.

Agradezco profundamente a la Prof.^a Raquel Leon por su disponibilidad, amabilidad y competencia demostradas tanto durante la actividad de prácticas clínicas como en la redacción de esta tesis. Su supervisión ha sido determinante para mi crecimiento profesional.

Un agradecimiento especial también a los amigos de la universidad, con quienes he compartido momentos de estudio, intercambio, dificultades y satisfacciones. Su apoyo y su amistad han hecho que este recorrido sea más humano y enriquecedor.

A todos ustedes, gracias de corazón.

ÍNDICE

1	INDICES DE ABREVIATURAS.....	1
2	RESUMEN.....	3
3	ABSTRACT.....	5
4	PALABRAS CLAVES	7
5	INTRODUCCIÓN	9
5.1	Contextualización del tema	9
5.2	Materiales de interés: PEEK y zirconio.....	11
5.3	Evolución histórica de los materiales dentales.....	11
5.4	Características químicas y propiedades del PEEK.....	12
5.5	Primeras aplicaciones y desarrollo clínico del PEEK.....	13
5.6	Características químicas y propiedades del Zirconio	15
5.7	Primeras aplicaciones y desarrollo clínico del Zirconio	16
5.8	Evolución clínica y perspectivas futuras del PEEK y Zirconio	17
5.9	Comparación entre PEEK y Zirconio	18
5.9.1	Biocompatibilidad y respuesta biológica: Relación entre el espacio biológico y los materiales: PEEK y zirconio	18
5.9.2	Estética y aplicaciones clínicas	20
5.9.3	Durabilidad y desgaste	21
5.9.4	Sostenibilidad y accesibilidad económica	21
5.9.5	Aplicaciones complementarias	21
5.9.6	Pruebas “in vitro” realizadas en materiales PEEK y zirconio	22
5.10	Enfoque de la revisión sistemática	23
6	JUSTIFICACIÓN E HIPOTESIS	25
6.1	JUSTIFICACIÓN	25
6.2	HIPÓTESIS	26
7	OBJETIVOS.....	27
7.1	Objetivo primario:.....	27

7.2	Objetivo secundario:	27
8	MATERIAL Y MÉTODO	29
8.1	Identificación de la pregunta PICO.....	29
8.2	Criterios de elegibilidad.....	30
8.3	Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos. ..	31
8.4	Proceso de selección de los estudios	32
8.5	Extracción de Datos	33
8.5.1	Variables principales.....	34
8.5.2	Variables secundarias.....	34
8.6	Valoración de la calidad.....	35
8.6.1	Criterios de evaluación:	35
8.6.2	Resultados de la evaluación.....	36
8.7	Síntesis de datos	36
9	RESULTADOS.....	39
9.1	Selección de estudios. Flowchart	39
9.2	Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo.....	42
9.2.1	Criterios de evaluación (escala ARRIVE/CONSORT adaptada):....	43
9.3	Análisis de las características de los estudios revisados (solo PEEK vs. Zirconio, Tabla 4).....	49
9.3.1	Clasificación de los estudios.....	49
9.3.2	Diseño y tipo de estudio.....	49
9.3.3	Tamaño muestral total	49
9.3.4	Parámetros principales	50
9.4	Síntesis de resultados	53
9.4.1	Conclusión global de los resultados (Tabla 5 y Fig.2)	53
10	DISCUSIÓN.....	59
10.1	Resistencia a la fractura y comportamiento mecánico	59
10.2	Distribución de tensiones y absorción de la carga	60

10.3	Desgaste, complicaciones y longevidad en “coping” vs monolítico	61
10.4	Adaptación marginal y sellado biológico	63
10.5	Limitaciones metodológicas y proyecciones futuras	64
10.6	Implicaciones clínicas.....	65
11	CONCLUSIÓN	67
11.1	Conclusión primaria	67
11.2	Conclusiones secundarias	67
12	Bibliografía	69
13	ANEXOS	75

1 INDICES DE ABREVIATURAS

- **Zr**: Zirconio
- **PEEK**: Polyether Ether Ketone
- **Y-TZP / TZP**: Yttria-stabilized Tetragonal Zirconio Polycrystal
- **PAEK**: Polyaryletherketone
- **CAD**: Computer-Aided Design
- **CAM**: Computer-Aided Manufacturing
- **CAD/CAM**: Diseño y fabricación asistidos por computadora
- **CT**: Computed Tomography (Tomografía computarizada, usado como Micro-CT en el contexto dental)
- **MDP**: Methacryloyloxydecyl Dihydrogen Phosphate (monómero adhesivo)
- **PICO**: Population, Intervention, Comparison, Outcome
- **PRISMA**: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
- **ARRIVE**: Animal Research: Reporting of In Vivo Experiments
- **CONSORT**: Consolidated Standards of Reporting Trials

2 RESUMEN

Introducción

Las restauraciones dentales en el sector posterior están expuestas a elevadas cargas oclusales, lo que requiere materiales con alta resistencia mecánica y biocompatibilidad. El zirconio (Y-TZP) es ampliamente utilizada por su dureza y estabilidad química, aunque su rigidez puede provocar microfracturas. El PEEK (Polyetheretherketone) se aplicó como alternativa, gracias a su flexibilidad, capacidad de amortiguación y buena integración biológica.

Esta revisión sistemática evalúa el desempeño mecánico y biológico de coronas y puentes de PEEK en comparación con zirconio.

Material y Método

Se realizó una revisión sistemática basada en PRISMA, buscando en PubMed, Scopus y Web of Science hasta diciembre de 2024. Se incluyeron estudios “in vitro” que compararon PEEK y zirconio a nivel de resistencia a la fractura, distribución del estrés y adaptación marginal. Se emplearon términos MeSH y operadores booleanos. La calidad metodológica fue evaluada con escala modificada de ARRIVE y CONSORT.

Resultados

Se incluyeron ocho estudios “in vitro” que compararon restauraciones de PEEK y zirconio, tanto en versiones monolíticas como con estructura tipo “coping”. El zirconio presentó mayor resistencia a la fractura y mejor adaptación marginal. El PEEK mostró menor rigidez, mejor distribución del estrés y menor abrasividad. Ambos materiales cumplieron con los estándares clínicos mínimos, aunque con comportamientos mecánicos distintos. La variabilidad en los métodos dificulta comparaciones cuantitativas, pero los resultados apoyan el uso clínico de ambos según el caso.

Discusión

Se evidencia que zirconio y PEEK ofrecen ventajas diferenciadas. El zirconio destaca por su alta rigidez y durabilidad, siendo ideal en rehabilitaciones con alta

demanda funcional y estética. El PEEK, en cambio, aporta amortiguación biomecánica, menor desgaste del antagonista y mejor respuesta en pacientes con bruxismo o reabsorción ósea. Ambos materiales son biocompatibles. Las diferencias metodológicas entre estudios y la falta de evidencia clínica limitan extrapolaciones.

Conclusión

Zirconio y PEEK son materiales viables para restauraciones posteriores. El zirconio ofrece mayor resistencia y estética; el PEEK destaca por su flexibilidad y comportamiento favorable en pacientes con parafunción. La elección debe adaptarse al caso clínico. Se necesitan más estudios clínicos para validar estos resultados.

3 ABSTRACT

Introduction

Posterior dental restorations are exposed to high occlusal loads, requiring materials with excellent mechanical strength and biocompatibility. Zirconio (Y-TZP) is widely used due to its hardness and chemical stability, although its rigidity may lead to microfractures. PEEK (Polyetheretherketone) has emerged as an alternative thanks to its flexibility, shock-absorbing properties, and good biological integration.

This systematic review evaluates the mechanical and biological performance of PEEK crowns and bridges in comparison with zirconio.

Materials and Methods

A systematic review was conducted following PRISMA guidelines, searching PubMed, Scopus, and Web of Science up to December 2024. In vitro studies comparing PEEK and zirconio in terms of fracture resistance, stress distribution, and marginal adaptation were included. MeSH terms and Boolean operators were used. Methodological quality was assessed using a modified ARRIVE and CONSORT scale.

Results

Eight in vitro studies were included comparing PEEK and zirconio restorations, in both monolithic and coping-type structures. Zirconio showed higher fracture resistance and better marginal adaptation. PEEK exhibited lower stiffness, improved stress distribution, and less abrasiveness. Both materials met minimum clinical standards, although they demonstrated different mechanical behaviors. Methodological variability hindered direct quantitative comparison, but findings support the clinical use of both materials depending on case-specific needs.

Discussion

Zirconio and PEEK offer distinct advantages. Zirconio stands out for its high rigidity and durability, making it ideal for restorations with high functional and aesthetic demands. In contrast, PEEK provides biomechanical cushioning, reduced antagonist wear, and better performance in patients with bruxism or bone resorption. Both materials are biocompatible. Methodological differences and the lack of clinical evidence limit generalizations.

Conclusion

Zirconio and PEEK are both viable materials for posterior restorations. Zirconio offers superior strength and esthetics, while PEEK stands out for its flexibility and favorable performance in patients with parafunction. Material selection should be tailored to the clinical case. Further clinical studies are needed to validate these findings.

4 PALABRAS CLAVES

- I. Dental crown
- II. Crowns
- III. Dental bridgework
- IV. Partial Denture
- V. Single crown
- VI. Fixed dental prosthesis
- VII. Molar region
- VIII. Posterior area
- IX. PEEK (Polyetheretherketone)
- X. High-performance polymers
- XI. Zirconio
- XII. Zirconium
- XIII. Y-TZP (Yttria-Stabilized Tetragonal Zirconio Polycrystal)
- XIV. CAD/CAM zirconio
- XV. Fracture resistance
- XVI. Mechanical properties
- XVII. Stress distribution
- XVIII. Fracture strength
- XIX. Fatigue resistance
- XX. Load-bearing capacity
- XXI. Force damping

5 INTRODUCCIÓN

5.1 Contextualización del tema

El grupo de los principales materiales protésicos utilizados en odontología es amplio, diverso y en constante evolución, incluyendo metales, cerámicas, polímeros y materiales híbridos. La creciente complejidad de las necesidades clínicas ha llevado a los profesionales del sector a demandar materiales cada vez más eficientes, capaces de satisfacer simultáneamente criterios de resistencia mecánica, biocompatibilidad y estética. En este contexto, dos materiales han destacado de manera significativa: el zirconio, ampliamente consolidada en la práctica clínica por sus propiedades mecánicas y ópticas, y el PEEK (Polyetheretherketone), un material más reciente en el ámbito odontológico, pero con un perfil técnico prometedor. Ambos han sido empleados especialmente en restauraciones del sector posterior, región del aparato estomatognático sometida a cargas oclusales intensas y altas necesidades funcionales (1).

Las fuerzas masticatorias en la región posterior pueden superar los 500 N durante la función normal y aumentar aún más en presencia de parafunciones como el bruxismo, lo que hace necesario el uso de materiales capaces de resistir esfuerzos cíclicos prolongados (2). Los molares y premolares desempeñan un papel crucial en la estabilidad oclusal y en la transmisión de fuerzas a lo largo del eje dental e implantario. Es por esto por lo que surge la necesidad de restauraciones protésicas que garanticen resistencia a la fractura, durabilidad, distribución óptima del estrés oclusal e interacción favorable con los tejidos blandos y duros (3,4).

La biocompatibilidad, además, es un parámetro clave en la elección del material protésico. Los materiales deben ser bien tolerados por los tejidos orales, promover la salud periimplantaria y reducir el riesgo de complicaciones biológicas como mucositis o periimplantitis. Tanto el zirconio como el PEEK han demostrado una buena integración con los tejidos blandos, presentando baja afinidad a la placa bacteriana y contribuyendo al mantenimiento de la salud gingival y ósea (5,6).

El aspecto estético también ha adquirido una relevancia creciente incluso en el sector posterior. Si bien el zirconio ofrece ventajas ópticas por su translucidez y su capacidad de imitar el diente natural, el PEEK, a pesar de su coloración grisácea, puede ser estratificado con composites estéticos que mejoran su apariencia final, permitiendo su uso en zonas de visibilidad moderada (7). Esta capacidad de adaptación estética ha ampliado sus aplicaciones clínicas en combinación con la funcionalidad, especialmente en prótesis híbridas sobre implantes (8).

La evolución tecnológica ha favorecido la integración de estos materiales en flujos de trabajo digitales. Las tecnologías CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) han revolucionado la planificación y fabricación de restauraciones, permitiendo una adaptación más precisa, reducción de los tiempos clínicos y de laboratorio, y un control de calidad más riguroso (9). Gracias a estos sistemas, tanto el zirconio como el PEEK pueden ser mecanizados con alta precisión, aumentando la fiabilidad de las restauraciones y la personalización de los tratamientos. Además, la posibilidad de diseñar perfiles de emergencia individualizados y estructuras ligeras ha hecho que estos materiales sean especialmente útiles en prótesis sobre implantes múltiples o en pacientes con fenotipos gingivales delicados (4,10).

A pesar de la creciente cantidad de estudios sobre zirconio y PEEK, la literatura científica aún carece de una revisión sistemática que compare directamente ambos materiales desde un punto de vista mecánico, biológico y clínico bajo condiciones experimentales controladas. Las revisiones actuales suelen centrarse en materiales individuales o en aspectos aislados (como la resistencia o la adhesión), sin ofrecer una visión comparativa integral (6,10). Esta carencia dificulta que los clínicos puedan tomar decisiones fundamentadas en función del caso específico. Por ello, esta revisión sistemática tiene como objetivo llenar ese vacío, proporcionando un análisis crítico de la evidencia disponible mediante el estudio de investigaciones “in vitro” que evalúan el rendimiento del PEEK y del zirconio en restauraciones CAD/CAM del sector posterior.

5.2 Materiales de interés: PEEK y zirconio

La evolución de la ciencia de los materiales ha llevado a una transformación significativa en el enfoque de las restauraciones dentales. Si en el pasado los materiales principales incluían metales y cerámicas convencionales, hoy en día la introducción de materiales avanzados como el PEEK (Polyether Ether Ketone) y el zirconio ha ampliado considerablemente las opciones disponibles para los profesionales. Estos materiales representan una respuesta innovadora a las crecientes demandas funcionales, estéticas y biológicas de la odontología moderna (2,11).

5.3 Evolución histórica de los materiales dentales

La historia de los materiales dentales refleja un proceso de evolución paralelo al avance tecnológico, la mejora de la ciencia de los materiales y el aumento de las exigencias clínicas y estéticas. Desde la antigüedad, el ser humano ha utilizado materiales rudimentarios como hueso, marfil o metales preciosos para la rehabilitación dental. Estos primeros enfoques carecían de biocompatibilidad y funcionalidad adecuada, pero constituyen la base de lo que hoy es una ciencia altamente especializada (12).

A lo largo del siglo XIX, la introducción de la amalgama de plata y el oro en restauraciones marcó un antes y un después, permitiendo soluciones duraderas, aunque limitadas desde el punto de vista estético y biológico. El desarrollo de resinas acrílicas en los años 1950 y las primeras cerámicas dentales contribuyó a mejorar el aspecto estético de las restauraciones, aunque estas últimas adolecían de fragilidad estructural (7,13).

En la década de 1980, la incorporación del óxido de zirconio estabilizado con itrio (Y-TZP) representó un punto de inflexión. Inicialmente empleado en ortopedia, fue adaptado al campo dental gracias a su excepcional resistencia mecánica y biocompatibilidad (8). Posteriormente, la evolución hacia zirconio translúcido lo convirtió en un material apto también para zonas anteriores (13).

Por su parte, el PEEK, introducido en odontología a partir de los años 2000, proviene del ámbito industrial y médico, donde ya se utilizaba en prótesis ortopédicas y neuroquirúrgicas. Su uso en estructuras dentales, tanto provisionales como definitivas, ha crecido gracias a sus propiedades biomecánicas favorables, su bajo peso, y su capacidad para distribuir el estrés de forma controlada (4,14,15).

La incorporación de la tecnología CAD/CAM ha sido clave en esta evolución, facilitando la mecanización precisa de estos materiales y mejorando la adaptabilidad clínica. Hoy en día, zirconio y PEEK representan los extremos de una misma escala: uno optimizado para la rigidez, el otro para la flexibilidad. Su desarrollo histórico y clínico refleja cómo la odontología moderna se adapta continuamente para ofrecer soluciones más seguras, estéticas y funcionales (13,16).

5.4 Características químicas y propiedades del PEEK

El PEEK (Polyetheretherketone) es un polímero termoplástico semicristalino perteneciente a la familia de los poliariletercetones (PAEK). Su estructura molecular está compuesta por enlaces aromáticos unidos mediante grupos éter y cetona, lo que le otorga una excelente estabilidad térmica y química. Esta configuración lo hace altamente resistente a la degradación por agentes químicos, cambios de pH y a los ciclos de temperatura a los que puede estar sometido en la cavidad oral (4).

Una de las propiedades más destacables del PEEK es su módulo elástico, que se sitúa entre los 3 y 4 GPa, valor comparable al del hueso cortical humano. Esta similitud permite una distribución más fisiológica de las cargas masticatorias, reduciendo el estrés transmitido al hueso periimplantario y minimizando el riesgo de sobrecargas o fracturas óseas (6,14). A diferencia de materiales como el zirconio, que presentan un módulo elástico muy elevado, el PEEK actúa como un amortiguador biomecánico, lo que favorece su comportamiento en restauraciones sobre implantes, especialmente en pacientes con fenotipos periodontales delicados o antecedentes de reabsorción ósea.

Desde un punto de vista físico, el PEEK presenta una densidad baja ($\sim 1.3 \text{ g/cm}^3$), lo que se traduce en estructuras protésicas más ligeras. Esta propiedad lo convierte en un material interesante para pacientes con requerimientos específicos como rehabilitaciones extensas, prótesis removibles implantosoportadas o situaciones en las que la comodidad del paciente es prioritaria (3).

El material es también muy resistente a la abrasión, aunque presenta una dureza menor en comparación con materiales cerámicos (3–4 GPa frente a $>10 \text{ GPa}$ en zirconio). Esta característica reduce el desgaste de los dientes antagonistas, haciéndolo idóneo en casos de bruxismo o pacientes con esmalte desgastado (7).

En cuanto a su comportamiento biológico, el PEEK es inerte, presenta excelente biocompatibilidad y no induce respuestas inmunológicas ni inflamatorias. Además, su baja afinidad a la placa bacteriana ha sido confirmada en varios estudios, lo que contribuye a la preservación de los tejidos periimplantarios y a una menor incidencia de complicaciones infecciosas (5,8)

No obstante, el PEEK también presenta algunas limitaciones. Su coloración grisácea y su bajo índice de translucidez dificultan su uso en zonas de alta exigencia estética. Para solventar este inconveniente, se recurre a recubrimientos estéticos con composites o cerámicas, aunque esto implica protocolos adhesivos más complejos y puede afectar la longevidad de la restauración (17).

Además, la adhesión del PEEK a los cementos dentales convencionales es limitada debido a su superficie hidrofóbica. Para mejorar esta adhesión, se han propuesto diferentes tratamientos superficiales como el arenado, la aplicación de “primers” específicos y el grabado ácido, aunque la eficacia de estos métodos aún está siendo investigada y no existe un protocolo universalmente aceptado (9).

5.5 Primeras aplicaciones y desarrollo clínico del PEEK

El PEEK fue desarrollado originalmente en la década de 1970 para aplicaciones industriales exigentes, como la industria aeroespacial y automotriz, gracias a su

alta resistencia térmica, mecánica y química. Su entrada en el ámbito médico ocurrió en los años 1980, cuando comenzó a utilizarse con éxito en la fabricación de prótesis ortopédicas, implantes espinales y dispositivos biomédicos, demostrando una excelente biocompatibilidad y comportamiento en entornos corporales exigentes (17).

La odontología adoptó el PEEK de manera más reciente, a partir de la década de 2000, inicialmente en el diseño de estructuras implantosoportadas como barras para sobredentaduras, pilares provisionales y prótesis removibles. Estos primeros usos se centraban en su ligereza, su capacidad para absorber cargas funcionales y su fácil mecanización mediante tecnología CAD/CAM. A medida que los estudios demostraron su comportamiento favorable en términos de resistencia, adaptación marginal y biocompatibilidad, el PEEK fue incorporado progresivamente en restauraciones definitivas (2,3).

Su empleo en prótesis fijas, coronas unitarias y puentes de tres unidades se ha expandido gracias a su buena respuesta en pruebas “in vitro” de resistencia a la fractura y estabilidad dimensional bajo cargas cíclicas. En particular, su comportamiento frente al desgaste y la abrasión lo ha posicionado como una alternativa viable para pacientes con parafunciones como el bruxismo o con tejidos periimplantarios delicados (8).

Las plataformas digitales han impulsado aún más su uso, ya que el PEEK puede fresarse con alta precisión, facilitando la fabricación de estructuras con ajuste marginal adecuado y perfiles de emergencia personalizados. Estas características lo hacen adecuado no solo para rehabilitaciones individuales, sino también para tratamientos más complejos sobre implantes múltiples o en pacientes con demandas biomecánicas particulares (9).

A pesar de sus ventajas, las aplicaciones clínicas del PEEK todavía se están explorando, y la mayoría de la evidencia disponible proviene de estudios “in vitro”. Aunque sus propiedades lo convierten en un material prometedor, son necesarios más estudios clínicos longitudinales que evalúen su comportamiento a largo plazo, especialmente en comparación con materiales más consolidados como el zirconio (7).

5.6 Características químicas y propiedades del Zirconio

El zirconio, en su forma más utilizada en odontología, se presenta como óxido de zirconio estabilizado con óxido de itrio (Y-TZP). Este material cerámico policristalino posee una estructura que permite la transformación de fase inducida por tensión, lo cual le proporciona una resistencia excepcional a la fractura. Esta propiedad lo convierte en uno de los materiales más confiables para restauraciones en zonas sometidas a cargas elevadas (3,7,18).

Su módulo elástico se sitúa alrededor de los 210 GPa, muy superior al del hueso cortical y al del PEEK, lo que proporciona rigidez estructural y resistencia a la deformación. Sin embargo, esta misma rigidez puede convertirse en una desventaja clínica en determinadas situaciones, ya que puede concentrar el estrés en la interfase implante-restauración o en los dientes antagonistas, incrementando el riesgo de microfracturas en casos de bruxismo o contacto oclusal excesivo (5,6)

En cuanto a su comportamiento mecánico, el zirconio muestra una resistencia a la fractura superior a los 1000 MPa, con una tenacidad que permite su uso en restauraciones monolíticas. La resistencia al desgaste es también notable, lo que lo hace adecuado para restauraciones de larga duración. No obstante, esta dureza elevada puede generar un desgaste acelerado en los dientes naturales antagonistas si el diseño o la oclusión no son óptimos (8).

Desde el punto de vista estético, el zirconio ha evolucionado significativamente. Las versiones iniciales eran opacas y poco adecuadas para sectores anteriores. Sin embargo, los desarrollos recientes han dado lugar a zirconios translúcidos multicapa, que permiten una mejor integración estética con los tejidos dentales naturales, ampliando su uso en restauraciones altamente visibles (17).

A nivel biológico, el zirconio presenta una excelente biocompatibilidad. Estudios han demostrado su baja citotoxicidad, su comportamiento favorable frente a tejidos blandos y su menor adhesión bacteriana en comparación con otras cerámicas o metales como el titanio. Esto hace del zirconio una opción fiable en

rehabilitaciones sobre implantes, especialmente en pacientes con fenotipo gingival grueso donde la estética y la estabilidad tisular son prioritarias (12).

Sin embargo, una de las limitaciones más relevantes del zirconio es su dificultad de adhesión. Al ser una cerámica sin sílice, no puede grabarse eficazmente con ácido fluorhídrico como otras cerámicas vítreas. Para mejorar la retención, se requiere el uso de “primers” especiales a base de 10-MDP, además de tratamientos con arenado que favorecen la microrretención. Aunque existen protocolos estandarizados, la durabilidad del enlace aún representa un reto en restauraciones altamente exigentes (9).

5.7 Primeras aplicaciones y desarrollo clínico del Zirconio

El zirconio comenzó a utilizarse en el ámbito médico a finales del siglo XX, especialmente en ortopedia, gracias a su elevada resistencia al desgaste, su biocompatibilidad y su estabilidad dimensional. Inicialmente empleado para la fabricación de prótesis articulares y dispositivos quirúrgicos, su excelente comportamiento en contacto con los tejidos biológicos motivó su incorporación progresiva en odontología (17).

En odontología, la introducción del óxido de zirconio estabilizado con itrio (Y-TZP) se produjo durante la década de 1980. En sus primeras aplicaciones, fue utilizado como subestructura para coronas y puentes recubiertos con cerámica feldespática, donde ofrecía una alternativa más estética a los metales tradicionales. Su capacidad de soportar cargas oclusales elevadas y su inercia química lo convirtieron en una opción preferida frente a otros materiales cerámicos más frágiles (3,7).

A lo largo de los años, y con la evolución de las técnicas de fabricación digital, el zirconio comenzó a emplearse en forma monolítica, sin necesidad de recubrimiento cerámico. Este cambio mejoró la resistencia global del restaurador, reduciendo el riesgo de fracturas del recubrimiento y aumentando la longevidad de las rehabilitaciones. Gracias a los avances en la translucidez del material, su uso se amplió también a restauraciones anteriores, manteniendo una excelente estética sin comprometer la resistencia (8).

En la práctica clínica actual, el zirconio se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones: coronas unitarias, puentes fijos, prótesis híbridas sobre implantes y estructuras para sobredentaduras. Su compatibilidad con las tecnologías CAD/CAM permite una fabricación precisa y reproducible, mejorando la adaptación marginal y optimizando el perfil de emergencia de las restauraciones, especialmente en prótesis implantosoportadas (2,9).

Si bien su uso está ampliamente validado por estudios clínicos y revisiones sistemáticas, algunas limitaciones persisten. La rigidez inherente del zirconio puede inducir estrés sobre estructuras adyacentes, y su comportamiento en condiciones de carga dinámica prolongada aún es motivo de estudio. Además, la adhesión al tejido dental requiere protocolos específicos que, aunque estandarizados, pueden suponer un desafío técnico en determinados casos (5).

5.8 Evolución clínica y perspectivas futuras del PEEK y Zirconio

La evolución del PEEK y el zirconio demuestra cómo ambos materiales han respondido a necesidades clínicas específicas y han ampliado las opciones terapéuticas disponibles para los profesionales de la odontología. Mientras que el PEEK ha surgido como una solución ideal para restauraciones sobre implantes y para pacientes que requieren restauraciones flexibles y ligeras, el zirconio ha consolidado su posición como material de referencia para restauraciones estéticas y de alta resistencia en los sectores posteriores y anteriores (15,19).

Las perspectivas futuras incluyen una optimización adicional de los tratamientos superficiales del PEEK para mejorar su estética y adhesión, así como el desarrollo de variantes de zirconio con mayor flexibilidad mecánica para reducir el riesgo de fracturas. Además, la integración de estos materiales con tecnologías avanzadas CAD/CAM seguirá ampliando las posibilidades de personalización y precisión en los tratamientos protésicos, ofreciendo soluciones cada vez más eficaces para satisfacer las necesidades individuales de los pacientes (8,20,21).

5.9 Comparación entre PEEK y Zirconio

El PEEK y el zirconio presentan características únicas que determinan su aplicación clínica según necesidades funcionales, estéticas y biológicas específicas. La elección entre estos materiales nunca es universal, sino que depende de cada tipo de paciente.

El zirconio suele considerarse el material de referencia para las restauraciones en los sectores posteriores debido a su excepcional resistencia mecánica, que le permite soportar cargas oclusales elevadas sin riesgo de fractura. Sin embargo, su alta rigidez puede provocar una distribución no uniforme del estrés, aumentando el riesgo de microfracturas o daños en los dientes antagonistas (11,22,23). Por otro lado, el PEEK, con un módulo elástico similar al del hueso cortical, ofrece una ventaja significativa en la capacidad de distribuir uniformemente el estrés, reduciendo la carga sobre los implantes y minimizando el riesgo de fracturas protésicas o periimplantarias (1,24).

5.9.1 Biocompatibilidad y respuesta biológica: Relación entre el espacio biológico y los materiales: PEEK y zirconio

Ambos materiales son altamente biocompatibles, pero sus interacciones con los tejidos orales presentan diferencias sustanciales. El zirconio se integra bien con los tejidos blandos y duros, mostrando una baja afinidad a la placa bacteriana y promoviendo la salud periodontal (8,11). Sin embargo, el PEEK, al ser un polímero inerte, ofrece una ventaja biológica única: su superficie químicamente estable no provoca reacciones inflamatorias, y se ha demostrado que es altamente tolerado incluso en pacientes con alergias a los metales. Esta característica lo convierte en una opción ideal para restauraciones sobre implantes en pacientes con antecedentes de sensibilidad o complicaciones biológicas (1).

El espacio biológico periimplantario es una barrera funcional y estructural que protege los tejidos duros y blandos alrededor de los implantes. La capacidad de los materiales restauradores de respetar y mantener este espacio es esencial para la estabilidad a largo plazo de las restauraciones. El PEEK y el zirconio, al ser materiales avanzados en odontología implantaria, ofrecen ventajas y desafíos específicos en este contexto (25).

El papel del material en la preservación del espacio biológico:

El impacto de un material restaurador en el espacio biológico no solo depende de sus propiedades mecánicas y biológicas, sino también de cómo interactúa con los tejidos periimplantarios. Esto incluye su capacidad para evitar la acumulación de placa bacteriana, promover la estabilidad del tejido conectivo y minimizar las fuerzas perjudiciales en la interfaz implante restauración (25).

PEEK: un enfoque funcional para la protección del espacio biológico:

Interacción con tejidos blandos: La flexibilidad del PEEK, combinada con su baja afinidad a la placa bacteriana, permite una interacción suave con los tejidos blandos. Esto resulta en un menor riesgo de inflamación y retracción gingival, factores clave para la preservación del espacio biológico.

Adaptación personalizada: La fácil manipulación del PEEK mediante técnicas CAD/CAM facilita un diseño preciso del perfil de emergencia, favoreciendo una integración óptima con los tejidos.

Limitaciones estéticas: Aunque funcionalmente adecuado, el PEEK presenta limitaciones estéticas, lo que restringe su uso en zonas visibles. Sin embargo, su eficacia en áreas posteriores subgingivales es evidente, donde la estética no es prioritaria.

Zirconio: resistencia y estética en el espacio biológico

Estabilidad a largo plazo: La rigidez del zirconio garantiza una durabilidad superior en condiciones de carga funcional elevada. Sin embargo, esta misma rigidez puede aumentar el estrés en los tejidos periimplantarios, especialmente en pacientes con fenotipos gingivales delgados.

Soporte estético: En zonas donde la estética es prioritaria, la translucidez del zirconio permite resultados visuales óptimos. Este material es ideal para

mantener el contorno natural del margen gingival en la zona crítica del perfil de emergencia.

Problemas en la adaptación tisular: Aunque biocompatible, la falta de flexibilidad del zirconio puede dificultar su adaptación en zonas de fenotipo gingival comprometido.

Relación con las tres zonas del perfil de emergencia

El impacto del PEEK y del zirconio en el espacio biológico puede entenderse mejor analizando su interacción con las zonas definidas del perfil de emergencia:

Zona estética (E): El zirconio es ideal por su capacidad de replicar el esmalte natural, pero el PEEK puede usarse en restauraciones con recubrimientos en composite en casos donde la funcionalidad prevalece sobre la estética.

Zona delimitada (B): El PEEK, debido a su flexibilidad, favorece la adaptación tisular en esta zona, especialmente en casos de tejidos blandos delgados.

Zona crestal (C): Aquí, el PEEK minimiza el estrés en los tejidos duros, mientras que el zirconio, aunque más rígido, mantiene su estabilidad en restauraciones altamente funcionales (25).

5.9.2 Estética y aplicaciones clínicas

Desde el punto de vista estético, el zirconio destaca por su translucidez y su capacidad para imitar el aspecto natural del esmalte dental, lo que lo convierte en una opción preferida para restauraciones en los sectores anteriores o para pacientes con altas exigencias estéticas (11). Por otro lado, el PEEK presenta limitaciones estéticas intrínsecas, como su color grisáceo, que lo hace menos adecuado para restauraciones visibles. Sin embargo, los recubrimientos estéticos en composite pueden mejorar significativamente la apariencia del PEEK, ampliando su aplicación incluso en casos donde la estética es una consideración importante (1,8,20,26).

5.9.3 Durabilidad y desgaste

Ambos materiales ofrecen una alta durabilidad, aunque su comportamiento frente al desgaste varía. El zirconio, gracias a su dureza, es resistente al desgaste, pero puede provocar un desgaste acelerado de los dientes antagonistas si no se diseña adecuadamente. Por el contrario, el PEEK tiene una mayor capacidad para absorber cargas y es menos abrasivo, reduciendo el impacto en los dientes naturales y protésicos circundantes, especialmente en pacientes con cargas oclusales elevadas o hábitos parafuncionales como el bruxismo (Dureza: Zirconio 10-12 GPa, PEEK 0.3-0.4 GPa y Esmalte 3-5 GPa) (8,16,22).

5.9.4 Sostenibilidad y accesibilidad económica

Otro aspecto crucial es la sostenibilidad económica. Aunque el zirconio ofrece numerosos beneficios, requiere equipos avanzados de tecnología CAD/CAM para su procesamiento, lo que incrementa los costos totales del tratamiento. Por otro lado, el PEEK presenta un costo relativamente inferior tanto en material como en procesamiento, convirtiéndolo en una opción más accesible económicamente en muchas situaciones clínicas (20,26).

5.9.5 Aplicaciones complementarias

Mientras que el zirconio es preferido para coronas, puentes estéticos y restauraciones permanentes en los sectores anteriores y posteriores, el PEEK se destaca como material para prótesis provisionales, para restauraciones sobre implantes y para pacientes con necesidades específicas, como alergias a los metales o la necesidad de restauraciones ligeras y flexibles.

La complementariedad de estos materiales permite a los clínicos seleccionar la mejor opción según las necesidades específicas del paciente y la ubicación de la restauración (8,11).

5.9.6 Pruebas “in vitro” realizadas en materiales PEEK y zirconio

Las pruebas “in vitro” permiten evaluar el comportamiento de los materiales en un entorno controlado, proporcionando información sobre su desempeño mecánico antes de su aplicación clínica.

Principales pruebas realizadas:

Resistencia a la fractura

Evalúa la carga máxima que las restauraciones pueden soportar antes de fracturarse. Se utilizan métodos como la flexión de tres puntos o la compresión en simuladores de carga. Sin embargo, estas pruebas no replican completamente las dinámicas oclusales reales.

Desgaste antagonista

Mediante simulaciones de masticación, se analiza el impacto del material en los dientes opuestos. Estas pruebas ayudan a determinar el grado de abrasión, aunque no incluyen factores biológicos como la saliva o la variabilidad de las fuerzas mandibulares.

Adaptación marginal

Se emplean técnicas como la microscopía digital y la micro-CT para medir la precisión de ajuste entre la restauración y el diente subyacente. A pesar de su precisión, estas pruebas no reflejan cómo pueden evolucionar las brechas marginales bajo condiciones clínicas.

Desplazamiento vertical

En restauraciones de mayor extensión, como puentes, se analiza la flexibilidad y la distribución del estrés. Dependiendo de la elasticidad del material, se pueden observar diferentes grados de deformación, aunque las cargas aplicadas no siempre representan fielmente las condiciones dinámicas de la cavidad oral.

Envejecimiento acelerado

Mediante termociclado y cargas cíclicas, se simula el uso prolongado del material para evaluar su resistencia al deterioro a lo largo del tiempo. A pesar de proporcionar datos sobre la durabilidad, estas pruebas no contemplan todos los factores biológicos del entorno oral.

Ventajas y limitaciones

Las pruebas “in vitro” permiten un control riguroso de las condiciones experimentales y una comparación reproducible entre materiales. Además, son útiles para evaluar propiedades mecánicas específicas como la resistencia a la fractura y el desgaste. Sin embargo, presentan limitaciones, ya que no reproducen completamente la interacción con los tejidos blandos, la saliva ni las fuerzas fisiológicas complejas, lo que puede dificultar la extrapolación de los resultados a la práctica clínica.

5.10 Enfoque de la revisión sistemática

Esta revisión sistemática se centra exclusivamente en estudios “in vitro” que evalúan las propiedades mecánicas, biológicas y estéticas de restauraciones dentales fabricadas con PEEK y zirconio. Los estudios “in vitro” son una etapa fundamental en la investigación de materiales dentales, ya que proporcionan un entorno controlado para analizar parámetros específicos sin las variables impredecibles que caracterizan las condiciones clínicas. Sin embargo, esta metodología presenta limitaciones intrínsecas que deben considerarse para interpretar correctamente los resultados y evaluar su aplicabilidad en la práctica clínica.

El creciente interés por estos materiales ha generado una multiplicidad de investigaciones experimentales que evalúan desde la resistencia a la fractura hasta la interacción con tejidos blandos, pasando por la estabilidad estética y la respuesta al envejecimiento acelerado. Sin embargo, la ausencia de una síntesis comparativa clara dificulta la elección del material más adecuado para cada caso clínico (7,17).

La presente revisión utiliza la metodología PICO (Population, Intervention, Comparison, Outcome), un modelo ampliamente validado en la investigación científica para formular preguntas clínicas precisas y facilitar la selección y análisis de estudios relevantes. Este enfoque permite delimitar claramente los componentes clave de la investigación y orientar la comparación entre los materiales estudiados.

Estrategia PICO aplicada:

- **P (Población):** Restauraciones dentales fabricadas con PEEK o zirconio en el sector posterior.
- **I (Intervención):** Uso de restauraciones elaboradas mediante tecnología CAD/CAM.
- **C (Comparación):** Comparación entre PEEK y zirconio en condiciones experimentales similares.
- **O (Resultados):**
 - Mecánicos: Resistencia a la fractura, tenacidad, distribución del estrés.
 - Biológicos: Biocompatibilidad, adhesión bacteriana.
 - Estéticos: Estabilidad del color, translucidez.

Esta estructura permite una recopilación sistemática de la evidencia y un análisis detallado de los aspectos clave que influyen en la selección clínica del material. Además, se ha considerado la reproducibilidad de los estudios, la calidad metodológica, los parámetros de prueba y la aplicabilidad de los resultados en la práctica clínica diaria.

6 JUSTIFICACIÓN E HIPOTESIS

6.1 JUSTIFICACIÓN

La elección del material restaurador en odontología protésica es una decisión clínica crítica que debe sustentarse en datos objetivos y evidencia científica actualizada. La variedad de materiales disponibles ha crecido considerablemente en los últimos años, impulsada por el desarrollo de nuevas tecnologías digitales y la incorporación de materiales avanzados como el PEEK y el zirconio. Esta diversidad, si bien representa una oportunidad para tratamientos más personalizados, también genera incertidumbre entre los profesionales sobre cuál material utilizar en función de cada situación clínica. Ante este panorama, se hace evidente la necesidad de revisiones sistemáticas que comparen de forma rigurosa y estructurada las propiedades de los materiales más utilizados actualmente en rehabilitaciones del sector posterior.

El PEEK (Polyetheretherketone) y el zirconio se han consolidado como dos de los materiales más estudiados y utilizados en restauraciones CAD/CAM. El primero destaca por su bajo módulo elástico, su buena biocompatibilidad y su capacidad para distribuir el estrés de manera similar al hueso cortical, mientras que el zirconio es conocido por su elevada resistencia mecánica, su estabilidad química y sus propiedades ópticas, especialmente en su versión translúcida. Ambos materiales han sido analizados en múltiples estudios “in vitro”, los cuales han evaluado parámetros como la resistencia a la fractura, la adaptación marginal, el desgaste antagonista, la distribución del estrés y la respuesta frente al envejecimiento acelerado (1,7,17).

Sin embargo, pese al volumen creciente de investigaciones sobre cada material por separado, existe una clara laguna en la literatura en lo que respecta a comparaciones directas, sistemáticas y estandarizadas entre PEEK y zirconio. Las revisiones existentes tienden a centrarse en uno u otro material, sin ofrecer un análisis contrastado bajo las mismas condiciones experimentales. Esto limita la capacidad de los clínicos para extraer conclusiones aplicables a la práctica diaria y dificulta la selección del material más adecuado en función de criterios científicos objetivos (2,3).

Esta revisión sistemática se propone responder a dicha necesidad mediante un análisis comparativo riguroso de estudios “in vitro” seleccionados que hayan evaluado restauraciones realizadas con ambos materiales en el sector posterior. Se ha elegido este tipo de estudios por su capacidad para controlar variables, reproducir condiciones clínicas simuladas y proporcionar datos cuantitativos fiables sobre el rendimiento de los materiales evaluados. Además, se ha priorizado la inclusión de investigaciones que utilicen tecnología CAD/CAM, asegurando así la relevancia clínica y la aplicabilidad de los resultados en el contexto actual de odontología digital.

El objetivo último de este trabajo es proporcionar al clínico una herramienta útil que le permita orientar su toma de decisiones sobre bases científicas sólidas, considerando tanto los beneficios como las limitaciones de cada material. A través de esta comparación se busca no solo identificar cuál de los dos materiales presenta un mejor comportamiento global, sino también destacar en qué condiciones clínicas específicas cada uno puede ofrecer ventajas. Asimismo, se pretende estimular futuras líneas de investigación que aborden las lagunas aún existentes, especialmente en lo relativo a la adhesión, el comportamiento a largo plazo y la interacción con diferentes tipos de estructuras protésicas e implantares.

6.2 HIPÓTESIS

En restauraciones posteriores, el PEEK mostrará mejor distribución del estrés oclusal y mayor biocompatibilidad por su módulo elástico similar al hueso y baja afinidad a la placa, reduciendo complicaciones biológicas. El zirconio, por su alta resistencia, será más eficaz en contextos de alta carga oclusal, aunque su rigidez podría generar mayor desgaste en dientes antagonistas. Ambos materiales presentan ventajas específicas que justifican su uso complementario según las necesidades clínicas individuales.

7 OBJETIVOS

Esta revisión sistemática se propone alcanzar los siguientes objetivos:

7.1 Objetivo primario:

1. Evaluar **resistencia a la fractura**, la **distribución del estrés** y la **adaptación marginal del PEEK**.

7.2 Objetivo secundario:

1. Analizar las **complicaciones materiales**, como el desgaste en dientes antagonistas y la pérdida marginal, en condiciones funcionales y parafuncionales (ej. bruxismo).
2. Comparar la **biocompatibilidad y la rigidez** de ambos materiales en función de su impacto en los tejidos blandos y estructuras óseas periimplantarias.
3. Identificar lagunas en la literatura y sugerir nuevas líneas de investigación sobre el uso clínico de PEEK y zirconio en restauraciones CAD/CAM.
4. Orientar a los profesionales clínicos en la **selección individualizada del material protésico** según las necesidades funcionales, estéticas y biológicas del paciente.

8 MATERIAL Y MÉTODO

La presente revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo la declaración de la Guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (27).

8.1 Identificación de la pregunta PICO

Se utilizaron la base de datos Medline-PubMed (United States National Library of Medicine), Web of Science y Scopus para realizar una búsqueda de los artículos indexados sobre la comparación del comportamiento biológico y mecánico de coronas y/o puentes confeccionados con PEEK o circonio, publicados hasta diciembre de 2024 para responder a la siguiente pregunta: ¿Cuál es la diferencia en el comportamiento mecánico y biológico de coronas y/o puentes fabricados con PEEK o circonio en sector posterior?

Esta pregunta de estudio se estableció de acuerdo con la pregunta estructurada PICO. El formato de la pregunta se estableció de la siguiente manera:

- **P (Population):** Estudios “in vitro” que analizan restauraciones dentales en el sector posterior, donde las cargas oclusales son máximas. La población incluye modelos experimentales que simulan condiciones clínicas, como cargas cíclicas, pruebas de resistencia a la fractura y análisis de interacción material-tejido.
- **I (Intervention):** Restauraciones fabricadas con PEEK, incluidas coronas y puentes, evaluando su rendimiento mecánico, biológico y estético.
- **C (Comparison):** Restauraciones fabricadas con circonio, utilizadas como referencia debido a su amplio uso y sus propiedades mecánicas y estéticas comprobadas.
- **O (Outcome):** Resultados mecánicos y biológicos, incluyendo resistencia a la fractura, capacidad de distribuir el estrés, compatibilidad biológica con tejidos blandos y duros, y estabilidad estética a largo plazo.

8.2 Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión fueron:

- **Tipo de Estudio: Estudios “in vitro”;** Comparativas directas entre coronas y/o puentes de PEEK y circonio; Estudios que evalúen resultados mecánicos y/o biológicos. Publicaciones en inglés, español, francés o italiano; Publicados hasta diciembre de 2024.
- **Tipo de Paciente:** Restauraciones dentales en sector posterior, incluidas coronas, puentes fijos y restauraciones CAD/CAM; Estudios enfocados en coronas soportadas por implantes y puentes de tres unidades.
- **Tipo de Intervención:** Restauraciones fabricadas con PEEK o sus derivados (incluyendo polietere tercetona reciclada verde y polímeros de alto rendimiento).
- **Tipo de Variables de Resultados:** Resultados mecánicos: resistencia a la fractura, resistencia a la fatiga, distribución de estrés, amortiguación de fuerzas, tenacidad de fractura, etc.

Los criterios de exclusión fueron: Estudios clínicos, estudios en animales o experimentos que no sean exclusivamente “in vitro”; Revisiones narrativas, opiniones de expertos, cartas al editor o editoriales; Estudios teóricos o simulaciones computacionales sin validación experimental; Restauraciones realizadas en el sector anterior (dientes frontales) o en regiones no relacionadas con coronas o puentes dentales; Estudios enfocados en prótesis removibles o arcada completa. Restauraciones fabricadas con materiales distintos a PEEK o derivados (como polímeros no relacionados con polietere tercetona); Estudios que no incluyan resultados mecánicos ni biológicos relacionados con las restauraciones; Estudios publicados antes de 2019.

8.3 Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos.

Se llevó a cabo una búsqueda automatizada en las tres bases de datos anteriormente citadas (PubMed, Scopus y Web of Science) con las siguientes palabras clave: “Dental crown”, “Dental bridgework”, “Single crown”, “Fixed dental prosthesis”, “Molar region”, “Posterior area”, “PEEK”, “Polyetheretherketone”, “High-performance polymers”, “Zirconio”, “Zirconium”, “Fracture resistance”, “Mechanical properties”, “Stress distribution”, “Fracture strength”, “Fatigue resistance”, “Load-bearing capacity”, “Force damping”. Las palabras claves fueron combinadas con los operadores booleanos AND, OR y NOT, así como con los términos controlados (“MeSH” para Pubmed) en un intento de obtener los mejores y más amplios resultados de búsqueda.

La búsqueda en Pubmed fue la siguiente: (((((((dental crown[MeSH Terms]) OR (dental bridgework[MeSH Terms])) OR (single crown)) OR (fixed dental prosthesis)) OR (dental crown)) OR (((molar region) OR (posterior area)))) AND (((PEEK) OR (polyetheretherketone)) OR (High performance polymers))) AND (((zirconio) OR (zirconium)))) AND (((((((Fracture resistance) OR (Mechanical properties)) OR (Stress distribution)) OR (Fracture strength)) OR (Fatigue resistance)) OR (Load-bearing capacity)) OR (Force damping))

La búsqueda en SCOPUS fue la siguiente: (TITLE-ABS-KEY ((((dental AND crown) OR (dental AND bridgework)) OR (single AND crown)) OR (fixed AND dental AND prosthesis) OR ((molar AND region) OR (posterior AND area)))) AND TITLE-ABS-KEY (((peek) OR (polyetheretherketone)) OR (high AND performance AND polymers)) AND TITLE-ABS-KEY (((zirconio) OR (zirconium))) AND TITLE-ABS-KEY (((((fracture AND resistance) OR (mechanical AND properties)) OR (stress AND distribution)) OR (fracture AND strength)) OR (fatigue AND resistance)) OR (load-bearing AND capacity)) OR (force AND damping)))

La búsqueda en Web of Science fue la siguiente: (((dental crown) OR (dental bridgework)) OR (single crown)) OR (fixed dental prosthesis) OR ((molar region) OR (posterior area)) (All Fields) and ((PEEK) OR (polyetheretherketone)) OR

(High performance polymers) (All Fields) and ((zirconio) OR (zirconium)) (All Fields) and ((((((Fracture resistance) OR (Mechanical properties)) OR (Stress distribution)) OR (Fracture strength)) OR (Fatigue resistance)) OR (Load-bearing capacity)) OR (Force damping) (All Fields)

8.4 Proceso de selección de los estudios

El proceso de selección de estudios se desarrolló en tres etapas y fue llevado a cabo por dos revisores independientes (TS y RL), con el objetivo de garantizar la inclusión de investigaciones relevantes para la revisión sistemática sobre el comportamiento biológico y mecánico de coronas y/o puentes fabricados con PEEK o zirconio en el sector posterior. En la primera etapa se realizó un filtrado inicial de los títulos con el propósito de eliminar aquellos estudios que no estuvieran relacionados con el tema, como investigaciones centradas en restauraciones en el sector anterior o en materiales diferentes a los especificados. Posteriormente, en la segunda etapa, se revisaron los resúmenes de los estudios seleccionados aplicando los criterios previamente definidos en el marco PICO. Durante esta fase se consideraron aspectos clave como el tipo de estudio, limitándose a estudios “in vitro”, el material utilizado en las restauraciones, incluyendo únicamente PEEK y zirconio, el tipo de restauraciones analizadas, como coronas dentales, puentes fijos en el sector posterior y restauraciones CAD/CAM, así como las variables de resultado que incluían propiedades mecánicas como resistencia a la fractura y distribución de estrés, además de la compatibilidad biológica. En esta etapa se excluyeron todos los estudios que no cumplían con estos criterios. Finalmente, en la tercera etapa, los estudios que superaron las fases anteriores se evaluaron a través de una lectura detallada del texto completo para confirmar su elegibilidad definitiva. En esta fase se realizó la extracción de datos utilizando un formulario estructurado diseñado previamente, que permitió recopilar información sobre las propiedades mecánicas y biológicas evaluadas, además de los métodos experimentales empleados en cada investigación. Los desacuerdos surgidos entre los revisores durante cualquiera de las etapas fueron resueltos mediante discusión, y en los casos en los que no se lograba consenso se consultó a un tercer revisor para tomar la decisión final sobre la inclusión o exclusión del estudio.

8.5 Extracción de Datos

En esta revisión sistemática se han seleccionado y analizado estudios enfocados en el análisis comparativo de las propiedades mecánicas de los materiales PEEK y zirconio. Estos estudios, realizados bajo condiciones experimentales controladas, han evaluado diversos aspectos relacionados con el desempeño de estos materiales en restauraciones dentales.

Los diseños experimentales de los estudios incluidos fueron “in vitro”, utilizando metodologías que simulan escenarios clínicos reales. Las restauraciones evaluadas fueron fabricadas con zirconio-cerámica y PEEK-composite mediante tecnología CAD/CAM, lo que asegura una comparación estandarizada y relevante para la práctica clínica.

Entre las pruebas realizadas, destacan la resistencia a la fractura, evaluada bajo carga progresiva para registrar el límite máximo soportado antes de la fractura completa; la distribución del estrés, medida mediante micro-CT y simulación de cargas cíclicas para determinar el comportamiento de los materiales bajo condiciones prolongadas; y la adaptación marginal, analizada con microscopía digital de alta precisión para evaluar la precisión de las restauraciones. Además, se llevaron a cabo pruebas de desgaste mediante simulaciones de masticación y termociclado, con el fin de determinar tanto la resistencia al desgaste como el impacto en los dientes antagonistas.

Las aplicaciones clínicas evaluadas incluyen coronas unitarias, donde se analizaron aspectos como la resistencia mecánica, la precisión marginal y el desgaste antagonista, así como puentes de tres unidades, en los que se examinaron la carga máxima soportada, la deformación y la distribución del estrés en las estructuras implantosoportadas.

La información obtenida se presenta de manera sistemática en una tabla que sintetiza los datos clave de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos, permitiendo una visión clara y comprensible de las características de ambos materiales y su comportamiento en aplicaciones clínicas específicas. Este enfoque facilita la comparación directa entre PEEK y zirconio, destacando sus ventajas y limitaciones en el contexto de las restauraciones dentales.

8.5.1 Variables principales

Resistencia a la fractura:

Zirconio: Valores superior (~3200 N para coronas, ~2000 MPa en puentes).

PEEK: Valores más bajos (~2200 N), pero suficientes para soportar fuerzas fisiológicas normales.

Distribución del estrés:

PEEK: Se destacó por su capacidad de absorber impactos y distribuir las cargas uniformemente, protegiendo las estructuras relacionadas con la corona.

Zirconio: Concentró mayor estrés en las interfaces implante-restauración, esto se traduce con un mayor riesgo de generar microfisuras.

Adaptación marginal:

Zirconio: Ajuste superior (~48 μm), ideal para restauraciones en zonas estéticas.

PEEK: Margen aceptable (~108 μm), adecuado en restauraciones funcionales.

8.5.2 Variables secundarias

Complicaciones relacionadas con los materiales:

Zirconio: Mayor abrasión en dientes antagonistas debido a su rigidez.

PEEK: Menor abrasión, una ventaja para pacientes con desgaste dental previo.

Tasa de éxito y supervivencia:

Ambos materiales mostraron tasas elevadas bajo condiciones experimentales.

PEEK se destacó por su capacidad para reducir complicaciones periimplantarias relacionadas con el estrés mecánico.

Pérdida marginal:

Zirconio: Menor deformación marginal, pero mayor rigidez que podría comprometer los tejidos blandos.

PEEK: Deformación marginal ligeramente superior, pero con beneficios en la protección de estructuras biológicas.

Resumen e integración de resultados:

Los datos extraídos evidencian que tanto PEEK como zirconio poseen ventajas específicas según la aplicación clínica. Zirconio sobresale en restauraciones con alta demanda estética y mecánica, mientras que PEEK destaca por su elasticidad y biocompatibilidad, ideales para casos funcionales donde se prioriza la protección de tejidos. Estas conclusiones refuerzan la necesidad de una selección individualizada del material según las necesidades clínicas de cada paciente.

8.6 Valoración de la calidad

En esta revisión sistemática, la calidad metodológica de los estudios incluidos fue evaluada para garantizar la fiabilidad de los resultados obtenidos y minimizar el riesgo de sesgo. Este proceso se llevó a cabo de forma independiente por dos revisores expertos (TS y RL) en revisiones sistemáticas, siguiendo criterios diseñados específicamente para estudios “in vitro”.

8.6.1 Criterios de evaluación:

Dado que todos los estudios incluidos en esta revisión son de diseño experimental “in vitro”, se desarrolló una herramienta de evaluación del riesgo de sesgo basada en la escala modificada de ARRIVE y CONSORT, cuya validez ha sido verificada en estudios previos (28). Esta escala permitió analizar la calidad metodológica de los estudios incluidos, considerando aspectos clave como la estandarización de los procedimientos de muestreo, la participación de un único operador para minimizar variaciones, la descripción detallada del cálculo del tamaño muestral y el cegamiento del operador de la máquina de prueba. También se tuvo en cuenta la calibración previa de las muestras, el diseño experimental empleado y la adecuada evaluación de parámetros como resistencia a la flexión, tenacidad a la fractura y dureza, asegurando siempre el cumplimiento de normativas y especificaciones técnicas.

Cada estudio fue puntuado según el nivel de información reportado: una puntuación de 0 indicaba una descripción completa y clara, 1 reflejaba información insuficiente o poco precisa, y 2 señalaba la ausencia del parámetro evaluado. Según la puntuación total, los estudios fueron clasificados en tres niveles de riesgo de sesgo: bajo (0-3 puntos), moderado (4-7 puntos) y alto (8-10 puntos). Este sistema permitió una evaluación estructurada y objetiva, identificando posibles limitaciones metodológicas que pudieran influir en la interpretación de los resultados.

8.6.2 Resultados de la evaluación

La mayoría de los estudios incluidos presentaron un riesgo de sesgo bajo o moderado. Los estudios clasificados como de alta calidad destacaron por proporcionar descripciones metodológicas detalladas, incluir controles rigurosos y emplear métodos de medición validados. Aquellos clasificados como de calidad moderada presentaron algunas limitaciones, como una descripción incompleta de las condiciones experimentales o un tamaño muestral reducido, que podrían afectar parcialmente la interpretación de los resultados.

La evaluación de calidad garantiza que los estudios seleccionados cumplen con estándares metodológicos adecuados y que sus hallazgos son fiables para comparar las propiedades mecánicas de PEEK y zirconio en restauraciones dentales. La clasificación de la calidad y el acuerdo sustancial entre los revisores fortalecen la validez de los resultados presentados en esta revisión sistemática.

8.7 Síntesis de datos

Con el propósito de consolidar y comparar las variables de resultados reportadas en los estudios incluidos, se realizó un análisis descriptivo de las propiedades mecánicas y clínicas de los materiales PEEK y zirconio. Este análisis se estructuró diferenciando las aplicaciones clínicas evaluadas, es decir, coronas unitarias y puentes de tres unidades.

Para obtener una visión representativa de los hallazgos, se calcularon medias ponderadas de las variables principales. La ponderación se realizó considerando el tamaño muestral de cada estudio, dividiendo el número de muestras incluidas

en cada uno por el total de muestras analizadas en esta revisión, y aplicando este valor para ajustar las medias reportadas.

Se organizaron las variables clave según su relevancia clínica y experimental, incluyendo: Resistencia a la fractura, Distribución del estrés, Adaptación marginal y Desgaste.

Debido a la heterogeneidad en los diseños experimentales y la falta de estudios controlados aleatorizados que compararan directamente PEEK y zirconio bajo condiciones uniformes, no fue posible llevar a cabo un metaanálisis. Por lo tanto, los resultados obtenidos se presentan como un análisis descriptivo basado en los datos disponibles. Además, los estudios analizados mostraron variabilidad en las metodologías utilizadas, como los tamaños muestrales y las condiciones experimentales, lo que puede influir en la comparabilidad directa de los resultados. Sin embargo, la síntesis de datos permitió identificar tendencias generales y áreas de consenso sobre las propiedades evaluadas.

9 RESULTADOS

9.1 Selección de estudios. Flowchart

Tras una búsqueda exhaustiva en las bases de datos en Pubmed (n=78); Science direct (n=128), Research Gate (n=62) y una búsqueda manual (n=8) se encontraron un total de 283 artículos.

Estos fueron sometidos a un proceso de cribado para seleccionar solo aquellos artículos que después de leer el texto completo se considere que cumplen con los criterios de inclusión planteados. En la primera fase del cribado se descartaron los artículos duplicados, es decir, que se repetían en dos o en las tres bases de datos, los cuales corresponden a 111 artículos. En la segunda fase, tras leer el título fueron descartados 60 artículos; en la tercera fase se revisó el resumen de los artículos remanentes y se descartaron 78 artículos.

Una vez, que se obtuvieron los artículos a texto completo se procedió a su lectura y se descartaron 26 artículos (tabla 1), quedando para revisar 8 artículos. Estos se evaluaron cualitativamente y se colocaron en la tabla de resultados según los objetivos planteados (figura 1).

Diagrama de flujo. PRISMA 2020

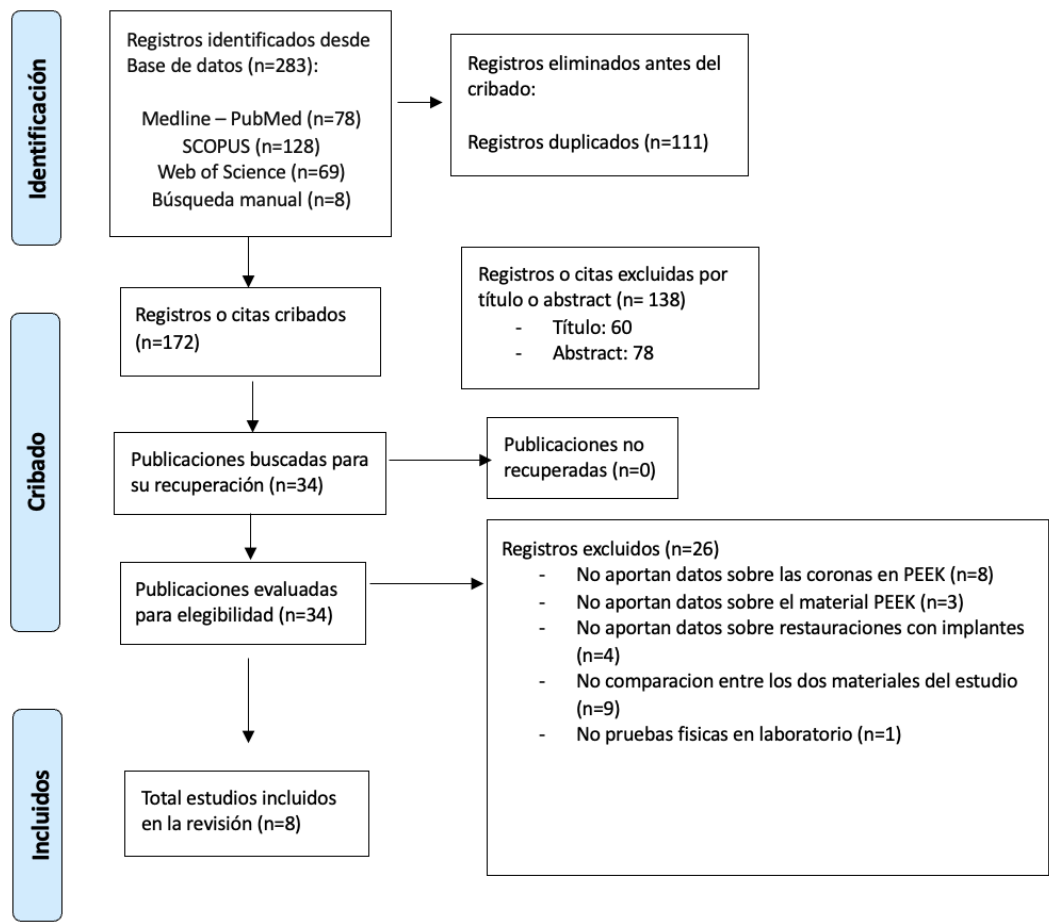


Fig. 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática.

Tabla 1: Artículos excluidos (y su razón de exclusión) de la presente revisión sistemática.

Autor. Año	Publicación	Motivo de exclusión
Elsayed A. et al. 2024 (29)	J Clin Diagn Res	No aportan datos sobre las coronas en PEEK
Ahmed M. A. et al. 2022 (1)	Braz Dent Sci	No aportan datos sobre las coronas en PEEK

Autor. Año	Publicación	Motivo de exclusión
Donmez M. et al. 2021 (17)	J Prosthodont	No aportan datos sobre las coronas en PEEK
Menini M. et al. 2024 (2)	Dent. J.	No comparacion entre los dos materiales del estudio
Singh P. et al. 2024 (21)	J Indian Prosthodont Soc	No aportan datos sobre las coronas en PEEK
Rani S. et al. 2023 (4)	Dent. Res. J.	No comparacion entre los dos materiales del estudio
Rupawat D. et al. 2023 (24)	Cureus	No comparacion entre los dos materiales del estudio
Gao R. et al. 2021 (9)	Polymers	No aportan datos sobre las coronas en PEEK
Gökay G.D. et al. 2024 (10)	BMC Oral Health	No comparacion entre los dos materiales del estudio
Gupta A.K. et al. 2021 (8)	J Indian Prosthodont Soc	No aportan datos sobre las coronas en PEEK
Mahajan N. et al. 2024 (30)	J Clin Diagn Res	No aportan datos sobre las coronas en PEEK
Cevik P. et al. 2022 (13)	BioMed Res Int	No aportan datos sobre las coronas en PEEK
Gouda A. et al. 2023 (3)	Clin Oral Investig	No comparacion entre los dos materiales del estudio
Huang Z.L. et al. 2021 (6)	Eur Rev Med Pharmacol Sci	No aportan datos sobre las coronas en PEEK
Martins R.G. et al. 2023 (14)	Medicina	No aportan datos sobre las coronas en PEEK
Sloan R. et al. 2021 (7)	J Prosthet Dent	No aportan datos sobre restauraciones con implantes

Autor. Año	Publicación	Motivo de exclusión
Soares P.M. et al. 2021 (12)	J Mech Behav Biomed Mater	No aportan datos sobre las coronas en PEEK
Thirumaran D. et al. 2024 (5)	J Indian Prosthodont Soc	No aportan datos sobre las coronas en PEEK

9.2 Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

Para valorar la fiabilidad y la validez interna de los estudios “in vitro” incluidos en esta revisión sistemática, se ha empleado una tabla (Tabla 3) de evaluación basada en criterios derivados de las guías **ARRIVE (Animal Research: Reporting of In Vivo Experiments)** y **CONSORT (Consolidated Standards of Reporting Trials)** (31). Aunque originalmente diseñadas para estudios “in vivo” y ensayos clínicos, estas pautas han sido adaptadas con éxito para evaluar estudios experimentales en odontología, incluyendo aquellos realizados “in vitro”.

Esta herramienta permite analizar aspectos clave del diseño y la presentación del estudio, como:

- Claridad del título y del resumen
- Formulación de objetivos e hipótesis
- Diseño experimental y control de sesgos
- Detalles metodológicos, análisis estadísticos y presentación de resultados
- Interpretación de los hallazgos, limitaciones del estudio, y transparencia en la financiación y conflictos de interés

El objetivo principal es identificar posibles fuentes de sesgo que puedan afectar la calidad de la evidencia y orientar la interpretación crítica de los resultados (Tabla 2).

9.2.1 Criterios de evaluación (escala ARRIVE/CONSORT adaptada):

Tabla 2: Criterios de evaluación escala ARRIVE/CONSORT adaptada.

Puntuación total	Nivel de calidad metodológica	Fiabilidad
27 – 33 puntos	Alta calidad	✓ Estudio fiable
20 – 26 puntos	Calidad moderada	⚠ Estudio aceptable con reservas
< 20 puntos	Baja calidad	✗ Alto riesgo de sesgo

Tabla 3: Categorías utilizadas para evaluar la calidad de estudios “in vitro” seleccionados (modificados de las pautas ARRIVE y CONSORT)

Autor/año	Yazigi et al. (2020) (32)	Emami & Metwally (2023) (20)	Taha et al. (2021) (33)	Tartuk et al. (2019) (23)	Vertucci et al. (2023) (34)	Rauch et al. (2023) (22)	Emami & Arafa (2023) (26)	Shetty et al. (2020) (35)
Artículo Descripción Grado 1. Título (0) Inexacto/no conciso (1) Conciso/ade cuado	1	1	1	1	1	1	1	1
2. Resumen: ya sea un resumen estructurado de los antecedentes, objetivos de	3	3	3	3	3	3	3	3

investigación, métodos experimentales clave, principal hallazgos y conclusión del estudio o auto-contenido (debe contener suficiente información para permitir una buena comprensión de la justificación del enfoque) (1) Claramente inadecuado (2) Posiblemente precisa (3) Claramente precisa								
3. Introducción: antecedentes, enfoque experimental y explicación de la justificación/hipótesis (1) Insuficiente (2) Posiblemente suficiente/algo información	3	2	3	2	3	3	2	3

(3) Claramente cumple/suficiente								
4. Introducción: objetivos de preprimaria y secundaria para el experimentos (objetivos primarios/secundarios específicos) (1) No está claramente establecido (2) Claramente establecido	2	1	2	2	2	2	2	2
5. Métodos: diseño del estudio explicado número de experimentos y grupos de control, pasos para reducir el sesgo (demostrando la consistencia del experimento (hecho más de una vez), detalle suficiente para la replicación, cegamiento en la evaluación, etc.)	3	3	3	3	3	3	3	3

(1) Claramente insuficiente (2) Posiblement e suficiente (3) Claramente suficiente								
6. Métodos: detalles precisos del procedimien to experimenta l (es decir, cómo, cuándo, dónde y por qué) (1) Claramente insuficiente (2) Posiblement e suficiente (3) Claramente suficiente	3	3	3	3	3	3	3	3
7. Métodos: Cómo se determinó el tamaño de la muestra (detalles del control y grupo experimenta l) y cálculo del tamaño de la muestra. (1) Sí (2) Incierto/inco mpleto (3) Adecuado/cl aro	2	3	3	3	3	2	2	3

8. Métodos: detalles de métodos y análisis estadísticos (métodos estadísticos utilizados para comparar grupos) (1) Sí (2) Incierto/incompleto (3) Adecuado/claro	3	3	3	3	3	3	3	3
9. Resultados: explicación de cualquier dato excluido, resultados de cada análisis con una medida de precisión como desviación o error estándar o intervalo de confianza (1) Sí (2) Incierto/incompleto (3) Adecuado/claro	3	3	3	3	3	3	3	3
10. Discusión: interpretación/implicación científica, limitaciones, y generalizabilidad	2	2	2	2	2	2	2	2

idad/traduccion (0) Claramente inadecuado (1) Posiblemente exacto (2) Claramente precisa								
11. Declaración de conflictos potenciales y divulgación de financiamiento (0) No (1) Sí	1	0	1	0	1	1	0	1
12. Publicación en una revista revisada por pares (0) No (1) Sí	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	27	27	28	27	27	27	26	28

Estos estudios pueden considerarse sólidos y fiables para respaldar las conclusiones de la revisión sistemática. Ofrecen un buen soporte para realizar comparaciones y generalizaciones.

9.3 Análisis de las características de los estudios revisados (solo PEEK vs. Zirconio, Tabla 4)

9.3.1 Clasificación de los estudios

- 4 artículos describen coronas o puentes con “coping” (estructura base recubierta de cerámica o composite).
- 4 artículos analizan restauraciones monolíticas (una sola pieza de zirconio o PEEK).

9.3.2 Diseño y tipo de estudio

Todos los trabajos incluidos son de carácter “in vitro”:

- No se han encontrado ensayos clínicos en pacientes (randomizados, prospectivos, ni retrospectivos).
- La mayoría realiza ensayos mecánicos de laboratorio (p.ej., prueba de fractura, fatiga, simulador de masticación).
- En algunos casos se evalúan otros parámetros (desgaste del antagonista, gap marginal, absorción de cargas).

9.3.3 Tamaño muestral total

Considerando únicamente las restauraciones PEEK y zirconio analizadas en cada estudio (excluyendo otros materiales), se obtuvo un total aproximado de 190 muestras distribuidas así:

- “Coping” (4 estudios): 92 restauraciones (coronas o puentes) divididas en:
 - Zirconio (Zr): 48 “copings”
 - PEEK: 44 “copings”
- Monolíticos (4 estudios): 98 restauraciones divididas en:
 - Zirconio (Zr): 50 monolíticos
 - PEEK: 48 monolíticos

El tamaño muestral más pequeño fue de 10 (34) y el máximo de 42 en uno de los grupos (33) dedicado únicamente a Zr vs. PEEK.

9.3.4 Parámetros principales

1. Resistencia a la fractura

- En seis estudios se destaca que el zirconio presenta valores de fractura absolutos más elevados (rango ~1600 a 3200 N).
- En seis estudios se destaca que PEEK exhibe cargas menores (habitualmente 2000–2500 N), pero manteniéndose en niveles clínicamente aceptables en ensayos “in vitro”.

2. Distribución de tensiones / absorción de carga

- En cuatro estudios se destaca que el PEEK, gracias a su módulo elástico inferior (3-4 GPa), disipa mejor las fuerzas oclusales, reduciendo el pico de tensión en el implante o en la estructura adyacente.
- En cinco estudios se destaca que el zirconio es más rígido (200 GPa) y transmite mayor carga al implante; no obstante, su extraordinaria resistencia compensa un eventual riesgo de fractura.

3. Adaptación Marginal

Se ha evaluado en 3 estudios:

- En estos el PEEK presentó un mayor gap marginal en comparación con zirconio. Este mayor espacio podría aumentar el riesgo de microinfiltración y caries secundarias, afectando la durabilidad a largo plazo de las restauraciones.
- El zirconio, mostró una mejor adaptación marginal, lo que contribuye a una mejor retención y durabilidad de las restauraciones.

4. “Coping” vs. Monolíticos

- En las restauraciones con “coping”, algunos trabajos señalan la posibilidad de “chipping” en la cerámica de zirconio (4 artículos), mientras que en PEEK + composite las fracturas parciales o catastróficas son menos frecuentes (3 artículos) y, en caso de ocurrir, se reparan con mayor facilidad.

- En los estudios monolíticos, se observa que el zirconio puro logra la mayor resistencia mecánica (6 artículos), mientras que el PEEK monolítico (5 artículos) enfatiza la ventaja biomecánica de “amortiguar” cargas y no transmitir fuerzas excesivas.

Tabla 4: Características de los estudios revisados (Comparación PEEK vs. zirconio)

Variable	“Coping” (4 estudios)	Monolíticos (4 estudios)
Autores (año)	1. Rauch (2023) (22) 2. Emam & Metwally (2023) (20) 3. Shetty (2020) (35) 4. Vertucci (2023) (34)	1. Emam & Arafa (2023) (26) 2. Taha (2021) (33) 3. Tartuk (2019) (23) 4. Yazigi (2020) (32)
Tipo de estudio	“In vitro”. Ensayos de fractura (20,22,34,35) simulación de masticación (22), termociclado (35).	“In vitro”. Pruebas de fractura (23,26,32), “force damping” (33), termociclos y fatiga (32).
Nº muestras (sólo Zr/PEEK)	~92 en total (suma de 4 artículos), rango de 10 (34) a ±40 (35).	~98 en total (suma de 4 artículos), rango de 16 (32) a ±42 (33) (considerando únicamente Zr y PEEK).
Parámetros principales	- Resistencia a la fractura (3/4). - Desgaste (1/4). - Ajuste marginal (20)	- Resistencia a la fractura (3/4). - “Force damping” (1/4). - Fatiga (1/4).
Hallazgos zirconio	- Mayor rigidez y carga de fractura absoluta. - Riesgo de “chipping” en la cerámica de recubrimiento. - Ajuste marginal algo superior (20).	- Resistencias incluso >3000 N (23) - Transmisión de fuerza directa (menor absorción). - Excelentes resultados en fatiga (32)

Variable	“Coping” (4 estudios)	Monolíticos (4 estudios)
Hallazgos PEEK	- Menor rigidez, mejor amortiguación. - Cargas de fractura algo más bajas pero suficientes (>2000 N). - Menos fracturas catastróficas del recubrimiento.	- Carcasas 100% monolíticas con buenos valores de fractura (~2000–2500 N). - Aporta absorción de cargas (33) - No aparecen fisuras tras fatiga (32)
Conclusión principal	Tanto PEEK como zirconio resultan adecuados como “coping” base, con ventajas/inconvenientes. Zirconio ofrece la mayor rigidez; PEEK facilita la absorción y puede repararse mejor.	Con restauraciones 100% monolíticas, Zirconio alcanza la máxima resistencia, PEEK destaca en la flexibilidad y la reducción de tensiones. Ambos válidos en la práctica clínica.

9.3.4.1 Observaciones finales

- Todos los estudios coinciden en que zirconio ofrece resistencia muy alta (tanto en “coping” como en monolítico), aunque con un comportamiento más rígido.
- PEEK se beneficia de su carácter elástico, reduciendo los esfuerzos transmitidos al implante y mostrando fracturas menos abruptas.
- Tanto en versión “coping” como “monolítica,” ambos materiales muestran valores de fractura superiores a los requeridos para soportar las cargas masticatorias habituales en el sector posterior.

9.4 Síntesis de resultados

9.4.1 Conclusión global de los resultados (Tabla 5 y Fig.2)

1. Resistencia a la fractura

- Zirconio logra picos de resistencia muy altos (≥ 2000 N e incluso ~ 3000 N en algunos estudios),
- PEEK ronda ~ 2000 – 2500 N con un comportamiento más dúctil, aceptable para la función masticatoria normal.

2. Distribución de tensiones

- PEEK amortigua mejor el impacto oclusal gracias a su menor rigidez,
- Zirconio transmite cargas más directamente, pero rara vez se fractura de manera prematura.

3. Desgaste y “chipping”

- En coronas con “coping”, la cerámica sobre zirconio puede presentar “chipping” durante la fatiga,
- PEEK-composite tiende a fracturas menos catastróficas y a menor abrasión del antagonista.

4. Adaptación marginal (“coping”)

- Zirconio muestra gap algo menor, pero PEEK no queda fuera de los estándares clínicos habituales.

Tabla 5: Resultados según autor y año de publicación, tipo estudio, numero de dientes de las pruebas, tipo de material (PEEK y zirconio) y métodos utilizados para analizar el material.

Autor / Año	Tipo de estudio	N.º muestras (Zr vs PEEK)	Materiales	Método de análisis	Valores Principales
Rauch (2023) (22)	“In vitro”, simulación masticatoria (1,2 millones de ciclos) + test de fractura	16 coronas (8 Zr, 8 PEEK)	- “Coping” Zr - “Coping” PEEK	- Chewing simulator- Universal testing machine (fractura)	- Fractura PEEK: ~974 N - Fractura Zr: ~2447-2759 N
Emam & Metwally (2023) (20)	“In vitro”, comparación de “copings” recubiertos con composite	18 “copings” (6 Zr, 12 PEEK)	- “Coping” Zr - “Coping” PEEK	- Microscopía para gap marginal - Ensayo de fractura	- Gap marginal: Zr ~48 µm, PEEK ~108 µm - Fractura PEEK ~ 2157–2437 N - Fractura Zr: ~1687 N

Autor / Año	Tipo de estudio	N.º muestras (Zr vs PEEK)	Materiales	Método de análisis	Valores Principales
Shetty (2020) (35)	“In vitro”, coronas con “coping” (termociclado + fractura + color)	40 coronas (20 Zr, 20 PEEK)	- “Coping” Zr - “Coping” PEEK	- Termociclado - Colorimetría - Ensayo de fractura	- Fractura PEEK ~1765–2135 MPa - Fractura Zr: ~1000–1100 MPa
Vertucci (2023) (34)	“In vitro”, prueba de flexión (3 puntos) en puentes 3 unidades	10 puentes (5 Zr, 5 PEEK)	- “Coping” Zr-cerámica - “Coping” PEEK-composite	- Test de 3 puntos (flexión) - Micro-CT para fracturas	- Fractura PEEK: ~ 2214 N - Fractura Zr: ~ 3292 N
Emam & Arafa (2023) (26)	“In vitro”, coronas monolíticas (strain gauge + fractura)	20 coronas (5 Zr, 15 PEEK)	- Zr monolítica - PEEK monolítica	- Colocación de strain gauges - Ensayo de fractura (carga vertical)	- Fractura PEEK: ~ 1150 – 1250 N - Fractura Zr: ~≥2000 N

Autor / Año	Tipo de estudio	N.º muestras (Zr vs PEEK)	Materiales	Método de análisis	Valores Principales
Taha (2021) (33)	“In vitro”, coronas monolíticas para “force damping”	84 coronas totales; (subgrupos Zr y PEEK ~≥14–16 c/u)	- Zr monolítica - PEEK monolítica	- Aplicación de fuerza creciente - Medición de curva resultante (pendiente)	- Zr: ~75–77° (mayor rigidez, menos damping) - PEEK: ~51–53° (absorbe más la carga)
Tartuk (2019) (23)	“In vitro”, coronas monolíticas de molar (ensayo de fractura)	20 coronas (10 Zr, 10 PEEK)	- Zr monolítica - PEEK monolítica	- Universal testing machine (carga hasta fractura)	- Fractura PEEK: ~2214 N - Fractura Zr: ~3292 N
Yazigi (2020) (32)	“In vitro”, fatiga (1,2 M ciclos) + fractura monolítica	16 coronas (8 Zr, 8 PEEK)	- Zr monolítica - PEEK monolítica	- Chewing simulator (1,2 M ciclos) - Ensayo de fractura estático	- Ambos sin fisuras tras fatiga - Fractura PEEK:

Autor / Año	Tipo de estudio	N.º muestras (Zr vs PEEK)	Materiales	Método de análisis	Valores Principales
					~2000– 2200 N - Fractura Zr: ~2645 N

Nota:

- En varios estudios se incluyeron más grupos con otros materiales (disilicato, cerámicas híbridas, etc.), pero aquí solo se muestran las muestras **zirconio** y **PEEK**.
- Los valores de fractura (N o MPa) son aproximados a partir de los datos reportados por cada autor.

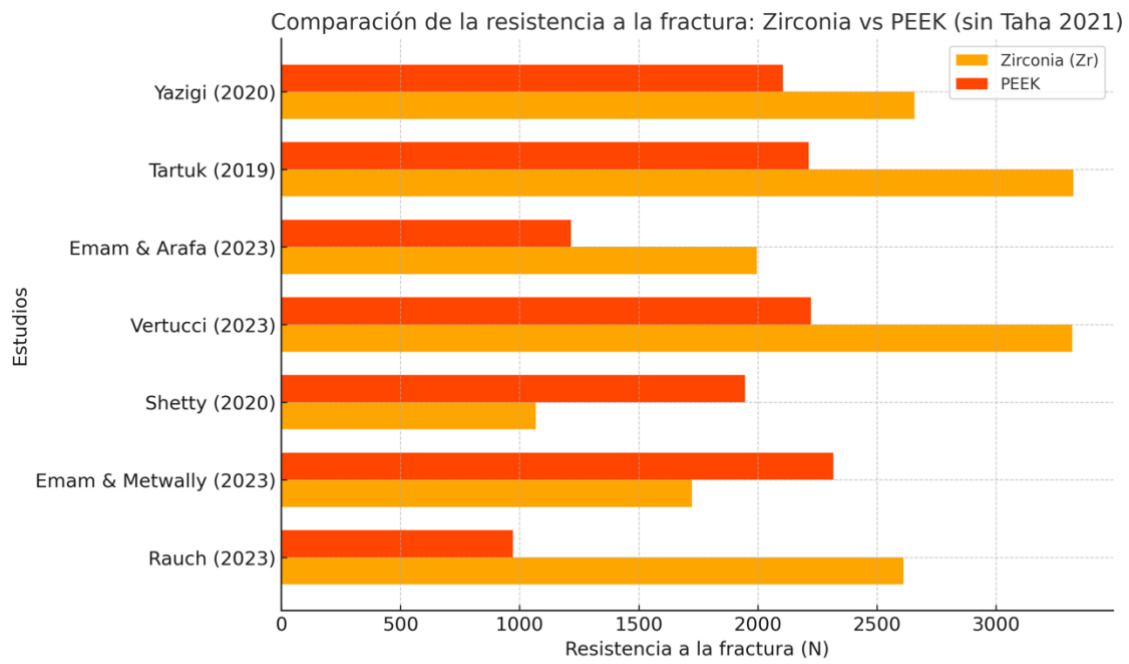


Fig. 2. Gráfico de los Resultados según autor y año de publicación y tipo de material (PEEK y zirconio).

10 DISCUSIÓN

En el marco de esta revisión sistemática, se seleccionaron diversos estudios “in vitro” que comparan restauraciones dentales (coronas unitarias o puentes) elaboradas con zirconio y PEEK para el sector posterior. Aunque la mayoría de las investigaciones presentan un alto nivel de control experimental, también exhiben limitaciones específicas en cuanto a su aplicabilidad clínica. A continuación, se exponen y analizan los hallazgos principales con un enfoque detallado, estableciendo vínculos entre las características de cada material, las pruebas realizadas y las implicaciones clínicas.

10.1 Resistencia a la fractura y comportamiento mecánico

La resistencia a la fractura es uno de los criterios clave al evaluar materiales para restauraciones en el sector posterior. En esta revisión sistemática, los estudios “in vitro” incluidos mostraron resultados consistentes en cuanto a la superioridad mecánica absoluta del zirconio frente al PEEK, con valores de fractura que alcanzaron o superaron los 2500–3000 N en múltiples ensayos (32–34). Vertucci et al. (34), evaluaron puentes fijos sobre implantes y concluyeron que el zirconio ofrecía la menor deformación vertical bajo carga, indicando su rigidez superior, aunque también una menor capacidad de absorber tensiones.

Este comportamiento se confirma también en el trabajo de Tartuk et al. (23), quien reportó que las coronas de zirconio soportaron cargas promedio de 3292 N, significativamente más altas que las de PEEK (2214 N), aunque ambos materiales superaron con holgura los requerimientos funcionales fisiológicos (~800 N en zona molar). Del mismo modo, Rauch et al. (22) observaron que el zirconio se comporta de manera más estable ante cargas estáticas, lo que respalda su idoneidad en restauraciones de alto riesgo funcional.

No obstante, el PEEK ha demostrado un perfil de resistencia clínica suficiente y, sobre todo, un comportamiento más “resiliente”. En el estudio de Shetty et al. (35), las coronas con estructuras de PEEK recubiertas con composite superaron en resistencia a las del zirconio tras simular el entorno oral mediante termociclado. Además, Yazigi et al. (32) destacaron que, a pesar de tener una

menor resistencia máxima, las restauraciones de PEEK no presentaron fracturas catastróficas, sino deformaciones controladas, lo que sugiere un patrón de fallo más progresivo.

Esta capacidad del PEEK para absorber impactos se refuerza al comparar con estudios externos como el de Alexakou et al. (36), quienes señalan que el módulo de elasticidad bajo (3–4 GPa) permite al PEEK actuar como “amortiguador” frente a cargas repetitivas. Asimismo, Ahmad et al. (37) y Papathanasiou et al. (38) coinciden en que, si bien el zirconio presenta una resistencia intrínseca más alta, su rigidez implica un mayor riesgo de fracturas súbitas y propagación de microfisuras, especialmente bajo condiciones de fatiga cíclica.

10.2 Distribución de tensiones y absorción de la carga

La distribución de tensiones y la capacidad de amortiguación del material restaurador son aspectos fundamentales en el diseño protésico sobre implantes, donde la ausencia de ligamento periodontal priva al sistema de su principal mecanismo fisiológico de absorción de cargas. En este contexto, los estudios incluidos en esta revisión y los artículos comparativos coinciden en señalar diferencias biomecánicas importantes entre zirconio y PEEK.

En términos generales, el zirconio (con un módulo de elasticidad aproximado de 210 GPa) actúa como un material rígido que transmite la carga casi íntegramente al pilar, implante y hueso circundante. Emam et al. (26) demostraron que las coronas del zirconio cementadas generaban una mayor concentración de tensiones en la interfase implante-prótesis, mientras que las restauraciones de PEEK distribuían la fuerza de forma más homogénea. Esta observación fue también confirmada por Taha et al. (33), quienes utilizaron un método de medición digital de carga para determinar que la pendiente de absorción de fuerza en zirconio fue significativamente más pronunciada que en PEEK, indicando una menor capacidad de disipar energía.

El comportamiento del PEEK como amortiguador funcional se basa en su bajo módulo de elasticidad (3–4 GPa), que se aproxima al del hueso cortical humano

(7–30 GPa). Este rasgo biomecánico ha sido ampliamente documentado por autores externos como Skirbutis et al. (39), quienes destacan que esta similitud favorece una mayor compatibilidad mecánica entre la restauración y los tejidos de soporte. Ahmad et al. (37), por su parte, refuerzan esta idea al sugerir que el PEEK actúa como una capa intermedia amortiguadora, capaz de proteger tanto al hueso periimplantario como a los componentes protésicos metálicos de la sobrecarga funcional.

Un hallazgo relevante del estudio de Rauch et al. (22) es que, bajo condiciones de carga estática, las restauraciones de PEEK mostraron mayor deformabilidad sin fallo inmediato, lo que puede interpretarse como una ventaja en situaciones clínicas donde se anticipan picos de carga (como en pacientes con bruxismo, discrepancias oclusales o rehabilitaciones posteriores extensas).

Desde el punto de vista clínico, esto sugiere que el zirconio sería más adecuado en contextos donde se requiere rigidez estructural, alta estabilidad y estética, mientras que el PEEK ofrecería una opción ventajosa en pacientes con alto riesgo de sobrecarga, historial de fracturas repetidas o estructuras óseas comprometidas. Esta diferenciación estratégica también ha sido discutida por Alexakou et al. (36) quienes proponen una selección del material basada no solo en la resistencia absoluta, sino en la biomecánica del caso específico.

10.3 Desgaste, complicaciones y longevidad en “coping” vs monolítico

La interacción entre el material restaurador y la dentición antagonista, así como la posibilidad de reparar la restauración ante eventuales daños, son factores de creciente importancia en la selección clínica de materiales protésicos. En este ámbito, los estudios incluidos en esta revisión y los artículos comparativos revelan diferencias notables entre el zirconio y el PEEK.

Respecto al **desgaste del antagonista**, el zirconio (especialmente cuando no está adecuadamente pulida o acristalada) ha demostrado ser significativamente más abrasiva que los materiales poliméricos. Este fenómeno fue subrayado por Papathanasiou et al. (38), quienes observaron que las restauraciones del

zirconio podían acelerar el desgaste de las cúspides opuestas, comprometiendo así la longevidad de la dentición antagonista. En contraste, el PEEK y sus recubrimientos de composite mostraron una menor abrasividad, lo cual fue corroborado también por Vertucci et al. (34), quienes concluyeron que las prótesis de PEEK generaban una deformación más controlada bajo carga y protegían mejor los tejidos duros adyacentes.

En cuanto a la **reparabilidad**, se observa una clara ventaja del PEEK sobre el zirconio, especialmente en configuraciones de “coping” recubierto. Emam et al. (20) y Rauch et al. (22) constataron que los recubrimientos cerámicos sobre estructuras del zirconio presentaban un riesgo elevado de “chipping” tras fatiga cíclica. Este tipo de fractura, por lo general, requiere una sustitución completa de la restauración o procedimientos de laboratorio complejos. Por el contrario, el PEEK “veneered” con composite mostró fisuras más superficiales y de tipo cohesivo, lo que permite **reparaciones intraorales directas** con resina compuesta, sin necesidad de retirar el “coping”.

Este comportamiento fue también descrito por Ahmad et al. (37), quienes destacan la buena adhesión entre el PEEK y los composites modernos mediante protocolos específicos de arenado y uso de “primers”. Esta propiedad facilita procedimientos clínicos de mantenimiento y alarga la vida útil de la restauración en pacientes con parafunciones o trauma oclusal repetido.

Finalmente, en términos de **longevidad** general, los resultados son aún limitados debido a la naturaleza “in vitro” de la mayoría de los estudios. Sin embargo, Papathanasiou et al. (38) sugieren que las restauraciones monolíticas de PEEK podrían ofrecer una alternativa viable y duradera en zonas posteriores, especialmente si se priorizan la elasticidad, la reparabilidad y la compatibilidad funcional por encima de la máxima rigidez.

10.4 Adaptación marginal y sellado biológico

La precisión marginal es un factor determinante en la longevidad clínica de una restauración, ya que influye directamente en la acumulación de placa, la inflamación gingival y el riesgo de caries secundaria o periimplantitis. En los estudios incluidos en esta revisión, tanto el PEEK como el zirconio lograron valores de “gap marginal” dentro de los estándares clínicos aceptables ($\leq 120 \mu\text{m}$). Sin embargo, se observaron diferencias sutiles entre ambos materiales que vale la pena destacar a la luz de la literatura comparativa.

En particular, Emam et al. (20) observaron que las coronas del zirconio mostraban una adaptación marginal más precisa ($\sim 48 \mu\text{m}$) en comparación con las fabricadas en PEEK ($\sim 108 \mu\text{m}$), tanto en técnicas de fresado como de prensado. Esta diferencia fue estadísticamente significativa y atribuida a la mayor rigidez dimensional del zirconio, que permite un fresado más estable con menor deformación térmica durante el proceso CAD-CAM. Estos hallazgos son coherentes con los resultados reportados por Yazigi et al. (32), quienes también indicaron que las restauraciones del zirconio presentaban menores discrepancias marginales tras el termociclado, en comparación con estructuras poliméricas.

No obstante, la literatura comparativa modula esta interpretación. Papathanasiou et al. (38) señalaron que la adaptación marginal del PEEK puede optimizarse mediante ajustes del diseño digital y técnicas de fresado de alta precisión, alcanzando márgenes clínicamente aceptables. Ahmad et al. (37), a su vez, subrayan que, aunque el zirconio logra márgenes marginales más ajustados en laboratorio, su rigidez puede dificultar la corrección de desajustes en boca, mientras que el PEEK, gracias a su elasticidad, permite una mejor adaptación secundaria y sellado en el momento de la cementación definitiva.

Además, el tipo de cemento empleado influye notablemente en la calidad del sellado. Taha et al. (33) demostraron que los cementos adhesivos mejoraron el comportamiento biomecánico de los materiales rígidos como el zirconio, reduciendo la pérdida de adaptación marginal bajo carga, mientras que su efecto

fue menos marcado en el PEEK, que ya de por sí posee una buena capacidad de compensación micromecánica.

10.5 Limitaciones metodológicas y proyecciones futuras

A pesar de los resultados consistentes obtenidos en esta revisión sistemática, es esencial reconocer las limitaciones metodológicas inherentes a los estudios “in vitro” analizados, así como considerar las proyecciones clínicas que derivan de los hallazgos.

En primer lugar, la **naturaleza experimental controlada** de todos los estudios incluidos implica una simplificación de las condiciones orales reales. Factores como el entorno húmedo de la cavidad oral, la influencia de la microbiota, las cargas oclusales dinámicas y la variabilidad anatómica no pueden reproducirse completamente en laboratorio. Papathanasiou et al. (38) y Ahmad et al. (37) coinciden en que los modelos “in vitro” deben considerarse como herramientas preliminares útiles, pero insuficientes para establecer directrices clínicas definitivas sin respaldo de ensayos “in vivo” a largo plazo.

Otra limitación relevante es la **falta de uniformidad en los protocolos de prueba** ya que los estudios analizados difieren en el número de ciclos de carga, tipo de termociclado, condiciones de almacenamiento y sistemas de cementación. Por ejemplo, Rauch et al. (22) evaluaron restauraciones cementadas sobre pilares de titanio sin recubrimientos, mientras que Emam et al. (39) trabajaron con restauraciones de PEEK reciclado y optimizado, lo cual dificulta una comparación directa. Esta heterogeneidad metodológica fue también señalada por Skirbutis et al. (39), quienes subrayan la necesidad de protocolos estandarizados que permitan generar evidencia reproducible y comparable.

Desde una perspectiva de **proyección clínica**, los estudios convergen en la utilidad potencial del PEEK como alternativa al zirconio en casos específicos. Ahmad et al. (37) que el PEEK es particularmente ventajoso en rehabilitaciones donde se anticipa sobrecarga funcional, como en pacientes bruxistas o con

historial de fracturas protésicas. Por el contrario, el zirconio se consolida como opción de primera línea en situaciones donde la estabilidad estructural, la estética y la precisión marginal son prioritarias, como en sectores anteriores o restauraciones múltiples.

Finalmente, **la falta de ensayos clínicos controlados y longitudinales** representa una de las principales lagunas en la literatura actual. Tanto Vertucci et al. (34) como Alexakou et al. (36) enfatizan la necesidad de estudios clínicos de seguimiento de al menos 1–3 años para evaluar parámetros como la supervivencia del implante, la integridad del sellado marginal, la aparición de fracturas, y la satisfacción subjetiva del paciente. Este enfoque permitiría traducir los resultados mecánicos observados en laboratorio en implicaciones clínicas tangibles (34,36).

10.6 Implicaciones clínicas

Los hallazgos de esta revisión sistemática no solo tienen valor desde el punto de vista experimental, sino que ofrecen implicaciones clínicas concretas que pueden guiar la toma de decisiones en rehabilitación protésica sobre dientes e implantes en el sector posterior.

El **zirconio** sigue siendo el material de referencia cuando se requiere máxima estabilidad mecánica, longevidad estructural y estética. Resulta especialmente adecuada en restauraciones unitarias o múltiples en pacientes sin antecedentes de sobrecarga o bruxismo, y donde la precisión marginal y la resistencia a largo plazo son prioritarias (20,32,33). Su uso es preferible en restauraciones monolíticas cuando se desea evitar el "chipping" de recubrimientos cerámicos (22), aunque debe tenerse precaución en pacientes con antagonistas naturales debido a su potencial abrasividad (38).

El **PEEK**, por su parte, representa una opción ventajosa en escenarios donde la biomecánica funcional cobra un rol preponderante. Su capacidad para absorber fuerzas, reducir la concentración de tensiones en el hueso periimplantario y minimizar el desgaste antagonista lo convierte en una elección recomendable para pacientes bruxistas, con estructuras óseas comprometidas o sensibilidad a

metales (34,37,39). Además, su buena reparabilidad y menor agresividad lo hacen adecuado para restauraciones provisionales prolongadas o en pacientes con alto riesgo de complicaciones mecánicas (26,36).

En términos generales, la elección entre PEEK y zirconio debe estar basada en un análisis individualizado de factores como el tipo de restauración, la oclusión del paciente, el riesgo de sobrecarga, la necesidad de mantenimiento, el perfil estético deseado y la respuesta biológica esperada. Esta revisión respalda un enfoque clínico equilibrado, donde ambos materiales pueden desempeñar un papel complementario dentro de una odontología restauradora moderna, basada en la evidencia y centrada en el paciente.

11 CONCLUSIÓN

11.1 Conclusión primaria

El zirconio destaca por su alta resistencia a la fractura y mejor adaptación marginal, siendo ideal en contextos de alta exigencia mecánica.

El PEEK, aunque menos rígido, ofrece una adecuada resistencia clínica y una mejor distribución del estrés, protegiendo las estructuras subyacentes.

11.2 Conclusiones secundarias

1. El zirconio puede sufrir fracturas del recubrimiento cerámico; el PEEK, en cambio, muestra mayor deformabilidad funcional, útil en casos de sobrecarga.
2. Ambos materiales son biocompatibles, pero el PEEK se adapta mejor a tejidos blandos y situaciones parafuncionales.
3. La heterogeneidad metodológica entre estudios subraya la necesidad de protocolos estandarizados y estudios clínicos longitudinales.
4. Los resultados permiten una selección clínica individualizada: zirconio cuando se priorizan rigidez y estética; PEEK cuando se requiere flexibilidad, biocompatibilidad funcional y facilidad de reparación.

12 Bibliografia

1. Ahmed MA, Hamdy AM, Fattah GA, Elfadl AKA. Effect of prosthetic design and restorative material on the stress distribution of implant-supported 3-unit fixed partial dentures: 3D-FEA. *Braz Dent Sci.* 2022;25(4):e3523.
2. Menini M, Delucchi F, Bagnasco F, Baldi D, Canullo L, Setti P, et al. Shock Absorption Capacity of High-Performance Polymers for Dental Implant-Supported Restorations: In Vitro Study. *Dent J (Basel).* 2024;12(4).
3. Gouda A, Sherif A, Wahba M, Morsi T. Effect of veneering material type and thickness ratio on flexural strength of bi-layered PEEK restorations before and after thermal cycling. *Clin Oral Investig.* 2023;27(6):2629–39.
4. Rani S, Jain N, Barua S, Idnani S, Kaushik N. Stress analysis in implant, abutment, and peripheral bone with different restorative crown and abutment materials: A three-dimensional finite element analysis study. *Dent Res J (Isfahan).* 2023;20(1):62.
5. Dhanasekaran T, Andonissamy L, Abdullah F, Paramasivam YS. Effect of different occlusal materials on peri-implant stress distribution with different osseointegration condition: A finite element analysis. *J Indian Prosthodont Soc.* 2024;24(3):292–9.
6. HUANG ZL, SHI JY, ZHANG X, GU YX, LAI HC. The influence of the shock-absorbing restorative materials on the stress distributions of short dental implant rehabilitations. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2021;25(1):24–34.
7. Sloan R, Hollis W, Selecman A, Jain V, Versluis A. Bond strength of lithium disilicate to polyetheretherketone. *Journal of Prosthetic Dentistry.* 2022;128(6):1351–7.
8. Gupta AK, Gupta R, Gill S. Evaluation of the failure modes and load-bearing capacity of different surface-treated polyether ether ketone copings veneered with lithium di-silicate compared to polyether ether ketone copings veneered with composite: An *in vitro* study. *J Indian Prosthodont Soc.* 2021;21(3):295–303.
9. Gao R, Xie J, Yang J, Zhuo C, Fu J, Zhao P. Research on the Fused Deposition Modeling of Polyether Ether Ketone. *Polymers* 2021, Vol 13, Page 2344. 2021;13(14):2344.

10. Deste Gökay G, Oyar P, Gökçimen G, Durkan R. Static and dynamic stress analysis of different crown materials on a titanium base abutment in an implant-supported single crown: a 3D finite element analysis. *BMC Oral Health*. 2024;24(1).
11. Ionescu RN, Totan AR, Imre MM, Tancu AMC, Pantea M, Butucescu M, et al. Prosthetic Materials Used for Implant-Supported Restorations and Their Biochemical Oral Interactions: A Narrative Review. *MATERIALS*. 2022;15(3).
12. Soares PM, Cadore-Rodrigues AC, Souto Borges AL, Valandro LF, Pereira GKR, Rippe MP. Load-bearing capacity under fatigue and FEA analysis of simplified ceramic restorations supported by Peek or zirconia polycrystals as foundation substrate for implant purposes. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021;123.
13. Cevik P, Schimmel M, Yilmaz B. New generation CAD-CAM materials for implant-supported definitive frameworks fabricated by using subtractive technologies. *Biomed Res Int*. 2022;2022.
14. Martins RG, Castro TSD, Dib LL, Gehrke SA, Mesquita AMM. Influence of Restorative Material on the Distribution of Loads to the Bone in Hybrid Abutment Crowns—In Vitro Study. *Medicina (Lithuania)*. 2023;59(7).
15. Ortega-Martínez J, Farré-Lladós M, Cano-Batalla J, Cabratosa-Termes J. Polyetheretherketone (PEEK) as a medical and dental material. A literature review. *Med Res Arch*. 2017;5(4).
16. Wang B, Huang M, Dang P, Xie J, Zhang X, Yan X. PEEK in Fixed Dental Prostheses: Application and Adhesion Improvement. *Polymers* 2022, Vol 14, Page 2323. 2022;14(12):2323.
17. Donmez MB, Diken Turksayar AA, Olcay EO, Sahmali SM. Fracture Resistance of Single-Unit Implant-Supported Crowns: Effects of Prosthetic Design and Restorative Material. *Journal of Prosthodontics*. 2022;31(4):348–55.
18. Zhang Y, Lawn BR. Novel Zirconia Materials in Dentistry. *J Dent Res*. 2018;97(2):140–7.
19. Yigit BS, Al-Akkad M, Mounajjed R. Zirconia Ceramics. *Acta Medica (Hradec Kralove, Czech Republic)*. 2024;67(2):39–45.

20. Emam M, Metwally MF. Effect of coping materials zirconia or polyetheretherketone with different techniques of fabrication on vertical marginal gap and fracture resistance of posterior crowns with composite veneering. BMC Oral Health. 2023;23(1).
21. Singh P, Maiti S, Shenoy A. Comparative evaluation of bond strength and color stability of polyetheretherketone and zirconia layered with indirect composite before and after thermocycling: An *in vitro* study. J Indian Prosthodont Soc. 2024;24(3):252–8.
22. Rauch A, Heinzmann W, Rosentritt M, Hahnel S, Schmidt MB, Fuchs F, et al. Aging and Fracture Resistance of Implant-Supported Molar Crowns with a CAD/CAM Resin Composite Veneer Structure. J Clin Med. 2023;12(18).
23. Tartuk BK, Ayna E, Basaran EG. Comparison of the Load-bearing Capacities of Monolithic PEEK, Zirconia and Hybrid Ceramic Molar Crowns. MEANDROS MEDICAL AND DENTAL JOURNAL. 2019;20(1):45–50.
24. Rupawat D, Nallaswamy D, Somasundaram J, Ganapathy D, Neeharika S, Sekaran S. An Invitro Chewing Simulation Study Comparing the Wear Resistance Behavior of Polyetheretherketone-Layered Composite Crown and Ceramic-Layered Zirconia Crown. CUREUS JOURNAL OF MEDICAL SCIENCE. 2023;15(10).
25. Gomez-Meda R, Esquivel J, Blatz MB. The esthetic biological contour concept for implant restoration emergence profile design. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 2021;33(1):173–84.
26. Emam M, Arafa AM. Stress distribution and fracture resistance of green reprocessed polyetheretherketone (PEEK) single implant crown restorations compared to unreprocessed PEEK and Zirconia: an in-vitro study. BMC Oral Health. 2023;23(1).
27. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. International Journal of Surgery. 2010;8(5):336–41.
28. Ramamoorthi M, Bakkar M, Jordan J, Tran SD. Osteogenic Potential of Dental Mesenchymal Stem Cells in Preclinical Studies: A Systematic Review Using Modified ARRIVE and CONSORT Guidelines. Stem Cells Int. 2015:378368.

29. Elsayed A, Chaar MS, Kern M, Libeck W, Yazigi C. Wear resistance of CAD/CAM one-piece screw-retained hybrid-abutment crowns made from different restorative materials. Clin Implant Dent Relat Res. 2024;26(2):281–8.
30. Mahajan N, Sukhija U, Kukreja N, Kalra S, Mittal S, Bhathal M, et al. Evaluation of the Marginal Fit and Fracture Resistance of Polyetheretherketone (PEEK) and Zirconia Copings: An In-vitro Study. JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH. 2024;18(11):ZC51–7.
31. Ramamoorthi M, Bakkar M, Jordan J, Tran SD. Osteogenic Potential of Dental Mesenchymal Stem Cells in Preclinical Studies: A Systematic Review Using Modified ARRIVE and CONSORT Guidelines. Stem Cells Int. 2015.
32. Yazigi C, Kern M, Chaar MS, Libeck W, Elsayed A. The influence of the restorative material on the mechanical behavior of screw-retained hybrid-abutment-crowns. J Mech Behav Biomed Mater. 2020;111.
33. Taha D, Sabet A. In vitro evaluation of material dependent force damping behavior of implant-supported restorations using different CAD-CAM materials and luting conditions. Journal of Prosthetic Dentistry. 2021;126(1):93.e1-93.e9.
34. Vertucci V, Marrelli B, Ruggiero R, Iaquina M, Marenzi G, Parisi GM, et al. Comparative in vitro study on biomechanical behavior of zirconia and polyetheretherketone biomaterials exposed to experimental loading conditions in a prototypal simulator. Int J Med Sci. 2023;20(5):639–51.
35. Shetty SK, Hasan MS, Zahid M, Suhaim KS, Mohammad F, Fayaz T. Evaluation of Fracture Resistance and Color Stability of Crowns Obtained by Layering Composite Over Zirconia and Polyetheretherketone Copings Before and After Thermocycling to Simulate Oral Environment: An *In Vitro* Study. J Pharm Bioallied Sci. 2020;12:523–9.
36. Alexakou E, Damanaki M, Zoidis P, Bakiri E, Mouzis N, Smidt G, et al. PEEK High Performance Polymers: A Review of Properties and Clinical Applications in Prosthodontics and Restorative Dentistry. European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry. 27(3):113–21.

37. Ahmad F, Nimonkar S, Belkhode V, Nimonkar P. Role of Polyetheretherketone in Prosthodontics: A Literature Review. *Cureus*. 2024; 16(5):e60552.
38. Papathanasiou I, Kamposiora P, Papavasiliou G, Ferrari M. The use of PEEK in digital prosthodontics: A narrative review. *BMC Oral Health*. 2020; 20(1):1–11.
39. Skirbutis G, Dzingutė A, Masiliūnaitė V, Šulcaitė G, Žilinskas J. A review of PEEK polymer's properties and its use in prosthodontics. *Baltic Dental and Maxillofacial Journal*. 2017;19(1):19–23.

13 ANEXOS

Tabla 1: resumen de las búsquedas de cada una de las bases de datos consultadas.

Base de datos	Búsqueda	Número de artículos	Fecha
PubMed	(((((((((dental crown[MeSH Terms] OR (dental bridgework[MeSH Terms])) OR (single crown)) OR (fixed dental prosthesis)) OR (dental crown)) OR (((molar region) OR (posterior area)))) AND (((PEEK) OR (polyetheretherketone)) OR (High performance polymers))) AND (((zirconio) OR (zirconium))) AND (((((((Fracture resistance) OR (Mechanical properties)) OR (Stress distribution)) OR (Fracture strength)) OR (Fatigue resistance)) OR (Load-bearing capacity)) OR (Force damping))	78	16/12/2024
Scopus	(TITLE-ABS-KEY ((((dental AND crown) OR (dental AND bridgework)) OR (single AND crown)) OR (fixed AND dental AND prosthesis) OR ((molar AND region) OR (posterior AND area))) AND TITLE-ABS-KEY (((peek) OR (polyetheretherketone)) OR (high AND performance AND polymers)) AND TITLE-ABS-KEY (((zirconio) OR (zirconium))) AND TITLE-ABS-KEY ((((((fracture AND resistance) OR (mechanical AND properties)) OR (stress AND distribution)) OR (fracture AND strength)) OR (fatigue AND resistance)) OR (load-bearing AND capacity)) OR (force AND damping)))	69	16/12/2024
Web of Science	((((dental crown) OR (dental bridgework)) OR (single crown)) OR (fixed dental prosthesis) OR ((molar region) OR (posterior area)) (All Fields) and ((PEEK) OR (polyetheretherketone)) OR (High performance polymers) (All Fields) and ((zirconio) OR (zirconium)) (All Fields) and (((((((Fracture resistance) OR (Mechanical properties)) OR (Stress distribution)) OR (Fracture strength)) OR (Fatigue resistance)) OR (Load-bearing capacity)) OR (Force damping) (All Fields)	128	16/12/2024

Guía PRISMA 2020

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	1
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	3-5
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	25 - 26
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	27
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	29
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	30
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	30
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	32 - 33
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	33 - 34
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	34
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	35
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	35 - 36
Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	37 - 38
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	37 - 38
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	37 - 38
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	37 - 38
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	37 - 38
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	37 - 38
Reporting bias assessment	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	37 - 38
	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	39
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	40
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	49 - 54
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	42 - 48
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	49 - 54
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	53 - 54
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	53 - 54
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	53 - 54
	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	53 - 54
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	59 - 62
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	64 - 65
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	65
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	65
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	68
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	68
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

Declaración de uso de inteligencia artificial

En la elaboración del presente trabajo se ha recurrido al uso de herramientas de inteligencia artificial, específicamente ChatGPT 4o, con el objetivo de apoyar el desarrollo de distintos aspectos metodológicos y de redacción.

- Herramienta utilizada: ChatGPT 4o
- Funciones desempeñadas:
 - Asistencia en la estructuración inicial del esquema del trabajo.
 - Formulación y mejora de criterios de inclusión y exclusión para una revisión sistemática.
 - Apoyo en la elaboración de un diagrama de flujo conforme a las directrices PRISMA.
 - Sugerencias sobre redacción académica en lenguaje claro y coherente.
- **Prompts empleados:**
 - “Realiza la traducción de artículos científicos del inglés al español, manteniendo la terminología técnica del ámbito odontológico.”
 - “Actúa como investigador y propón un esquema para una revisión sistemática sobre la comparación de dos materiales en prótesis sobre implantes.
 - “¿Cómo puedo definir criterios de inclusión y exclusión en una revisión sistemática?”
 - “Elabórame un diagrama de flujo basado en PRISMA”
 - “Reformula el texto para adaptarlo al estilo y estructura propios de una revisión sistemática.”
- **Enlace a la herramienta:** <https://chatgpt.com>

Comparativa del comportamiento biológico y mecánico de coronas y/o puentes confeccionados con PEEK o Zirconio: revisión sistemática de estudios “in vitro”.

Titulo corto: Comparativa de PEEK y zirconio en restauraciones totales posteriores: revisión sistemática de estudios ‘in vitro’

Autores:

Tommaso Sartori¹, Raquel Leon Martinez²

- 1- 5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.
- 2- Assistant Professor of Oral Prothesis, Stomatology Department, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain. Professor Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia, Spain.

Correspondencia

Raquel Leon Martinez

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia

Raquel.leon@universidadeuropea.es

Resumen

Introducción: Las restauraciones dentales posteriores requieren materiales con alta resistencia mecánica, buena adaptación marginal y compatibilidad biológica. El zirconio (Y-TZP) es ampliamente utilizada por su rigidez y estética, aunque su elevada dureza puede transmitir tensiones excesivas a las estructuras subyacentes. El PEEK (Polyetheretherketone), con un módulo de elasticidad más bajo, ha surgido como una alternativa con comportamiento biomecánico más favorable.

Objetivo: Comparar el rendimiento mecánico y biológico de restauraciones CAD/CAM de PEEK y zirconio en el sector posterior, mediante una revisión sistemática de estudios “in vitro”.

Material y método: Se realizó una búsqueda electrónica siguiendo las directrices PRISMA en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science hasta diciembre de 2024. Se incluyeron estudios “in vitro” que comparaban zirconio y PEEK en términos de resistencia a la fractura, distribución del estrés y adaptación marginal. La calidad metodológica se evaluó con una escala modificada ARRIVE y CONSORT.

Resultados: Se seleccionaron ocho estudios. El zirconio mostró mayor resistencia a la fractura y mejor ajuste marginal. El PEEK evidenció menor rigidez, mejor amortiguación del estrés y menor abrasividad. Ambos materiales cumplieron los estándares clínicos mínimos, aunque con comportamientos mecánicos distintos. La heterogeneidad metodológica limitó las comparaciones cuantitativas.

Discusión: El zirconio es adecuada en casos con altas exigencias estéticas y funcionales. El PEEK ofrece ventajas en pacientes con bruxismo, reabsorciones óseas o sensibilidad a materiales rígidos. Ambos mostraron buena biocompatibilidad. Se requiere más evidencia clínica para validar los hallazgos.

Palabras clave: Zirconio, PEEK, Prótesis fijas, CAD/CAM, resistencia a la fractura, biocompatibilidad.

Abstract

Introduction: Posterior dental restorations require materials with high mechanical strength, good marginal adaptation, and biological compatibility. Zirconio (Y-TZP) is widely used for its rigidity and esthetics, although its high hardness may transmit excessive stress to underlying structures. PEEK (Polyetheretherketone), with a lower elastic modulus, has emerged as an alternative with more favorable biomechanical behavior.

Objective: To compare the mechanical and biological performance of CAD/CAM restorations made of PEEK and zirconio in the posterior sector, through a systematic review of “in vitro” studies.

Materials and Methods: A systematic electronic search was conducted according to PRISMA guidelines in the PubMed, Scopus, and Web of Science databases up to December 2024. “In vitro” studies comparing zirconio and PEEK in terms of fracture resistance, stress distribution, and marginal adaptation were included. Methodological quality was assessed using a modified ARRIVE and CONSORT scale.

Results: Eight studies were included. Zirconio showed higher fracture resistance and better marginal fit. PEEK exhibited lower rigidity, better stress absorption, and reduced abrasiveness. Both materials met minimum clinical standards, although with different mechanical behaviors. Methodological heterogeneity limited quantitative comparisons.

Discussion: Zirconio is suitable for cases with high esthetic and functional demands. PEEK offers advantages in patients with bruxism, bone resorption, or sensitivity to rigid materials. Both demonstrated good biocompatibility. More clinical evidence is needed to confirm these findings.

Keywords: Zirconio, PEEK, Fixed dental prosthesis, CAD/CAM, fracture resistance, biocompatibility.

Introducción

En la odontología restauradora actual, uno de los principales desafíos es lograr rehabilitaciones duraderas y biocompatibles en el sector posterior, donde predominan las cargas oclusales elevadas. Para responder a estas exigencias, se han desarrollado diversos materiales con propiedades mecánicas y biológicas específicas. El zirconio estabilizado con itrio (Y-TZP) ha sido ampliamente adoptada en restauraciones fijas gracias a su elevada resistencia a la fractura, su estabilidad química y su aceptable comportamiento estético (1). Es un material policristalino sin fase vítrea, lo que le proporciona una dureza superior, con valores de resistencia que pueden alcanzar los 1000–1200 MPa (2). Sin embargo, su elevada rigidez (módulo de elasticidad de aproximadamente 210 GPa) puede comportar ciertos inconvenientes clínicos. La transmisión de estrés a través de la estructura del zirconio puede generar tensiones sobre el sustrato óseo o sobre implantes, y en algunos casos provocar fracturas por sobrecarga o abrasión excesiva del antagonista (3,4). Estos factores han llevado al interés por alternativas más flexibles y biomiméticas. El PEEK (polyetheretherketone) ha surgido como una de las opciones más estudiadas en la última década. Originalmente utilizado en cirugía ortopédica y neuroquirúrgica, este polímero semicristalino ha demostrado excelentes propiedades biomecánicas y biológicas para su aplicación en odontología (5). Su módulo elástico (~3–4 GPa) es comparable al del hueso cortical humano, lo que le permite deformarse ligeramente bajo carga y distribuir las fuerzas de manera más fisiológica (6). Además, su bajo peso, su baja abrasividad sobre el antagonista y su elevada biocompatibilidad lo convierten en una opción atractiva en rehabilitaciones sobre implantes y en pacientes con sensibilidad a metales o para función como el bruxismo (7,8). El avance de las tecnologías CAD/CAM ha facilitado la integración clínica de ambos materiales, permitiendo la fabricación de estructuras protésicas tanto monolíticas como con recubrimientos estéticos (9). No obstante, mientras el zirconio se ha consolidado como el estándar en muchos casos clínicos, el uso del PEEK aún plantea interrogantes sobre su resistencia a largo plazo, comportamiento en condiciones de carga cíclica, adhesión a materiales estéticos y estabilidad de color (10,11). Pese al creciente número de estudios experimentales sobre estas dos alternativas, la literatura actual carece

de revisiones sistemáticas que integren y comparen de forma estructurada sus propiedades mecánicas, biológicas y clínicas en restauraciones posteriores elaboradas por CAD/CAM. Por tanto, el objetivo de esta revisión sistemática es evaluar y comparar el desempeño del PEEK y el zirconio en términos de resistencia a la fractura, distribución del estrés, adaptación marginal, abrasión, biocompatibilidad y estabilidad ante cargas funcionales, en restauraciones dentales posteriores realizadas mediante tecnología digital.

Material y método

Esta revisión sistemática se elaboró conforme a las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), siguiendo una estrategia PICO para definir el enfoque clínico:

- **P (Población):** Restauraciones dentales posteriores fabricadas con zirconio o PEEK.
- **I (Intervención):** Uso de coronas o puentes diseñados mediante tecnología CAD/CAM con zirconio o PEEK.
- **C (Comparación):** Comparación directa entre ambos materiales en condiciones experimentales similares.
- **O (Resultados):** Variables mecánicas (resistencia a la fractura, distribución del estrés), biológicas (biocompatibilidad, abrasividad) y de adaptación marginal.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda sistemática y exhaustiva en tres bases de datos electrónicas principales: PubMed, Scopus y Web of Science, abarcando publicaciones hasta diciembre de 2024. Para maximizar la sensibilidad de la búsqueda y recuperar estudios relevantes, se utilizó una combinación de términos MeSH, palabras clave y operadores booleanos.

La siguiente estrategia de búsqueda fue aplicada en PubMed:

(((((((((dental crown[MeSH Terms]) OR (dental bridgework[MeSH Terms])) OR (single crown)) OR (fixed dental prosthesis)) OR (dental crown)) OR ((molar region) OR (posterior area)))) AND ((PEEK) OR (polyetheretherketone) OR (High

performance polymers))) AND ((zirconio) OR (zirconium))) AND ((((((Fracture resistance) OR (Mechanical properties)) OR (Stress distribution)) OR (Fracture strength)) OR (Fatigue resistance)) OR (Load-bearing capacity) OR (Force damping))).

No se aplicaron restricciones en cuanto al idioma ni a la fecha de publicación. La búsqueda se complementó con una revisión manual de las listas de referencias de los estudios seleccionados, con el fin de identificar artículos relevantes que pudieran haber sido omitidos en la búsqueda electrónica inicial.

Todos los artículos identificados fueron gestionados y cribados siguiendo las directrices PRISMA. El proceso de selección se llevó a cabo en dos fases: una primera por título y resumen, seguida de una evaluación del texto completo. Se eliminaron los duplicados y la selección final se basó en criterios de inclusión y exclusión previamente definidos.

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron estudios “**in vitro**” que compararan directamente zirconio y PEEK en restauraciones posteriores, tanto en formato monolítico como tipo “coping”.

Se excluyeron artículos que:

- no utilizaran restauraciones con diseño CAD/CAM,
- emplearan materiales diferentes a PEEK o Y-TZP,
- no informaran datos cuantitativos sobre al menos una de las variables primarias.

Extracción de datos y evaluación de la calidad metodológica

Dos revisores independientes extrajeron los datos clave: autor, año, tipo de restauración, número de muestras, tipo de prueba mecánica, valores de fractura, parámetros biológicos y método de análisis. La calidad metodológica fue evaluada mediante una escala adaptada de las directrices **ARRIVE** y **CONSORT**, considerando elementos como aleatorización, replicabilidad, control del sesgo y precisión estadística (Tablas 2 y 3).

Resultados

Selección de estudios:

A partir de la búsqueda bibliográfica sistemática realizada en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science, se identificaron inicialmente 346 artículos. Tras la eliminación de duplicados (n=94), se cribaron 252 títulos y resúmenes. De estos, 26 estudios fueron seleccionados para la revisión a texto completo. Finalmente, tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, 8 estudios “in vitro” fueron incluidos en la presente revisión sistemática. El proceso de selección se presenta en el diagrama de flujo PRISMA (Fig. 1).

Análisis de las características de los estudios revisados:

Los 8 estudios incluidos fueron todos de tipo “in vitro” y analizaron restauraciones protésicas posteriores fabricadas con tecnología CAD/CAM en PEEK o zirconio. Cuatro artículos evaluaron restauraciones tipo “coping” recubiertas (12–15) y los otros cuatro se centraron en restauraciones monolíticas (16–19). El número total de muestras analizadas fue de 190 unidades, con un rango por estudio entre 10 y 42 coronas. Las variables más frecuentemente analizadas fueron: resistencia a la fractura, comportamiento ante la fatiga, módulo de elasticidad, absorción de carga, desgaste del antagonista, adaptación marginal y características de fractura. Las metodologías utilizadas incluyeron ensayos de carga hasta fractura, simulación de masticación (1,2 millones de ciclos), termociclado, “strain gauge”, microscopía para análisis marginal y pruebas de flexión a tres puntos (Tabla 4).

Evaluación de la calidad metodológica:

La calidad metodológica de los estudios incluidos fue evaluada mediante una escala adaptada de las directrices ARRIVE y CONSORT, diseñada específicamente para investigaciones “in vitro”. La puntuación máxima posible fue de 33 puntos, y los valores obtenidos oscilaron entre 26 y 28 puntos. Seis estudios alcanzaron una puntuación igual o superior a 27, clasificándose como de alta calidad metodológica: (12,15–19). El estudio de (14) con 26 puntos, fue considerado de calidad moderada. Ningún estudio fue clasificado como de baja calidad.

Los ítems con mayores deficiencias fueron la falta de cálculo justificado del tamaño muestral y la ausencia de declaraciones de conflicto de interés o financiación, incluso en estudios con buena puntuación general. Estos factores representan limitaciones relevantes, ya que pueden influir en la transparencia, reproducibilidad e interpretación de los resultados obtenidos (Tablas 2 y 3).

Síntesis de resultados:

Los estudios mostraron que el zirconio presentó valores superiores de resistencia a la fractura en todos los casos, alcanzando cargas de rotura entre 2000 y 3300 N. No obstante, el PEEK demostró una mayor capacidad de amortiguación y menor rigidez, lo cual se tradujo en una menor transmisión de carga y mejor distribución del estrés en restauraciones sobre implantes (16). En términos de adaptación marginal, ambos materiales se situaron dentro de los límites clínicamente aceptables, aunque el zirconio mostró mejores resultados (13). En restauraciones con “coping” el PEEK mostró mayor reparabilidad y menor riesgo de fracturas catastróficas. En la modalidad monolítica, ambos materiales resistieron satisfactoriamente los ciclos de fatiga (19). El zirconio destacó por su superior resistencia y estabilidad, mientras que el PEEK se perfiló como una alternativa con ventajas en casos de sobrecarga funcional o necesidad de absorción biomecánica (Tabla 5 y Fig. 2).

Discusión

Los resultados de esta revisión sistemática evidencian diferencias relevantes entre el comportamiento mecánico y biológico del PEEK y del zirconio en restauraciones dentales posteriores, lo que refuerza la necesidad de una elección individualizada del material según el caso clínico.

Resistencia a la fractura y comportamiento biomecánico

La mayoría de los estudios incluidos mostró que el zirconio presenta valores más altos de resistencia a la fractura, superando frecuentemente los 2500 N (15,18). Sin embargo, estudios como los de Taha et al. (16) y Yazigi et al. (19) destacaron que el PEEK ofrece una resistencia suficiente para soportar la carga masticatoria habitual, incluso tras la fatiga. Su módulo de elasticidad (3–4 GPa)

es mucho menor que el del zirconio (~210 GPa), lo cual favorece una mayor flexibilidad y distribución del estrés, reduciendo potencialmente el riesgo de sobrecarga en implantes o hueso cortical.

Adaptación marginal y ajuste protésico

En cuanto al ajuste marginal, el zirconio mostró mejores valores medios de gap marginal (13). No obstante, estudios como el de Emam & Metwally at al. (15) también reportaron resultados aceptables para el PEEK, siempre dentro de los límites clínicos (<120 µm). La diferencia puede estar relacionada con la tecnología CAD/CAM empleada y los protocolos de fresado.

Comportamiento frente al desgaste y la fatiga

El PEEK demostró menor abrasividad frente a los dientes antagonistas en comparación con el zirconio, lo cual es una ventaja en pacientes con esmalte debilitado o antecedentes de desgaste (17,20). Además, estudios como el de Rauch at al. (12) y Yazigi at al. (19) informaron que, tras simulaciones de carga cíclica (1,2 millones de ciclos), el PEEK mantuvo una integridad estructural aceptable y no presentó fracturas catastróficas, a diferencia de algunos recubrimientos cerámicos en estructuras del zirconio.

Implicaciones clínicas

Desde una perspectiva clínica, el zirconio sigue siendo el material de elección cuando se requiere una alta resistencia estructural y estética, especialmente en sectores con demanda oclusal intensa o en restauraciones monolíticas expuestas. Sin embargo, el PEEK emerge como una alternativa funcional válida, especialmente en pacientes con parafunción (bruxismo), necesidad de rehabilitaciones ligeras o con sensibilidad a materiales rígidos. Su capacidad de amortiguación y menor agresividad con el antagonista favorecen su indicación en casos seleccionados (5,12,16).

Limitaciones y líneas futuras

Una de las principales limitaciones de esta revisión es la naturaleza exclusivamente “in vitro” de los estudios incluidos. Si bien estos permiten el control de variables y la estandarización de pruebas, no siempre reflejan la

complejidad del entorno clínico. Además, la heterogeneidad metodológica entre estudios (ciclos de fatiga, tipo de carga, medidas de resultado) dificulta la comparación directa de datos. Por tanto, se recomienda el desarrollo de estudios clínicos aleatorizados con seguimiento longitudinal que evalúen el comportamiento del PEEK y del zirconio en condiciones reales de carga, analizando complicaciones, adhesión bacteriana, salud periimplantaria y tasas de supervivencia restauradora.

Bibliografía

1. Zhang Y, Lawn BR. Novel Zirconia Materials in Dentistry. *J Dent Res*. 2018;97(2):140–7.
2. Elsayed A, Yazigi C, Kern M, Chaar MS. Mechanical behavior of nano-hybrid composite in comparison to lithium disilicate as posterior cement-retained implant-supported crowns restoring different abutments. *Dental Materials*. 2021;37(8):e435–42.
3. Mahajan N, Sukhija U, Kukreja N, Kalra S, Mittal S, Bhathal M, et al. Evaluation of the Marginal Fit and Fracture Resistance of Polyetheretherketone (PEEK) and Zirconia Copings: An In-vitro Study. *JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH*. 2024;18(11):ZC51–7.
4. Gao R, Xie J, Yang J, Zhuo C, Fu J, Zhao P. Research on the Fused Deposition Modeling of Polyether Ether Ketone. *Polymers* 2021, Vol 13, Page 2344. 2021;13(14):2344.
5. Zoidis P. The Use of Modified Polyetheretherketone Post and Core for an Esthetic Lithium Disilicate Anterior Ceramic Restoration: A Clinical Report. *International Journal of Prosthodontics*. 2021;34(1):120–5.
6. Deste Gökay G, Oyar P, Gökçimen G, Durkan R. Static and dynamic stress analysis of different crown materials on a titanium base abutment in an implant-supported single crown: a 3D finite element analysis. *BMC Oral Health*. 2024;24(1).
7. Rupawat D, Nallaswamy D, Somasundaram J, Ganapathy D, Neeharika S, Sekaran S. An Invitro Chewing Simulation Study Comparing the Wear Resistance Behavior of Polyetheretherketone-

- Layered Composite Crown and Ceramic-Layered Zirconia Crown. CUREUS JOURNAL OF MEDICAL SCIENCE. 2023;15(10).
8. Gupta AK, Gupta R, Gill S. Evaluation of the failure modes and load-bearing capacity of different surface-treated polyether ether ketone copings veneered with lithium di-silicate compared to polyether ether ketone copings veneered with composite: An *in vitro* study. J Indian Prosthodont Soc. 2021;21(3):295–303.
 9. Menini M, Delucchi F, Bagnasco F, Baldi D, Canullo L, Setti P, et al. Shock Absorption Capacity of High-Performance Polymers for Dental Implant-Supported Restorations: In Vitro Study. Dent J (Basel). 2024;12(4).
 10. Gouda A, Sherif A, Wahba M, Morsi T. Effect of veneering material type and thickness ratio on flexural strength of bi-layered PEEK restorations before and after thermal cycling. Clin Oral Investig. 2023 ;27(6):2629–39.
 11. Donmez MB, Diken Turksayar AA, Olcay EO, Sahmali SM. Fracture Resistance of Single-Unit Implant-Supported Crowns: Effects of Prosthetic Design and Restorative Material. Journal of Prosthodontics. 2022;31(4):348–55.
 12. Rauch A, Heinzmann W, Rosentritt M, Hahnel S, Schmidt MB, Fuchs F, et al. Aging and Fracture Resistance of Implant-Supported Molar Crowns with a CAD/CAM Resin Composite Veneer Structure. J Clin Med. 2023;12(18).
 13. Emam M, Metwally MF. Effect of coping materials zirconia or polyetheretherketone with different techniques of fabrication on vertical marginal gap and fracture resistance of posterior crowns with composite veneering. BMC Oral Health. 2023;23(1).
 14. Shetty SK, Hasan MS, Zahid M, Suhaim KS, Mohammad F, Fayaz T. Evaluation of Fracture Resistance and Color Stability of Crowns Obtained by Layering Composite Over Zirconia and Polyetheretherketone Copings Before and After Thermocycling to Simulate Oral Environment: An *In Vitro* Study. J Pharm Bioallied Sci. 2020;12:523–9.

15. Vertucci V, Marrelli B, Ruggiero R, Iaquina M, Marenzi G, Parisi GM, et al. Comparative in vitro study on biomechanical behavior of zirconia and polyetheretherketone biomaterials exposed to experimental loading conditions in a prototypal simulator. *Int J Med Sci.* 2023;20(5):639–51.
16. Taha D, Sabet A. In vitro evaluation of material dependent force damping behavior of implant-supported restorations using different CAD-CAM materials and luting conditions. *Journal of Prosthetic Dentistry.* 2021;126(1):93.e1-93.e9.
17. Emam M, Arafa AM. Stress distribution and fracture resistance of green reprocessed polyetheretherketone (PEEK) single implant crown restorations compared to unprocessed PEEK and Zirconia: an in-vitro study. *BMC Oral Health.* 2023;23(1).
18. Tartuk BK, Ayna E, Basaran EG. Comparison of the Load-bearing Capacities of Monolithic PEEK, Zirconia and Hybrid Ceramic Molar Crowns. *MEANDROS MEDICAL AND DENTAL JOURNAL.* 2019;20(1):45–50.
19. Yazigi C, Kern M, Chaar MS, Libeck W, Elsayed A. The influence of the restorative material on the mechanical behavior of screw-retained hybrid-abutment-crowns. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020;111.
20. Papathanasiou I, Kamposiora P, Papavasiliou G, Ferrari M. The use of PEEK in digital prosthodontics: A narrative review. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):1–11.

Financiación: No declarada.

Conflicto de intereses: No declarado.

Diagrama de flujo. PRISMA 2020

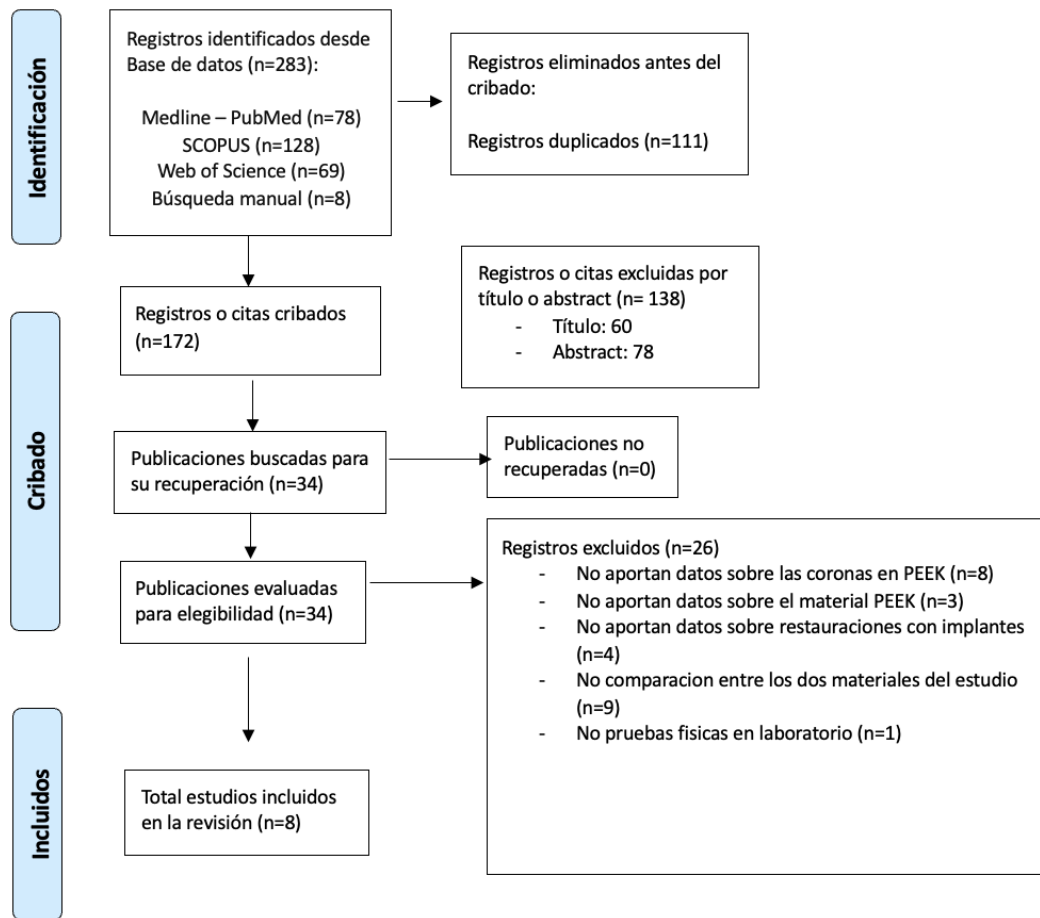


Fig. 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática.

Tabla 2: Criterios de evaluación escala ARRIVE/CONSORT adaptada.

Puntuación total	Nivel de calidad metodológica	Fiabilidad
27 – 33 puntos	Alta calidad	✓ Estudio fiable
20 – 26 puntos	Calidad moderada	⚠ Estudio aceptable con reservas
< 20 puntos	Baja calidad	✗ Alto riesgo de sesgo

Tabla 3: Categorías utilizadas para evaluar la calidad de estudios “in vitro” seleccionados (modificados de las pautas ARRIVE y CONSORT)

Autor/año	Yazigi et al. (2020) (19)	Emam & Metwally (2023) (13)	Taha et al. (2021) (16)	Tartuk et al. (2019) (18)	Vertucci et al. (2023) (15)	Rauch et al. (2023) (12)	Emam & Arafa (2023) (17)	Shetty et al. (2020) (14)
Artículo Descripción Grado 1. Título (0) Inexacto/no conciso (1) Conciso/ade cuado	1	1	1	1	1	1	1	1
2. Resumen: ya sea un resumen estructurado de los antecedentes, objetivos de investigación, métodos experimentales clave, principal hallazgos y conclusión del estudio o auto-contenido (debe contener suficiente información para permitir una	3	3	3	3	3	3	3	3

buena comprensión de la justificación del enfoque) (1) Claramente inadecuado (2) Posiblemente precisa (3) Claramente precisa								
3. Introducción: antecedentes, enfoque experimental y explicación de la justificación/hipótesis (1) Insuficiente (2) Posiblemente suficiente/algo información (3) Claramente cumple/suficiente	3	2	3	2	3	3	2	3
4. Introducción: objetivos de preprimaria y secundaria para el experimentos (objetivos	2	1	2	2	2	2	2	2

primarios/se cundarios específicos) (1) No está claramente establecido (2) Claramente establecido								
5. Métodos: diseño del estudio explicado número de experimento s y grupos de control, pasos para reducir el sesgo (demostrand o la consistencia del experimento (hecho más de una vez), detalle suficiente para la replicación, cegamiento en la evaluación, etc.) (1) Claramente insuficiente (2) Posiblement e suficiente (3) Claramente suficiente	3	3	3	3	3	3	3	3
6. Métodos: detalles precisos del procedimien to								

experimental (es decir, cómo, cuándo, dónde y por qué) (1) Claramente insuficiente (2) Posiblemente suficiente (3) Claramente suficiente	3	3	3	3	3	3	3	3
7. Métodos: Cómo se determinó el tamaño de la muestra (detalles del control y grupo experimental) y cálculo del tamaño de la muestra. (1) Sí (2) Incierto/incompleto (3) Adecuado/claro	2	3	3	3	3	2	2	3
8. Métodos: detalles de métodos y análisis estadísticos (métodos estadísticos utilizados para comparar grupos)	3	3	3	3	3	3	3	3

(1) Sí (2) Incierto/incompleto (3) Adecuado/claro								
9. Resultados: explicación de cualquier dato excluido, resultados de cada análisis con una medida de precisión como desviación o error estándar o intervalo de confianza (1) Sí (2) Incierto/incompleto (3) Adecuado/claro	3	3	3	3	3	3	3	3
10 Discusión: interpretación/implicación científica, limitaciones, y generalizabilidad/traducción (0) Claramente inadecuado (1) Posiblemente exacto	2	2	2	2	2	2	2	2

(2) Claramente precisa								
11. Declaración de conflictos potenciales y divulgación de financiamie nto (0) No (1) Sí	1	0	1	0	1	1	0	1
12. Publicación en una revista revisada por pares (0) No (1) Sí	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	27	27	28	27	27	27	26	28

Tabla 4: Características de los estudios revisados (Comparación PEEK vs. Zirconio)

Variable	“Coping” (4 estudios)	Monolíticos (4 estudios)
Autores (año)	1. Rauch (2023) (12) 2. Emam & Metwally (2023) (13) 3. Shetty (2020) (14) 4. Vertucci (2023) (15)	1. Emam & Arafa (2023) (17) 2. Taha (2021) (16) 3. Tartuk (2019) (18) 4. Yazigi (2020) (19)
Tipo de estudio	“In vitro”. Ensayos de fractura (12–15) simulación de masticación (12), termociclado (14).	“In vitro”. Pruebas de fractura (17–19) force damping (16), termociclos y fatiga (19).
Nº muestras (sólo Zr/PEEK)	~92 en total (suma de 4 artículos), rango de 10 (15) a ± 40 (14).	~98 en total (suma de 4 artículos), rango de 16 (19) a ± 42 (16) (considerando únicamente Zr y PEEK).
Parámetros principales	- Resistencia a la fractura (3/4). - Desgaste (1/4). - Ajuste marginal (13)	- Resistencia a la fractura (3/4). - Force damping (1/4). - Fatiga (1/4).
Hallazgos – zirconio	- Mayor rigidez y carga de fractura absoluta. - Riesgo de “chipping” en la cerámica de recubrimiento. - Ajuste marginal algo superior (13).	- Resistencias incluso >3000 N (18) - Transmisión de fuerza directa (menor absorción). - Excelentes resultados en fatiga (19)
Hallazgos - PEEK	- Menor rigidez, mejor amortiguación. - Cargas de fractura algo más bajas pero suficientes (>2000 N).	- Carcasas 100% monolíticas con buenos valores de fractura (~ 2000–2500 N).

Variable	“Coping” (4 estudios)	Monolíticos (4 estudios)
	- Menos fracturas catastróficas del recubrimiento.	- Aporta absorción de cargas (16) - No aparecen fisuras tras fatiga (19)
Conclusión principal	Tanto PEEK como Zirconio resultan adecuados como “coping” base, con ventajas/inconvenientes. Zirconio ofrece la mayor rigidez; PEEK facilita la absorción y puede repararse mejor.	Con restauraciones 100% monolíticas, Zirconio alcanza la máxima resistencia, PEEK destaca en la flexibilidad y la reducción de tensiones. Ambos válidos en la práctica clínica.

Tabla 5: Resultados según autor y año de publicación, tipo estudio, numero de dientes de las pruebas, tipo de material (solo PEEK e zirconio) y métodos utilizados para analizar el material.

Autor / Año	Tipo de estudio	N.º muestras (Zr vs PEEK)	Materiales	Método de análisis	Valores Principales
Rauch (2023) (12)	“In vitro”, simulación masticatoria (1,2 millones de ciclos) + test de fractura	16 coronas (8 Zr, 8 PEEK)	- “Coping” Zr - “Coping” PEEK	- Chewing simulator- Universal testing machine (fractura)	- Fractura PEEK: ~974 N - Fractura Zr: ~2447-2759 N
Emam & Metwally (2023) (13)	“In vitro”, comparación de “copings” recubiertos con composite	18 “copings” (6 Zr, 12 PEEK)	- “Coping” Zr - “Coping” PEEK	- Microscopía para gap marginal - Ensayo de fractura	- Gap marginal: Zr ~48 µm, PEEK ~108 µm - Fractura PEEK ~ 2157–2437 N - Fractura Zr: ~1687 N

Autor / Año	Tipo de estudio	N.º muestras (Zr vs PEEK)	Materiales	Método de análisis	Valores Principales
Shetty (2020) (14)	“In vitro”, coronas con “coping” (termociclado + fractura + color)	40 coronas (20 Zr, 20 PEEK)	- “Coping” Zr - “Coping” PEEK	- Termociclado - Colorimetría - Ensayo de fractura	- Fractura PEEK ~1765–2135 MPa - Fractura Zr: ~1000–1100 MPa
Vertucci (2023) (15)	“In vitro”, prueba de flexión (3 puntos) en puentes 3 unidades	10 puentes (5 Zr, 5 PEEK)	- “Coping” Zr-cerámica - “Coping” PEEK-composite	- Test de 3 puntos (flexión) - Micro-CT para fracturas	- Fractura PEEK: ~2214 N - Fractura Zr: ~3292 N
Emam & Arafa (2023) (17)	“In vitro”, coronas monolíticas (strain gauge + fractura)	20 coronas (5 Zr, 15 PEEK)	- Zr monolítica - PEEK monolítica	- Colocación de strain gauges - Ensayo de fractura (carga vertical)	- Fractura PEEK: ~1150 – 1250 N - Fractura Zr: ~≥2000 N

Autor / Año	Tipo de estudio	N.º muestras (Zr vs PEEK)	Materiales	Método de análisis	Valores Principales
Taha (2021) (16)	“In vitro”, coronas monolíticas para “force damping”	84 coronas totales; (subgrupos Zr y PEEK ~≥14–16 c/u)	- Zr monolítica - PEEK monolítica	- Aplicación de fuerza creciente - Medición de curva resultante (pendiente)	- Zr: ~75–77° (mayor rigidez, menos damping) - PEEK: ~51–53° (absorbe más la carga)
Tartuk (2019) (18)	“In vitro”, coronas monolíticas de molar (ensayo de fractura)	20 coronas (10 Zr, 10 PEEK)	- Zr monolítica - PEEK monolítica	- Universal testing machine (carga hasta fractura)	- Fractura PEEK: ~2214 N - Fractura Zr: ~3292 N
Yazigi (2020) (19)	“In vitro”, fatiga (1,2 M ciclos) + fractura monolítica	16 coronas (8 Zr, 8 PEEK)	- Zr monolítica - PEEK monolítica	- Chewing simulator (1,2 M ciclos) - Ensayo de fractura estático	- Ambos sin fisuras tras fatiga - Fractura PEEK:

Autor / Año	Tipo de estudio	N.º muestras (Zr vs PEEK)	Materiales	Método de análisis	Valores Principales
					~2000– 2200 N - Fractura Zr: ~2645 N

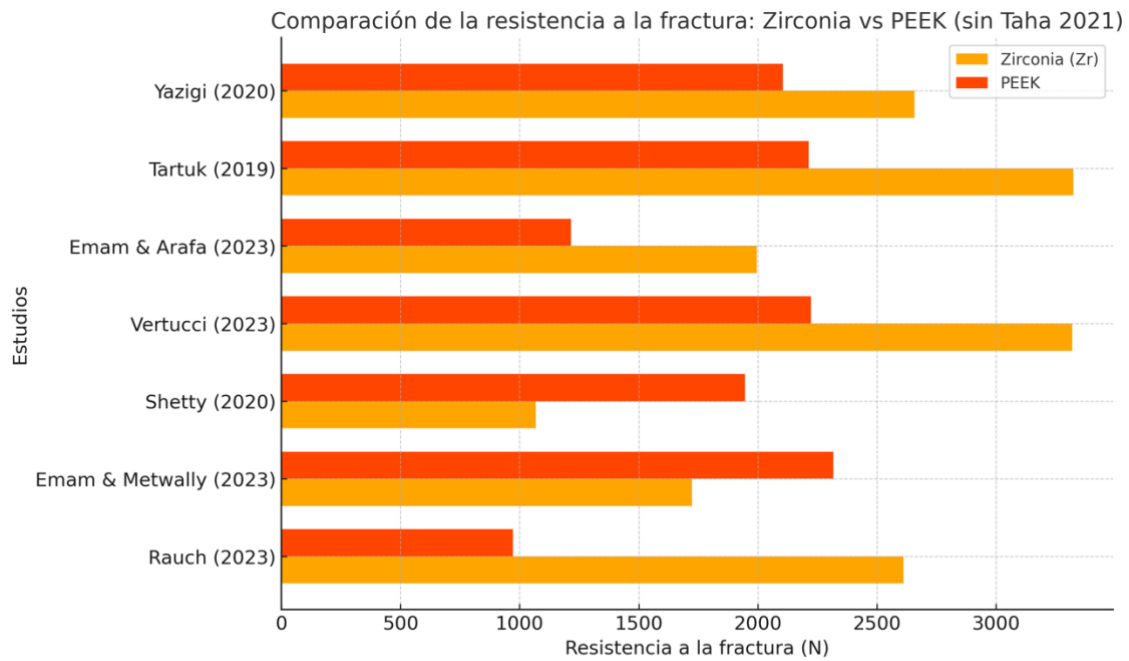


Fig. 2. Gráfico de los Resultados según autor y año de publicación y tipo de material (PEEK y zirconio).

Comparative Analysis of the Biological and Mechanical Behavior of Crowns and/or Bridges Made of PEEK or Zirconio: A Systematic Review of “In Vitro” Studies

Short Title: Comparison of zirconio and PEEK in full posterior restorations: systematic review of ‘in vitro’ studies

Authors:

Tommaso Sartori¹, Raquel Leon Martinez²

- 1- 5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.
- 2- Assistant Professor of Oral Prothesis, Stomatology Department, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain. Professor Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia, Spain.

Correspondence:

Raquel Leon Martinez

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia

Raquel.leon@universidadeuropea.es

Abstract

Introduction: Posterior dental restorations require materials with high mechanical strength, good marginal adaptation, and biological compatibility. Zirconio (Y-TZP) is widely used for its rigidity and esthetics, although its high hardness may transmit excessive stress to underlying structures. PEEK (Polyetheretherketone), with a lower elastic modulus, has emerged as an alternative with more favorable biomechanical behavior.

Objective: To compare the mechanical and biological performance of CAD/CAM restorations made of PEEK and zirconio in the posterior sector through a systematic review of "in vitro" studies.

Materials and Methods: An electronic search following PRISMA guidelines was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science until December 2024. "In vitro" studies comparing zirconio and PEEK in terms of fracture resistance, stress distribution, and marginal adaptation were included. Methodological quality was assessed using a modified ARRIVE and CONSORT scale.

Results: Eight studies were included. Zirconio showed higher fracture resistance and better marginal fit. PEEK showed lower rigidity, better stress absorption, and reduced abrasiveness. Both materials met minimum clinical standards, although with different mechanical behaviors. Methodological heterogeneity limited quantitative comparisons.

Discussion: Zirconio is suitable for cases with high esthetic and functional demands. PEEK offers advantages for patients with bruxism, bone resorption, or sensitivity to rigid materials. Both demonstrated good biocompatibility. Further clinical evidence is needed to validate these findings.

Keywords: Zirconio, PEEK, Fixed dental prosthesis, CAD/CAM, fracture resistance, biocompatibility.

Introduction

In contemporary restorative dentistry, one of the main challenges is achieving durable and biocompatible rehabilitations in the posterior sector, where high occlusal loads are predominant. To meet these demands, various materials with specific mechanical and biological properties have been developed. Yttria-stabilized zirconio (Y-TZP) has been widely adopted in fixed restorations due to its high fracture resistance, chemical stability, and acceptable esthetic behavior (1). It is a polycrystalline material without a glassy phase, which gives it superior hardness, with strength values that can reach 1000–1200 MPa (2). However, its high rigidity (elastic modulus of approximately 210 GPa) may involve certain clinical drawbacks. The stress transmission through the zirconio structure can generate tensions on the bone substrate or implants, and in some cases cause overload fractures or excessive abrasion of the antagonist (3,4). These factors have led to interest in more flexible and biomimetic alternatives. PEEK (polyetheretherketone) has emerged as one of the most studied options in the last decade. Originally used in orthopedic and neurosurgical applications, this semi-crystalline polymer has demonstrated excellent biomechanical and biological properties for dental use (5). Its elastic modulus (~3–4 GPa) is comparable to that of human cortical bone, allowing it to slightly deform under load and distribute forces more physiologically (6). Furthermore, its low weight, minimal abrasiveness against antagonists, and high biocompatibility make it an attractive option in implant-supported rehabilitations and in patients with metal sensitivities or parafunctional habits such as bruxism (7,8). The advancement of CAD/CAM technologies has facilitated the clinical integration of both materials, allowing the fabrication of prosthetic structures that are either monolithic or veneered for esthetic purposes (9). Nevertheless, while zirconio has become a standard in many clinical scenarios, the use of PEEK still raises questions regarding its long-term resistance, behavior under cyclic loading, adhesion to esthetic materials, and color stability (10,11). Despite the growing number of experimental studies on these two alternatives, current literature lacks systematic reviews that comprehensively integrate and compare their mechanical, biological, and clinical properties in CAD/CAM-manufactured posterior restorations.

Therefore, the objective of this systematic review is to evaluate and compare the performance of PEEK and zirconio in terms of fracture resistance, stress distribution, marginal adaptation, abrasiveness, biocompatibility, and stability under functional loading in posterior dental restorations made using digital technology.

Material and Method

This systematic review was conducted in accordance with the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines, following a PICO strategy to define the clinical focus:

- **P (Population):** Posterior dental restorations made with zirconio or PEEK.
- **I (Intervention):** Use of crowns or bridges designed with CAD/CAM technology using zirconio or PEEK.
- **C (Comparison):** Direct comparison between both materials under similar experimental conditions.
- **O (Outcomes):** Mechanical variables (fracture resistance, stress distribution), biological variables (biocompatibility, abrasiveness), and marginal adaptation.

Information Sources and Search Strategy

A comprehensive and systematic literature search was conducted across three major electronic databases: PubMed, Scopus, and Web of Science, covering publications up to December 2024. To maximize search sensitivity and retrieve relevant studies, a combination of MeSH terms, keywords, and Boolean operators was used.

The following search strategy was applied in PubMed:

(((((((((dental crown[MeSH Terms]) OR (dental bridgework[MeSH Terms])) OR (single crown)) OR (fixed dental prosthesis)) OR (dental crown)) OR ((molar region) OR (posterior area)))) AND ((PEEK) OR (polyetheretherketone) OR (High performance polymers))) AND ((zirconio) OR (zirconium))) AND ((((((Fracture resistance) OR (Mechanical properties)) OR (Stress distribution)) OR (Fracture strength)) OR (Fatigue resistance)) OR (Load-bearing capacity) OR (Force damping)))

No restrictions were applied regarding language or publication date. The search was further refined by reviewing the reference lists of selected articles to identify potentially relevant studies not retrieved during the database search.

All articles identified were managed and screened using the PRISMA guidelines. The inclusion process involved a two-step evaluation: first by title and abstract, followed by full-text analysis. Duplicates were removed and the final selection was based on predefined inclusion and exclusion criteria.

Inclusion and Exclusion Criteria

“In vitro” studies that directly compared zirconio and PEEK in posterior restorations, whether in monolithic or “coping” format, were included. Articles were excluded if they:

- Did not use CAD/CAM-designed restorations,
- Used materials other than PEEK or Y-TZP,
- Did not report quantitative data for at least one of the primary variables.

Data Extraction and Methodological Quality Assessment

Two independent reviewers extracted key data: author, year, type of restoration, sample size, type of mechanical test, fracture values, biological parameters, and analysis method. Methodological quality was assessed using a scale adapted from the ARRIVE and CONSORT guidelines, considering elements such as randomization, reproducibility, bias control, and statistical accuracy (see Tables 2 and 3).

Results

Study Selection

From the systematic literature search conducted in the PubMed, Scopus, and Web of Science databases, a total of 346 articles were initially identified. After removing duplicates ($n = 94$), 252 titles and abstracts were screened. Of these, 26 studies were selected for full-text review. Finally, after applying the inclusion and exclusion criteria, 8 “in vitro” studies were included in this systematic review. The selection process is detailed in the PRISMA flow diagram (Fig. 1).

Analysis of the Characteristics of the Reviewed Studies

All 8 included studies were “in vitro” and analyzed posterior prosthetic restorations fabricated using CAD/CAM technology in PEEK or zirconio. Four articles evaluated veneered “coping”-type restorations (12–15), while the other four focused on monolithic restorations (16–19). The total number of samples analyzed was 190 units, ranging from 10 to 42 crowns per study. The most frequently analyzed variables were: fracture resistance, fatigue behavior, elastic modulus, load absorption, antagonist wear, marginal adaptation, and fracture characteristics. Methodologies included load-to-fracture tests, mastication simulation (1.2 million cycles), thermocycling, strain gauge, microscopy for marginal analysis, and three-point bending tests (Table 4).

Methodological Quality Assessment

The methodological quality of the included studies was evaluated using a scale adapted from the ARRIVE and CONSORT guidelines, specifically designed for “in vitro” research. The maximum possible score was 33 points, and the obtained values ranged between 26 and 28 points. Six studies scored 27 or higher and were classified as high-quality studies (12, 15–19). One study (14) scored 26 points and was considered of moderate quality. No study was classified as low quality. The most frequently lacking items were the absence of justified sample size calculations and the omission of conflict of interest or funding disclosures, even in studies with generally good scores. These factors represent relevant limitations, as they can affect transparency, reproducibility, and the interpretation of the results (see Tables 2 and 3).

Synthesis of Results

The studies showed that zirconio had higher fracture resistance values in all cases, reaching breaking loads between 2000 and 3300 N. However, PEEK demonstrated better shock absorption and lower stiffness, which translated into reduced load transmission and better stress distribution in implant-supported restorations (16). In terms of marginal adaptation, both materials fell within clinically acceptable limits, although zirconio performed better (13). In veneered “coping” restorations, PEEK showed higher reparability and lower risk of

catastrophic fractures. In the monolithic configuration, both materials successfully withstood fatigue cycles (19). Zirconio stood out for its superior resistance and stability, while PEEK emerged as an alternative with advantages in cases of functional overload or the need for biomechanical absorption (Table 5 y Fig.2).

Discussion

The results of this systematic review highlight relevant differences between the mechanical and biological behavior of PEEK and zirconio in posterior dental restorations, reinforcing the need for individualized material selection according to each clinical case.

Fracture Resistance and Biomechanical Behavior

Most of the included studies showed that zirconio has higher fracture resistance values, often exceeding 2500 N (15,18). However, studies such as those by Taha at al. (16) and Yazigi at al. (19) emphasized that PEEK offers sufficient strength to withstand normal masticatory loads, even after fatigue. Its elastic modulus (3–4 GPa) is significantly lower than that of zirconio (~210 GPa), which favors greater flexibility and stress distribution, potentially reducing the risk of overload on implants or cortical bone.

Marginal Adaptation and Prosthetic Fit

Regarding marginal fit, zirconio demonstrated better average values in terms of marginal gap (13). Nevertheless, studies such as Emam & Metwally at al. (15) also reported acceptable results for PEEK, always within clinical limits (<120 µm). This difference may be related to the CAD/CAM technology used and the milling protocols applied.

Wear and Fatigue Behavior

PEEK exhibited lower abrasiveness against opposing teeth compared to zirconio, which is advantageous in patients with weakened enamel or a history of wear (17,20). Furthermore, studies such as those by Rauch at al. (12) and Yazigi at al. (19) reported that after cyclic load simulations (1.2 million cycles), PEEK

maintained acceptable structural integrity and did not present catastrophic fractures, unlike some ceramic coatings on zirconio structures.

Clinical Implications

From a clinical perspective, zirconio remains the material of choice when high structural strength and esthetics are required, especially in areas with intense occlusal demands or in exposed monolithic restorations. However, PEEK is emerging as a valid functional alternative, particularly in patients with parafunctional habits (e.g., bruxism), a need for lightweight restorations, or sensitivity to rigid materials. Its shock absorption capacity and lower antagonist wear make it suitable in selected cases (5,12,16).

Limitations and Future Directions

One of the main limitations of this review is the exclusively “in vitro” nature of the included studies. While they allow for controlled variables and standardized testing, they do not always reflect the complexity of the clinical environment. Additionally, methodological heterogeneity among studies (fatigue cycles, loading types, outcome measures) makes direct data comparison difficult. Therefore, we recommend the development of randomized clinical trials with longitudinal follow-up to evaluate the performance of PEEK and zirconio under real loading conditions, analyzing complications, bacterial adhesion, peri-implant health, and restoration survival rates.

Bibliography

1. Zhang Y, Lawn BR. Novel Zirconia Materials in Dentistry. *J Dent Res*. 2018;97(2):140–7.
2. Elsayed A, Yazigi C, Kern M, Chaar MS. Mechanical behavior of nano-hybrid composite in comparison to lithium disilicate as posterior cement-retained implant-supported crowns restoring different abutments. *Dental Materials*. 2021;37(8):e435–42.
3. Mahajan N, Sukhija U, Kukreja N, Kalra S, Mittal S, Bhathal M, et al. Evaluation of the Marginal Fit and Fracture Resistance of Polyetheretherketone (PEEK) and Zirconia Copings: An In-vitro Study.

JOURNAL OF CLINICAL AND DIAGNOSTIC RESEARCH.
2024;18(11):ZC51–7.

4. Gao R, Xie J, Yang J, Zhuo C, Fu J, Zhao P. Research on the Fused Deposition Modeling of Polyether Ether Ketone. *Polymers* 2021, Vol 13, Page 2344. 2021;13(14):2344.
5. Zoidis P. The Use of Modified Polyetheretherketone Post and Core for an Esthetic Lithium Disilicate Anterior Ceramic Restoration: A Clinical Report. *International Journal of Prosthodontics*. 2021;34(1):120–5.
6. Deste Gökay G, Oyar P, Gökçimen G, Durkan R. Static and dynamic stress analysis of different crown materials on a titanium base abutment in an implant-supported single crown: a 3D finite element analysis. *BMC Oral Health*. 2024;24(1).
7. Rupawat D, Nallaswamy D, Somasundaram J, Ganapathy D, Neeharika S, Sekaran S. An Invitro Chewing Simulation Study Comparing the Wear Resistance Behavior of Polyetheretherketone-Layered Composite Crown and Ceramic-Layered Zirconia Crown. *CUREUS JOURNAL OF MEDICAL SCIENCE*. 2023;15(10).
8. Gupta AK, Gupta R, Gill S. Evaluation of the failure modes and load-bearing capacity of different surface-treated polyether ether ketone copings veneered with lithium di-silicate compared to polyether ether ketone copings veneered with composite: An *in vitro* study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2021;21(3):295–303.
9. Menini M, Delucchi F, Bagnasco F, Baldi D, Canullo L, Setti P, et al. Shock Absorption Capacity of High-Performance Polymers for Dental Implant-Supported Restorations: In Vitro Study. *Dent J (Basel)*. 2024;12(4).
10. Gouda A, Sherif A, Wahba M, Morsi T. Effect of veneering material type and thickness ratio on flexural strength of bi-layered PEEK restorations before and after thermal cycling. *Clin Oral Investig*. 2023;27(6):2629–39.
11. Donmez MB, Diken Turksayar AA, Olcay EO, Sahmali SM. Fracture Resistance of Single-Unit Implant-Supported Crowns: Effects of Prosthetic Design and Restorative Material. *Journal of Prosthodontics*. 2022;31(4):348–55.

12. Rauch A, Heinzmann W, Rosentritt M, Hahnel S, Schmidt MB, Fuchs F, et al. Aging and Fracture Resistance of Implant-Supported Molar Crowns with a CAD/CAM Resin Composite Veneer Structure. *J Clin Med*. 2023;12(18).
13. Emam M, Metwally MF. Effect of coping materials zirconia or polyetheretherketone with different techniques of fabrication on vertical marginal gap and fracture resistance of posterior crowns with composite veneering. *BMC Oral Health*. 2023;23(1).
14. Shetty SK, Hasan MS, Zahid M, Suhaim KS, Mohammad F, Fayaz T. Evaluation of Fracture Resistance and Color Stability of Crowns Obtained by Layering Composite Over Zirconia and Polyetheretherketone Copings Before and After Thermocycling to Simulate Oral Environment: An *In Vitro* Study. *J Pharm Bioallied Sci*. 2020;12:523–9.
15. Vertucci V, Marrelli B, Ruggiero R, Iaquinta M, Marenzi G, Parisi GM, et al. Comparative in vitro study on biomechanical behavior of zirconia and polyetheretherketone biomaterials exposed to experimental loading conditions in a prototypal simulator. *Int J Med Sci*. 2023;20(5):639–51.
16. Taha D, Sabet A. In vitro evaluation of material dependent force damping behavior of implant-supported restorations using different CAD-CAM materials and luting conditions. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2021;126(1):93.e1-93.e9.
17. Emam M, Arafa AM. Stress distribution and fracture resistance of green reprocessed polyetheretherketone (PEEK) single implant crown restorations compared to unreprocessed PEEK and Zirconia: an in-vitro study. *BMC Oral Health*. 2023;23(1).
18. Tartuk BK, Ayna E, Basaran EG. Comparison of the Load-bearing Capacities of Monolithic PEEK, Zirconia and Hybrid Ceramic Molar Crowns. *MEANDROS MEDICAL AND DENTAL JOURNAL*. 2019;20(1):45–50.
19. Yazigi C, Kern M, Chaar MS, Libeck W, Elsayed A. The influence of the restorative material on the mechanical behavior of screw-retained hybrid-abutment-crowns. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2020;111.

20. Papathanasiou I, Kamposiora P, Papavasiliou G, Ferrari M. The use of PEEK in digital prosthodontics: A narrative review. BMC Oral Health [Internet]. 2020;20(1):1–11.

Funding: None declared.

Conflict of interest: None declared.

2020 PRISMA flow diagram

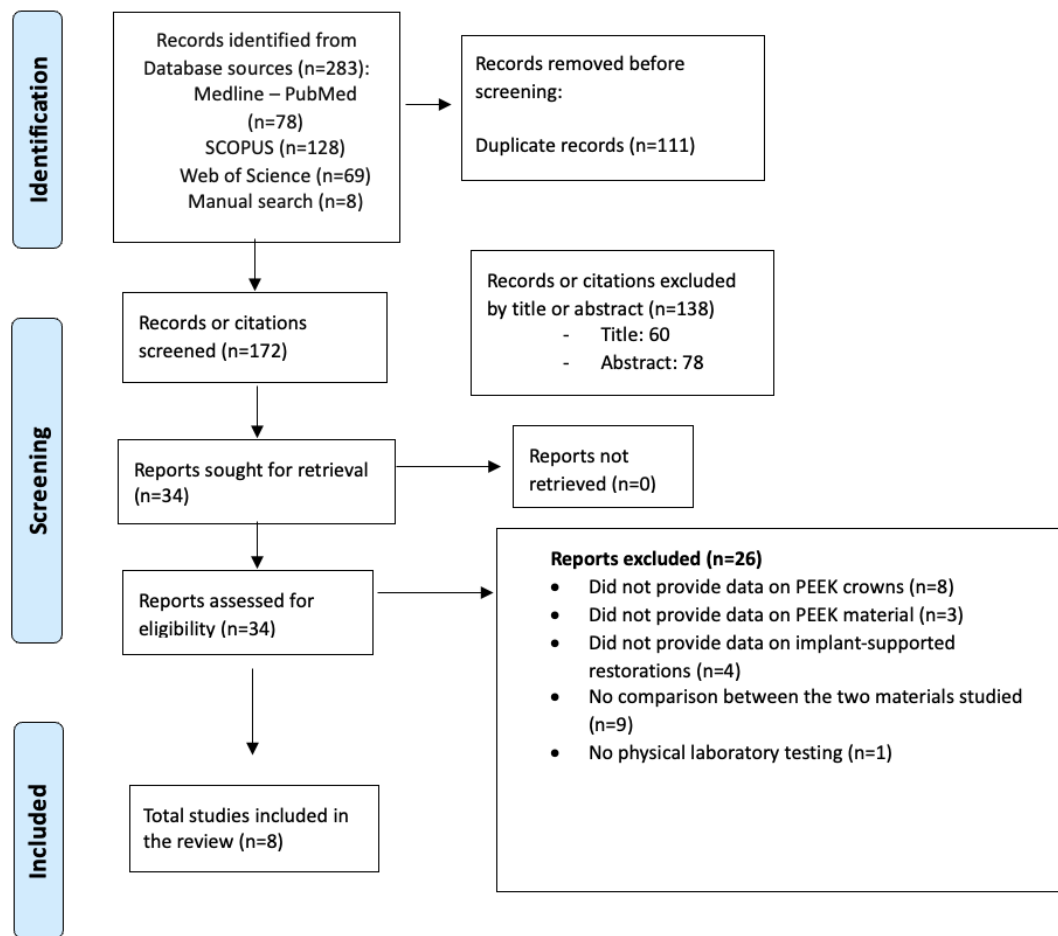


Fig. 1. Flow diagram of the search and title selection process during the systematic review.

Table 2: Evaluation Criteria – Adapted ARRIVE/CONSORT Scale

Total Score	Level of Methodological Quality	Reliability
27 – 33 points	High quality	✓ Reliable study
20 – 26 points	Moderate quality	⚠ Acceptable study with reservations
< 20 points	Low quality	✗ High risk of bias

Table 3: Categories used to assess the quality of selected in vitro studies
(Modified from ARRIVE and CONSORT guidelines).

Author/Year	Yazigi et al. (2020) (19)	Emam & Metwally (2023) (13)	Taha et al. (2021) (16)	Tartuk et al. (2019) (18)	Vertucci et al. (2023) (15)	Rauch et al. (2023) (12)	Emam & Arafa (2023) (17)	Shetty et al. (2020) (14)
1. Title: (0) Inaccurate/not concise, (1) Concise/adequate	1	1	1	1	1	1	1	1
2. Abstract: either a structured abstract including background, research objectives, key experimental methods, main findings, and study conclusion, or a self-contained abstract (it must contain sufficient information to allow a good understanding of the rationale behind the approach) (1) Clearly	3	3	3	3	3	3	3	3

inadequate (2) Possibly accurate (3) Clearly accurate								
3. Introduction: background, experimental approach, and explanation of the rationale/hypothesis (1) Insufficient (2) Possibly sufficient / some information (3) Clearly sufficient	3	2	3	2	3	3	2	3
4. Introduction: primary and secondary objectives of the experiments (specific primary/secondary objectives) (1) Not clearly stated (2) Clearly stated	2	1	2	2	2	2	2	2
5. Methods: study design explained, number of experiments and control groups, steps to reduce bias	3	3	3	3	3	3	3	3

(demonstrating the consistency of the experiment—performed more than once), sufficient detail for replication, blinding in the evaluation, etc. (1) Clearly insufficient (2) Possibly sufficient (3) Clearly sufficient								
6. Methods: precise details of the experimental procedure (i.e., how, when, where, and why) (1) Clearly insufficient (2) Possibly sufficient (3) Clearly sufficient	3	3	3	3	3	3	3	3
7. Methods: How the sample size was determined (details of the control and experimental group) and sample size calculation (1) Yes (2)	2	3	3	3	3	2	2	3

Uncertain/in complete (3) Adequate/clear								
8. Methods: Details of statistical methods and analysis (statistical methods used to compare groups) (1) Yes (2) Uncertain/in complete (3) Adequate/clear	3	3	3	3	3	3	3	3
9. Results: Explanation of any excluded data, results of each analysis with a measure of precision such as standard deviation, standard error, or confidence interval (1) Yes (2) Uncertain/in complete (3) Adequate/clear	3	3	3	3	3	3	3	3
10. Discussion: Scientific interpretation/implication								

, limitations, and generalizability/translation (0) Clearly inadequate (1) Possibly accurate (2) Clearly accurate	2	2	2	2	2	2	2	2
11. Statement of potential conflicts and funding disclosure (0) No (1) Yes	1	0	1	0	1	1	0	1
12. Publication in a peer-reviewed journal (0) No (1) Yes	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	27	27	28	27	27	27	26	28

Table 4: Characteristics of the Reviewed Studies (Comparison PEEK vs. Zirconio)

Variable	Coping (4 studies)	Monolithic (4 studies)
Authors (year)	1. Rauch (2023) (12) 2. Emam & Metwally (2023) (13) 3. Shetty (2020) (14) 4. Vertucci (2023) (15)	1. Emam & Arafa (2023) (17) 2. Taha (2021) (16) 3. Tartuk (2019) (18) 4. Yazigi (2020) (19)
Study type	“In vitro.” Fracture tests (12–15), mastication simulation (12), thermocycling (14).	“In vitro.” Fracture tests (17–19), force damping (16), thermocycling and fatigue (19).
No. of samples (only Zr/PEEK)	~92 total (across 4 studies), ranging from 10 (15) to ±40 (14).	~98 total (across 4 studies), ranging from 16 (19) to ±42 (16) (considering only Zr and PEEK).
Main parameters	- Fracture resistance (3/4) - Wear (1/4) - Marginal fit (13)	- Fracture resistance (3/4) - Force damping (1/4) - Fatigue (1/4)
Findings – Zirconio	- Higher stiffness and absolute fracture load - “Chipping” risk in veneering ceramics - Slightly better marginal fit (13)	- Fracture resistance even >3000 N (18) - Direct force transmission (less absorption) - Excellent fatigue results (19)
Findings – PEEK	- Lower stiffness, better damping - Slightly lower fracture loads but sufficient (>2000 N)	- Fully monolithic frameworks with good fracture values (~2000–2500 N)

Variable	Coping (4 studies)	Monolithic (4 studies)
	- Fewer catastrophic veneering fractures	- Absorbs occlusal loads (16) - No cracks after fatigue (19)
Main conclusion	Both PEEK and zirconio are suitable as coping bases, with respective advantages/disadvantages. Zirconio offers higher stiffness; PEEK better absorbs forces and is easier to repair.	In fully monolithic restorations, zirconio offers maximum strength, while PEEK excels in flexibility and stress reduction. Both are valid in clinical practice.

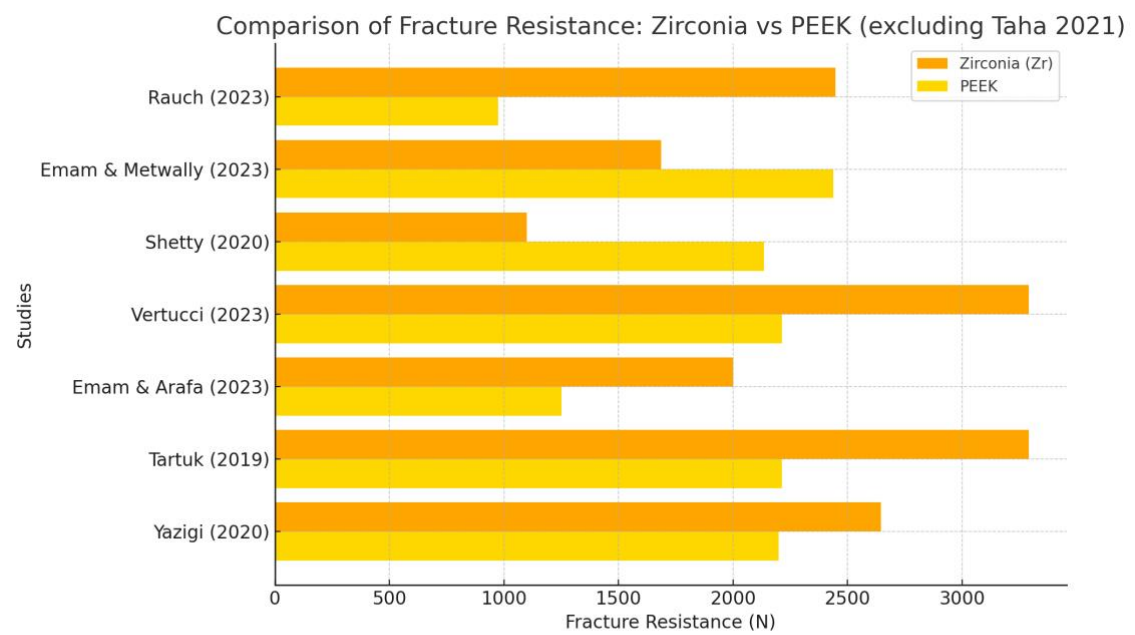
Table 5: Results by Author and Year, Study Type, Number of Samples, Material Type (Only PEEK and Zirconio), and Analytical Methods

Author / Year	Study Type	No. of Samples (Zr vs PEEK)	Materials	Analysis Method	Key Findings
Rauch (2023) (12)	<i>"In vitro"</i> , chewing simulation (1.2 million cycles) + fracture test	16 crowns (8 Zr, 8 PEEK)	- Zirconio coping - PEEK coping	- Chewing simulator - Universal testing machine (fracture)	- PEEK fracture: ~974 N - Zr fracture: ~2447–2759 N
Emam & Metwally (2023) (13)	<i>"In vitro"</i> , comparison of composite-veneered copings	18 copings (6 Zr, 12 PEEK)	- Zirconio coping - PEEK coping	- Microscopy for marginal gap - Fracture test	- Marginal gap: Zr ~48 µm, PEEK ~108 µm - PEEK fracture: ~2157–2437 N - Zr fracture: ~1687 N
Shetty (2020) (14)	<i>"In vitro"</i> , veneered crowns (thermocycling + fracture + color)	40 crowns (20 Zr, 20 PEEK)	- Zirconio coping - PEEK coping	- Thermocycling - Colorimetry - Fracture test	- PEEK fracture: ~1765–2135 MPa - Zr fracture: ~1000–1100 MPa

Author / Year	Study Type	No. of Samples (Zr vs PEEK)	Materials	Analysis Method	Key Findings
Vertucci (2023) (15)	<i>"In vitro"</i> , 3-point bending test on 3-unit bridges	10 bridges (5 Zr, 5 PEEK)	- Zirconio-ceramic coping - PEEK-composite coping	- 3-point bending test - Micro-CT for fractures	- PEEK fracture: ~2214 N - Zr fracture: ~3292 N
Emam & Arafa (2023) (17)	<i>"In vitro"</i> , monolithic crowns (strain gauge + fracture)	20 crowns (5 Zr, 15 PEEK)	- Monolithic Zr - Monolithic PEEK	- Strain gauges - Vertical load fracture test	- PEEK fracture: ~1150–1250 N - Zr fracture: ≥2000 N
Taha (2021) (16)	<i>"In vitro"</i> , monolithic crowns for force damping	84 total crowns (Zr & PEEK subgroups ~14–16 each)	- Monolithic Zr - Monolithic PEEK	- Incremental force application - Slope measurement	- Zr: ~75–77° (higher stiffness, less damping) - PEEK: ~51–53° (better load absorption)
Tartuk (2019) (18)	<i>"In vitro"</i> , molar monolithic crowns (fracture test)	20 crowns (10 Zr, 10 PEEK)	- Monolithic Zr - Monolithic PEEK	- Universal testing machine (fracture)	- PEEK fracture: ~2214 N - Zr fracture: ~3292 N
Yazigi (2020) (19)	<i>"In vitro"</i> , fatigue (1.2M cycles) +	16 crowns (8 Zr, 8 PEEK)	- Monolithic Zr	- Chewing simulator (1.2M cycles)	- No cracks after fatigue (both)

Author / Year	Study Type	No. of Samples (Zr vs PEEK)	Materials	Analysis Method	Key Findings
	monolithic fracture test		- Monolithic PEEK	- Static fracture test	- PEEK fracture: ~2000–2200 N - Zr fracture: ~2645 N

Fig. 2. Graph of Results by Author and Year of Publication and Type of Material (PEEK and Zirconia).



Note 1: The study by Taha (2021) is not included as it reports fracture strength in GPa.

Note 2: The study by Shetty (2020) is shown in Newtons (N), converted from MPa.