



**IMPLANTOLOGÍA DENTAL. TITANIO VS ZIRCONIO: UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA**

***DENTAL IMPLANTOLOGY. TITANIUM VS ZIRCONIUM: A SYSTEMATIC
REVIEW***

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Departamento de Estomatología

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ODONTOLOGÍA MÉDICO-QUIRÚRGICA E INTEGRAL

Autora: Nadia Richardson Cuevas Epouse Mallegol

Tutor: Dr. Daniel Torres Lagares

CURSO 2022-2023

FECHA



Dr. DANIEL TORRES LAGARES, profesor titular adscrito al Departamento de Estomatología de la Facultad de Odontología de la Universidad de Sevilla, como director del Trabajo Fin de Máster.

CERTIFICA: Que el presente trabajo titulado **“IMPLANTOLOGÍA DENTAL. TITANIO VS ZIRCONIO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA** “ha sido realizado por **Dña. NADIA RICHARDSON CUEVAS EPOUSE MALLEGOL** bajo mi dirección y cumple a mi juicio, todos los requisitos necesarios para ser presentado y defendido como Trabajo Fin de Máster.

Y para que así conste y a los efectos oportunos, firmo el presente certificado en Sevilla el 25 de mayo de 2023.

TORRES
LAGARES
DANIEL -
28762000V

Firmado digitalmente por
TORRES LAGARES
DANIEL -
28762000V
Fecha: 2023.05.06
17:00:43 +02'00'

D. DANIEL TORRES LAGARES



Dña. NADIA RICHARDSON CUEVAS EPOUSE MALLEGOL con NIE Z0111926J alumno/a de la Facultad de Odontología (Universidad de Sevilla), autor/a del Trabajo Fin de Máster titulado: **IMPLANTOLOGÍA DENTAL.TITANIO VS ZIRCONIO UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA.**

DECLARO: Que el contenido de mi trabajo, presentado para su evaluación en el curso **2022-23** es original, de elaboración propia, y en su caso, la inclusión de fragmentos de obras ajenas de naturaleza escrita, sonora o audiovisual, así como de carácter plástico o fotográfico figurativo, de obras ya divulgadas, se han realizado a título de cita o para su análisis, comentario o juicio crítico, incorporando e indicando la fuente y el nombre del autor de la obra utilizada (Art. 32 de la Ley 2/2019 por la que se modifica el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, BOE núm. 53 de 2 de marzo de 2019).

APERCIBIMIENTO: Quedo advertido de que la inexactitud o falsedad de los datos aportados determinará la calificación de **NO APTO** y que **asumo las consecuencias legales** que pudieran derivarse de dicha actuación.

Sevilla a 25 de mayo de 2023.

Fdo: NADIA RICHARDSON CUEVAS EPOUSE MALLEGOL



Agradecimientos

Quisiera ante que nada agradecer a mi tutor Dr. Daniel Torres lagares por sus enseñanzas, su dedicación y empeño, por haberme guiado para poder realizar esta memoria.

Agradecer a mis compañeros de máster, en particular a Luis Emilio Ponce de León Ramos por su apoyo incondicional, y sus palabras siempre tan justas, Lady Leonor Arbelaez Bonozo por siempre estar ahí transmitiendo tu buena energía, Gabriela Berben Suárez por ser un excelente ser humano y a Fernando Alas Villanueva gracias por hacer de este camino más ligero.

Agradecer a mi familia, en especial mi hija Melody Mallegol Richardson y mi esposo Patrick Mallegol por haberme apoyado en este proyecto, por su paciencia y entusiasmo, sin ustedes esto no hubiese sido posible, y finalmente agradecer a mis amigos en especial a Yvonne Pérez Peña, Ruth Ramírez, Marcelle Morel Checo, Carolina Mella Campos y Yeritza Jaquez Gómez, ustedes son una fuente de inspiración inalcanzable.

Si la vie a un sens, pour certains elle est à sens unique et pour d'autres à sens giratoire. Une seule direction ou alors tourner en rond, un avenir incertain où la vie perd son sens comme si vous étiez à contre sens... Tel est votre destin d'en suivre ce chemin et lui donner un sens.

Discrea



RESUMEN

Introducción: Los implantes dentales son una de las opciones más populares para reemplazar los dientes faltantes o dañados. Los implantes están hechos de materiales biocompatibles como el titanio y el zirconio. Aunque ambos materiales son populares, los estudios han sugerido que los implantes de titanio son más comúnmente utilizados y tienen una tasa de éxito más alta que los de zirconio. El titanio ha sido utilizado en implantes dentales durante décadas y se ha establecido como el material preferido para los implantes debido a su biocompatibilidad y resistencia a la corrosión. Por otro lado, los implantes de zirconio son relativamente nuevos en comparación con los de titanio. Con el fin de establecer la supervivencia de ambos materiales, se planteó la realización de una revisión sistemática.

Objetivo: El objetivo de esta revisión sistemática era comparar los implantes de titanio con los de zirconio utilizando la bibliografía existente y determinar las principales diferencias que presentan los implantes de en el tejido periimplantario blando y duro de pacientes adultos sanos, en relación con las características biológicas y mecánicas, a nivel estético y a la tasa de supervivencias y éxito de ambos tipos de implantes.

Método: La revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo las directrices PRISMA. Se realizó una búsqueda exhaustiva en varias bases de datos electrónicas para identificar los estudios relevantes que compararon los implantes dentales de titanio y zirconio. Se incluyeron estudios que informaron sobre la tasa de supervivencia, el éxito clínico y las complicaciones de los implantes de ambos materiales.

Luego, se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar los estudios que cumplían con los objetivos de la revisión sistemática y se llevó a cabo la búsqueda.

Resultados: Muchos de los estudios compararon titanio y zirconio, permitiendo resaltar las diferencias. Ambos materiales tienen excelentes propiedades mecánicas, excelente biocompatibilidad y osteointegración. Sin embargo, se puede decir que el titanio ha sido utilizado en implantes dentales durante décadas y se ha establecido como el material preferido para los implantes debido a su biocompatibilidad y resistencia a la corrosión. Los implantes de titanio tienen una tasa de éxito de más del 95% y se consideran muy duraderos. Los estudios también han demostrado que los implantes de titanio tienen una tasa de supervivencia significativamente mayor que los implantes de zirconio. Por otro lado, el zirconio tiene una apariencia estética similar al diente natural y no causa reacciones alérgicas, y su bajo índice en la acumulación de biopelícula. Algunos estudios han encontrado que los implantes de zirconio tienen una tasa de éxito ligeramente menor que los de titanio.

Conclusiones: Los resultados señalan que, aunque tanto los implantes de titanio como los de zirconio son opciones viables para la restauración dental, los implantes de titanio tienen una tasa de complicaciones ligeramente menor y una tasa de supervivencia significativamente mayor. Sin embargo, es importante tener en cuenta que las complicaciones son relativamente raras en ambos tipos de implantes y que los pacientes pueden tener diferentes resultados según su situación particular.

Descriptorios o palabras clave: Implantes dentales, titanio, zirconio, supervivencia y complicaciones.



ABSTRACT

Introduction: Dental implants are one of the most popular options for replacing missing or damaged teeth. The implants are made of biocompatible materials such as titanium and zirconium. Although both materials are popular, studies have suggested that titanium implants are more commonly used and have a higher success rate than zirconium implants. Titanium has been used in dental implants for decades and has established itself as the preferred material for implants due to its biocompatibility and resistance to corrosion. On the other hand, zirconium implants are relatively new compared to titanium. To establish the survival of both materials, a systematic review was proposed.

Objective: The aim of this systematic review was to compare titanium implants with zirconium implants using the existing literature and to determine the main differences that implants present in the soft and hard peri-implant tissue of healthy adult patients, in relation to the biological and mechanical characteristics, at an aesthetic level and to the survival and success rate of both types of implants.

Method: The systematic review was conducted following PRISMA guidelines. A comprehensive search of several electronic databases was conducted to identify relevant studies comparing titanium and zirconia dental implants. Studies reporting survival rate, clinical success, and complications of implants of both materials were included.

Inclusion and exclusion criteria were then applied to select studies that met the objectives of the systematic review, and the search was conducted.

Results: Many of the studies compared titanium and zirconia, allowing the differences to be highlighted. Both materials have excellent mechanical properties, excellent biocompatibility and osseointegration. However, it can be said that titanium has been used dental implants for decades and has established itself as the preferred material for implants due to its biocompatibility and resistance to corrosion. Titanium implants have a success rate of 95% and are very durable. Studies have also shown that titanium implants have a significantly higher survival rate than zirconia implants. On the other hand, zirconia has an aesthetic appearance like the natural teeth and does not cause allergic reactions, and its low rate of biofilm accumulation. Some studies have found that zirconia implants have a slightly lower success rate than titanium implants.

Conclusions: The results indicate that although both titanium and zirconium implants are viable options for dental restoration, titanium implants have a slightly lower complication rate and a significantly higher survival rate. However, it is important to keep in mind that complications are relatively rare with both types of implants and patients may have different outcomes depending on their situation.

Descriptors or keywords: dental implants, titanium, zirconia, survival and complications.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. CONCEPTO E HISTORIA	1
1.2. TIPOS DE IMPLANTES SEGÚN SU SUPERFICIE.....	5
1.2.1. TITANIO: ESTRUCTURA Y ALEACIONES.....	5
1.2.2. ZIRCONIO.....	6
1.3. ÉXITO Y FRACASO DE LOS IMPLANTES.....	7
1.3.1. FRACASO PRECOZ DEL IMPLANTE.....	8
1.3.2. FRACASO TARDÍO DE LOS IMPLANTES	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
3. OBJETIVOS	12
3.1. OBJETIVO GENERAL DEL TFM.....	12
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
4. DISEÑO METODOLÓGICO	13
4.1. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	13
4.2. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	13
4.3. PALABRAS CLAVE Y LÍMITES DE BÚSQUEDA	14
5. RESULTADOS	16
5.1. SELECCIÓN DE ESTUDIOS	16
6. DISCUSIÓN	26
7. CONCLUSIONES	30
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Concepto e historia

Los dientes son órganos vitales para desarrollar una vida normal. Su función principal es triturar los alimentos para favorecer una correcta digestión. Pero también desempeñan un papel social importante, ya que no sólo son cruciales para la fonación, sino también para una expresión armoniosa de la cara. Una buena dentadura es muchas veces un signo de salud y bienestar [1].

El hombre, desde sus inicios, se preocupó en reponer dientes perdidos a través de prótesis dentales y entre varias alternativas buscadas, exactamente una fue la implantación de piedras aloplásticas. Los hallazgos arqueológicos hablan de la reposición no sólo en vivos, sino también en muertos, con la intención de embellecer el recuerdo de la persona fallecida [1].

Los procedimientos quirúrgicos y protésicos necesarios a tal fin han ido evolucionando en la constante necesidad de lograr rehabilitaciones más eficaces y satisfactorias para los pacientes. En este contexto, surgen los implantes dentales, opción terapéutica con la que se obtiene un anclaje firme de los púnticos o prótesis al hueso y a los tejidos [1].

Los implantes dentales son uno de los tratamientos para reemplazar los dientes perdidos. Su uso en el tratamiento del edéntulo total y parcial se ha convertido en una modalidad de tratamiento integral y moderno en odontología, ya que tienen una serie de ventajas sobre las prótesis parciales fijas convencionales. En general, el mercado mundial de implantes dentales se valoró en 4.120 millones de dólares en 2021, con más de 9 millones de implantes colocados. Con excelentes tasas de éxito informadas, la terapia con implantes se considera un método de rehabilitación predecible, seguro y confiable para pacientes edéntulos en la mayoría de los escenarios clínicos [1].

Se denominan implantes dentarios a los elementos aloplásticos (sustancias inertes, extrañas al organismo humano) que se alojan en pleno tejido óseo o por debajo del periostio, con la finalidad de conservar dientes naturales o de reponer piezas dentarias ausentes [1].

La odontología de implantes es la segunda profesión dental más antigua; la exodoncia (cirugía bucal) es la más antigua. Alrededor del año 600 durante cristo, la población maya utilizó trozos de conchas como implantes para reemplazar los dientes mandibulares. En 1809, J. Maggiolo insertó un tubo de implante de oro en un sitio de extracción fresco. En 1930, los hermanos Strock

utilizaron tornillos Vitallium para reemplazar los dientes perdidos. Formiggini (el padre de la implantología moderna) y Zepponi desarrollaron un implante endoóseo tipo post en la década de 1940. El implante subperióstico fue desarrollado en la década de 1940 por Dahl en Suecia. En 1946, Strock diseñó un implante de tornillo de dos etapas que se insertaba sin un poste perimucoso. El poste del pilar y la corona individual se agregaron después de que este implante cicatrizó por completo. La interfaz de implante deseada en este momento se describió como anquilosis. En 1967, el Dr. Linkow introdujo los implantes de hoja, ahora reconocidos como implantes endoósseos [1].

Desde su introducción por Brånemark en la década de 1960, los implantes orales se han convertido en una opción de tratamiento fiable para la sustitución de dientes ausentes [2]. Las propiedades físicas y químicas de los materiales de los implantes son factores bien documentados que influyen en el resultado clínico y el pronóstico del tratamiento con implantes. Estas propiedades incluyen la microestructura del implante, su composición y características superficiales, así como factores de diseño [3]. Un material de implante ideal debe ser biocompatible, con una tenacidad, resistencia, corrosión, desgaste y resistencia a la fractura adecuados [3,4]. Los principios de diseño del implante deben ser compatibles con las propiedades físicas del material. Los materiales utilizados para la fabricación de implantes dentales pueden clasificarse según su composición química o las respuestas biológicas que provocan cuando se implantan [5].

Desde un punto de vista químico, los implantes dentales pueden fabricarse con metales, cerámicas o polímeros. Las favorables tasas de supervivencia clínica a largo plazo del titanio y sus aleaciones biomédicas han convertido al titanio en el material de referencia para la fabricación de implantes dentales endoósseos [6]. Ocasionalmente, se han utilizado diversos metales y aleaciones metálicas de oro, acero inoxidable y cromo-cobalto. Sin embargo, las reacciones tisulares adversas y la baja tasa de éxito socavaron su aplicación clínica a largo plazo e hicieron que estos materiales quedaran obsoletos en la industria de los implantes orales [5,7].

Durante mucho tiempo, el titanio ha sido el material de elección para la fabricación de implantes dentales. Los implantes de titanio no presentan grandes propiedades estéticas, ya que dejan un tono grisáceo en la encía y, teniendo en cuenta que es un metal conductor, también puede crear corrientes galvánicas en la cavidad oral. El titanio es muy biocompatible, muy duradero y tiene muy buenas propiedades osteointegrativas. Por estas razones, descubrir otro

material que pueda superarlo es difícil [8]. El primer uso del titanio en medicina se remonta a 1940, cuando se utilizó en animales para demostrar su biocompatibilidad. Desde entonces, se han llevado a cabo numerosas investigaciones para revelar su efecto a largo plazo [2]. Sin embargo, según la literatura, los implantes de zirconio tienen propiedades biológicas, estéticas, mecánicas y ópticas superiores [3]. Se descubrió como mineral a finales de 1800 y unos 70 años después empezó a utilizarse en el mundo de la medicina. Inicialmente, se utilizaba en cirugía ortopédica como material para prótesis de cadera de cabeza esférica, caderas artificiales, prótesis de dedos e implantes acústicos [9]. Sin embargo, hoy en día el óxido de zirconio ha adquirido una mayor demanda como material de elección para implantes dentales. El zirconio está disponible en dos formas: cristalina y amorfa. La forma cristalina es blanda, blanca y dúctil y la forma amorfa es un polvo negro azulado que se encuentra en la naturaleza. Se toma el polvo y se trata sintéticamente a temperaturas más altas y a mayor presión para formar implantes homogéneos. Para obtener una forma más estable del zirconio se añaden magnesia (MgO), piedra caliza (CaO) y óxido de itrio (Y₂O₃) para aumentar la resistencia al agrietamiento, la tenacidad a la fractura y la longevidad del implante [5,9]. El óxido de zirconio, como ya se ha mencionado, tiene propiedades satisfactorias de osteointegración y biocompatibilidad, reacciones adversas locales y sistémicas mínimas, buena adhesión celular, excelente respuesta tisular y mínima inflamación son sólo algunas de ellas. Los ensayos clínicos, tanto en humanos como en animales, confirmaron la formación de hueso maduro estrechamente alrededor del implante [9].

En este sentido, los principales objetivos que deben alcanzarse al insertar un implante dental son la fijación del implante en el hueso. Su fijación se refleja en su estabilidad. Cuanto más estable sea un implante dental, más posibilidades tendrá de durar más tiempo. Hay muchas maneras de mejorar la osteointegración de los implantes dentales que se utiliza en la odontología moderna, y que por diferentes modificaciones de la superficie algunas de las más utilizadas son el grabado ácido, el chorro de arena, la pulverización de plasma y, recientemente, la modificación de la superficie mediante el uso de la nanotecnología. Aparte de lo mencionado anteriormente, deben utilizarse técnicas de inserción atraumáticas para lograr con éxito la osteointegración. La osteointegración se mide principalmente con el contacto hueso-implante, más conocido como BIC (*Bone Implant Contact*). El BIC proporciona un porcentaje sobre qué parte de la superficie del implante está en pleno contacto con el hueso; cuanto mayor sea el valor porcentual, mayor será la osteointegración.

Un conocimiento adecuado de los puntos de referencia anatómicos y sus variaciones antes de la colocación del implante es indispensable para garantizar un procedimiento quirúrgico preciso y proteger al paciente contra complicaciones iatrogénicas. La evaluación precisa de distintos factores anatómicos, como la posición del canal mandibular, el seno maxilar, el ancho de las placas corticales, la densidad ósea existente, etc., es muy importante en la selección adecuada del implante y en la planificación de la posición del implante más adecuada en cada paciente [10].

Las estructuras anatómicas más importantes en el maxilar son el piso nasal, el canal nasopalatino en la parte anterior y el seno maxilar en la parte posterior. La perforación sinusal iatrogénica es una complicación frecuente. Este problema se puede resolver mediante la selección de implantes cortos y el procedimiento de elevación de seno atraumática o no, y el aumento óseo [10,11].

La consideración anatómica más importante al colocar un implante en el arco mandibular es la ubicación del canal alveolar inferior que contiene el nervio y la arteria alveolar inferior. La lesión de estas estructuras vitales durante la colocación del implante puede causar dolor [12].

En base a todo ello, es muy importante elegir un material de implante dental que presente las ventajas deseadas y los mínimos inconvenientes. Para ello, se ha realizado esta comparación entre los dos materiales de implantes dentales más utilizados: el titanio y el óxido de zirconio. El objetivo de esta revisión sistémica es comparar los implantes de titanio con los del zirconio utilizando la literatura existente y determinar cuál de los dos es mejor.

Figura 1

Componentes de un implante de restauración



Nota. A, Cuerpo del implante. B, Tornillo de cobertura. C, Pilar de cicatrización. D, Borne de impresión de cubeta cerrada. E, Borne de impresión de cubeta abierta. F, Análogo de implante. G, Pilar de cicatrización individual de circonio. H, Pilar de cicatrización para cera o vaciado. I, Tornillo de prótesis. (Cortesía de Nobel Biocare USA, LLC, Yorba Linda, CA.)

1.2. Tipos de implantes según su superficie

1.2.1. Titanio: estructura y aleaciones

Se ha sugerido que el titanio y sus aleaciones son el material de referencia para los implantes dentales debido a su biocompatibilidad demostrada y a sus propiedades superiores de resistencia a la corrosión en comparación con el acero inoxidable y las aleaciones de cromo-cobalto. La mayor resistencia y el bajo módulo de elasticidad del titanio en comparación con otros metales le permiten soportar las fuerzas que se le aplican. Sin embargo, se han notificado algunas reacciones adversas del tejido huésped con los implantes de titanio tanto clínica como histológicamente [13].

El titanio existe en dos formas cristalinas: una estructura cristalina hexagonal de empaquetamiento cerrado, que se conoce como fase alfa (α), y una fase beta de estructura cúbica centrada en el cuerpo (β), siendo la primera la fase estable que sufre una transformación a la fase beta metaestable a 883 °C [6]. Estas estructuras tienen diferentes composiciones y características en términos de resistencia, corrosión y módulos elásticos. Cada fase puede ser estabilizada por elementos específicos, lo que afecta a sus propiedades. La fase alfa está estabilizada por oxígeno

(O), aluminio (Al), carbono, nitrógeno (N), estaño (Sn) y zirconio (Zr). La fase beta está estabilizada por magnesio (Mg), hierro (Fe), cromo (Cr), vanadio (V), molibdeno (Mo) y niobio (Nb) [6,13].

Se ha informado de que las aleaciones que contienen metales V y Al tienen un efecto toxicológico y una capacidad para reducir la proliferación de células de osteoblastos y la formación de matriz ósea; por lo tanto, se han evitado y sustituido por aleaciones con otros metales como niobio (Nb), zirconio (Zr) o tántalo (Ta) [6]. Las aleaciones de titanio que contienen los metales mencionados muestran una liberación más lenta del metal del material de aleación, incluido el Ti, cuando se sumergieron en diferentes soluciones, en comparación con otras aleaciones con V y Al [13]. Las aleaciones de titanio comercialmente puro (CpTi) α , Ti-6Al-4V $\alpha+\beta$ son las preferidas para la fabricación de implantes dentales. El titanio comercialmente puro tiene cuatro grados en función del porcentaje de oxígeno que determina su grado de pureza: el grado 1 es el tipo más puro de CpTi y el grado 4 es el menos puro [14].

Además del oxígeno, en el CpTi también están presentes otros oligoelementos como el carbono, el nitrógeno y el hierro. Los porcentajes más altos de estos elementos se encuentran en el CpTi de grado 4, lo que se sabe que afecta a sus propiedades mecánicas. Las aleaciones de titanio de tipo beta con menor módulo elástico están ganando interés debido a sus propiedades no tóxicas y no alérgicas, así como a su mayor resistencia y biocompatibilidad [6,14].

1.2.2. Zirconio

El zirconio (ZrO₂) es una cerámica que se introdujo como material bio inerte alternativo para su uso en odontología debido a sus propiedades superiores de estética, biocompatibilidad y osteoconducción, así como a su mayor resistencia a la corrosión [15]. El zirconio existe como estructura cristalina en una de tres formas a diferentes temperaturas: monoclinica, cúbica y tetragonal. A temperatura ambiente predomina la estructura monoclinica, mientras que la cúbica existe a 2.680 °C y la tetragonal por debajo de 2.370 °C [15,16]; todas las formas se estabilizan con diferentes óxidos. Estos óxidos son MgO, CaO e Y₂O₃, siendo este último (policristal tetragonal estabilizado con itrio) el más utilizado en odontología [16].

Los implantes de zirconio se osteointegran de forma similar a los implantes de titanio en estudios con animales. Una revisión sistemática reciente concluyó que los implantes del zirconio no muestran ninguna diferencia significativa en la osteointegración con respecto a los implantes

de titanio *in vivo* [17]. La diferencia entre los implantes de titanio y los de óxido de zirconio en términos de biocompatibilidad y osteointegración *in vivo* e *in vitro*, así como la biocompatibilidad que utilizó células de osteoblastos humanos no revelaron ninguna diferencia significativa entre los implantes. En cuanto a la osteointegración, ambos implantes forman un contacto firme con el hueso, con el implante de titanio revelando resultados ligeramente mejores en comparación con los implantes del zirconio. Sin embargo, el análisis estadístico no concluyó ninguna diferencia significativa [18,19].

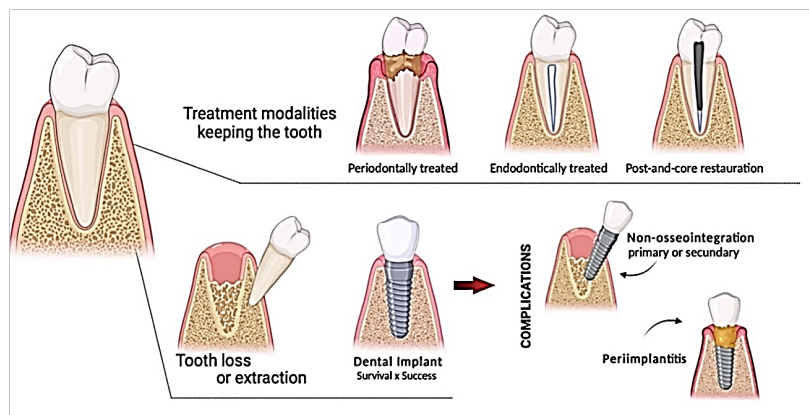
El análisis microscópico revela que los implantes de óxido de zirconio mostraron un BIC del 68,4 % cuando se implantaron en conejos, y no parecieron introducir ningún efecto adverso en la capacidad de las células osteoblásticas para formar hueso nuevo, ni se observó ninguna respuesta inflamatoria [19]. Los valores de BIC entre los implantes de ZrO₂ tratados con chorro de arena y otros implantes de titanio, anodizados con plasma o recubiertos con Ca, bifosfonato o colágeno tipo 1, así como los implantes de ZrO₂ tratados superficialmente mostraron una mejor osteointegración en comparación con los implantes de ZrO₂ no tratados [7,19]. Sin embargo, no hay suficientes estudios sobre la supervivencia y el éxito a largo plazo de los implantes de óxido de zirconio.

1.3. Éxito y fracaso de los implantes

El éxito de los implantes dentales depende de la capacidad de un implante para establecer un contacto firme con el hueso (osteointegración). Cuando un implante dental no logra formarse, este contacto con el hueso se considera un fracaso temprano del implante. Cualquier interrupción de este contacto después de establecer la osteointegración y la carga dará lugar a un fracaso tardío del implante. Se han sugerido muchos factores que causan o influyen en el fracaso de los implantes [20].

Figura 2

Resumen gráfico que muestra las posibles evoluciones entre el tratamiento o la extracción de un diente



Nota. Biorender.com

1.3.1. Fracaso precoz del implante

Se han considerado diversos factores relacionados con el huésped como causa potencial del fracaso precoz del implante. Un estudio retrospectivo de 5 años indicó una relación significativa entre la aparición de fracaso temprano del implante en hombres independientemente de su edad [21]. Por el contrario, un estudio de 10 años sugirió que el fracaso del implante era mayor en mujeres y en pacientes de 41–60 años [20]. Del mismo modo, en otro estudio se observó que el fracaso precoz de los implantes se asociaba a mujeres jóvenes. Alsaadi et al. [22], en su estudio retrospectivo, informaron de una relación significativa entre el tabaquismo, la osteoporosis, la enfermedad de Crohn, la longitud y el diámetro del implante y la aparición de fracaso precoz del implante. Otros estudios son divergentes, sin relación significativa entre el diámetro del implante, la longitud, la localización, la necesidad de intervención adicional y el fracaso del implante [20,21]. Además, se han notificado tasas de éxito más bajas con implantes cortos (6–9 mm) [21].

Los factores relacionados con el paciente que se han descrito con más frecuencia como causa del fracaso temprano de los implantes son la calidad y la cantidad de hueso, las afecciones sistémicas, el tabaquismo y la afección periodontal preexistente [21]. Varios estudios también identificaron la técnica quirúrgica, la infección y la carga prematura como los principales factores de riesgo causantes del fracaso temprano de los implantes [23].

1.3.2. Fracaso tardío de los implantes

Las causas más comunes del fracaso tardío de los implantes son la colonización microbiana de la superficie del implante o la sobrecarga del implante. Una revisión bibliográfica centrada en la prevalencia de la periimplantitis a lo largo de 5–10 años descubrió que se producía en el 10 % de los implantes y en el 20 % de los pacientes, siendo las tasas de supervivencia acumulada de los implantes después de 10 años del 94,0 % [23].

La invasión y colonización bacteriana en la superficie del implante puede provocar la inflamación de los tejidos blandos que rodean el implante (mucositis periimplantaria), o una pérdida más progresiva de los tejidos óseos que rodean el implante (periimplantitis) [20,24]. Los estudios clínicos en humanos pusieron de relieve que las biopelículas bacterianas son responsables de la aparición de la mucositis periimplantaria [23]. Con respecto a las propiedades de la superficie del implante, la investigación ha destacado el efecto de las propiedades de la superficie del implante en la cantidad de adherencia del biofilm [22].

Se considera que la rugosidad de la superficie, la topografía y la energía de la superficie desempeñan un papel potencial en la adherencia de las biopelículas a las superficies de los implantes, considerándose que el aumento de la rugosidad de la superficie es la principal propiedad de la superficie que contribuye a aumentar la adherencia de las biopelículas. Las superficies rugosas de los implantes muestran resultados más favorables en cuanto a la interacción con las proteínas salivales y mejores propiedades de osteointegración [22].

Se observó que el aumento del nivel de rugosidad superficial por encima de 0,2 μm se asociaba a una mayor formación de biopelícula. Las tasas de supervivencia de los implantes disminuyen con los implantes de diámetro corto y ancho, cuando no se optimizan otros factores como las propiedades de la superficie del implante, el diseño y la habilidad del operador [24].

Además, la longitud no tiene ningún efecto sobre la supervivencia de los implantes cuando se utilizan implantes rugosos [23,24]. Muchas complicaciones de los implantes están relacionadas con la sobrecarga del implante y/o de la prótesis implantosoportada. Por lo tanto, para evitar las complicaciones de los implantes y su posterior fracaso, es obligatorio seleccionar cuidadosamente al paciente y planificar los implantes [24].

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La rehabilitación de espacios edéntulos en pacientes con un implante dental osteointegrado es una modalidad de tratamiento científicamente aceptada y bien documentada. Branemark, en 1908, descubrió por primera vez el concepto de osteointegración como una serendipia cuando unos bloques de titanio colocados en el fémur de un conejo se anquilosaron con el hueso circundante y no pudieron recuperarse. Desde entonces, numerosas investigaciones y estudios clínicos han establecido que el titanio es un biomaterial fiable para la rehabilitación y reconstrucción oral. Desde entonces se han realizado diversas modificaciones en la estructura, composición y diseño de los implantes de titanio para mejorar sus propiedades físicas, mecánicas y estéticas [2–5].

Sin embargo, el desarrollo de reacciones alérgicas indeseables, la sensibilización celular, la formación de corrientes galvánicas y el tono gris estético han planteado la demanda de un material de implante más estético y biocompatible [6,7]. El óxido de zirconio se perfila como una alternativa prometedora al sistema convencional de implantes de titanio para la rehabilitación oral, con propiedades biológicas, estéticas, mecánicas y estéticas superiores. El implante de óxido de zirconio está fabricado a partir de un metal de transición brillante, blanco grisáceo y resistente denominado zirconio (símbolo Zr). El zirconio es la forma oxidada del zirconio. En 1824, Jons Jakob Berzelius fue el primero en aislar el zirconio en forma impura. Al principio, el zirconio se utilizaba en diversos procedimientos quirúrgicos ortopédicos para fabricar cabezas esféricas para prótesis totales de cadera, caderas artificiales y/o prótesis de dedos. Posteriormente se introdujo en odontología para la fabricación de postes de endodoncia, coronas/puentes, restauraciones, *brackets* de ortodoncia estética y pilares de implantes para la rehabilitación de arcadas edéntulas parciales y completas [5].

No fue hasta 1968 cuando Sandhaus desarrolló el primer implante cerámico conocido como implante Sigma (Sanhause, Incermed, Lausana, Suiza). Recientemente, la demanda de sistemas de implantes basados en óxido de zirconio está aumentando enormemente debido a una mayor demanda de estética. Sin embargo, es importante conocer las similitudes y diferencias entre los sistemas de implantes del zirconio y titanio para que el clínico pueda ofrecer los mejores resultados terapéuticos a sus pacientes [2].

Con esto en mente, el presente trabajo se plantea desde varias razones. En primer lugar, analizar si existen diferencias importantes entre los implantes de titanio vs los de zirconio es relevante; los implantes dentales se utilizan habitualmente para sustituir dientes perdidos y se espera que funcionen durante mucho tiempo. El éxito del implante depende en gran medida de su capacidad para soportar el desgaste diario del funcionamiento normal, como masticar y morder. Por lo tanto, es importante saber qué material es más resistente para garantizar la longevidad y el éxito del implante y poder actuar en consecuencia en función de las necesidades.

En segundo lugar, los distintos pacientes tienen diferentes requisitos y preferencias para sus implantes dentales. Mientras que los implantes de titanio se han utilizado durante varias décadas y tienen un historial probado de éxito, algunos pacientes pueden preferir un implante de zirconio debido a su color blanco, que puede proporcionar un reemplazo dental de aspecto más natural. Por lo tanto, es importante conocer las diferencias de resistencia entre estos dos materiales para ofrecer a los pacientes las mejores opciones en función de sus necesidades.

Por último, conocer las diferencias de resistencia entre los implantes de titanio y los de zirconio también puede repercutir en la rentabilidad. Si se descubre que un material es significativamente más resistente que el otro, a la larga puede resultar más rentable utilizar ese material, ya que requeriría menos sustituciones a lo largo del tiempo.

3. OBJETIVOS

El presente TFM cuenta con los siguientes objetivos.

3.1. Objetivo general del TFM

Determinar las principales diferencias que presentan los implantes de zirconio versus los de titanio en el tejido periimplantario blando y duro de pacientes adultos sanos.

3.2. Objetivos específicos

- Identificar las características biológicas y mecánicas de ambos tipos de implantes.
- Definir las principales diferencias a nivel estético de ambos tipos de implantes.
- Determinar la tasa de supervivencia de los implantes de zirconio vs los implantes de titanio.

4. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño metodológico del presente trabajo es la revisión sistemática. Para llevarlo a cabo se consultaron varias guías de desarrollo como son la guía del *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) y la guía Cochrane.

Siguiendo las bases de éstas se procedió a diseñar una estrategia de búsqueda basada en el planteamiento de la pregunta de investigación, establecer las fuentes de información, identificar las palabras clave, los criterios de inclusión y exclusión y los límites de búsqueda, así como describir el proceso de selección de los estudios.

4.1. Pregunta de investigación

La pregunta de investigación se planteó mediante la nomenclatura PICO. En la Tabla 1 se pueden ver las bases utilizadas para su desarrollo.

Tabla 1

Bases de pregunta PICO

Paciente	Pacientes adultos sanos.
Intervención	Implantes de titanio.
Comparativa	Implante de zirconio.
Outcomes / Resultados	Resultados de supervivencia y complicaciones en el tejido periimplantario blando y duro

Nota. Elaboración propia

El enunciado de la pregunta es el siguiente: *¿Qué diferencias presentan, en cuanto a supervivencia y complicaciones, los implantes de zirconio versus los de titanio en el tejido periimplantario blando y duro de pacientes adultos sanos?*

4.2. Fuentes de información

Posterior al planteamiento de la pregunta de investigación, se establecieron las fuentes de información. Para ello se seleccionaron bases de datos o motores de búsqueda que pudieran contribuir a la identificación del mayor número de artículos referentes a la temática. Las fuentes seleccionadas y su razón de selección se desglosan a continuación.

- PubMed: se seleccionó el motor de búsqueda PubMed porque permite consultar en abierto una de las mayores bases de datos a nivel mundial y con más de 35 billones de referencias del ámbito de la biomedicina;
- Cochrane Library Plus: por su colección de revisiones sistemáticas y metaanálisis que se sustentan en estudios primarios de gran calidad;
- Scopus: es la base de datos de resúmenes y citas lanzada por Elsevier.

4.3. Palabras clave y límites de búsqueda

Para llevar a cabo las búsquedas se tuvieron que identificar los Descriptores en Ciencias de la salud (DeCS) y los *Medical Subject Heading* (MeSH).

Las palabras seleccionadas fueron (Tabla 2):

Tabla 2

Palabras clave y descriptores

Palabras clave	Key words	DeCS	MeSH
Implantes dentales	<i>Dental Implants</i>	<i>Dental Implants</i>	<i>Dental Implants</i>
Prótesis dentales	<i>Dental Prosthesis</i>	<i>Dental Prosthesis</i>	<i>Dental Prosthesis</i>
Titanio	<i>Titanium</i>	<i>Titanium</i>	<i>Titanium</i>
Zirconio	<i>Zirconia</i>	<i>Zirconia</i>	<i>Zirconia</i>
Supervivencia	<i>Survival</i>	<i>Survival</i>	<i>Survival</i>
Complicaciones	<i>complications</i>	<i>complications</i>	<i>complications</i>

Nota. Elaboración propia

Posteriormente se hizo uso de los operadores booleanos AND y OR para combinar los términos.

Antes de la aplicar las palabras clave en los motores de búsqueda y/o bases de datos se establecieron tanto los criterios de inclusión como exclusión, así como los límites de búsqueda. Los mismos son:

Criterios de inclusión:

- Investigaciones primarias o secundaria donde se hiciera comparativa de ambos materiales;

- Estudios cuya muestra estuviera compuesta por población adulta;
- Trabajos publicados en inglés, español o portugués;
- Publicaciones realizadas en los últimos 14 años.

Criterios de exclusión:

- Investigaciones llevadas a cabo en animales;
- Estudios que no compararan ambos materiales;
- Documentos anteriores a 2009.

Como límites de búsqueda se establecieron en PubMed la especie (humanos), la fecha (2009) y la edad (adultos); en Cochrane (la fecha: ninguno, ya que todos los estudios se basaron en adultos) y en Scopus (la fecha y la disciplina odontológica).

En la Tabla 3 que se presenta a continuación se ven las combinaciones y los resultados de búsqueda.

Tabla 3

Combinaciones de búsqueda

Bases de datos	Combinación	Total	Con Límites
PubMed	(Dental Implants OR Dental Prosthesis) AND (Titanium) AND (Zirconia) AND Survival AND (complications)	60	22
Cochrane Library Plus	(Dental Implants OR Dental Prosthesis) AND (Titanium) AND (Zirconia) AND Survival AND (complications)	43	36
Scopus	(Dental Implants OR Dental Prosthesis) AND (Titanium) AND (Zirconia) AND Survival AND (complications)	12	12
TOTALES		115	70

Nota. Elaboración propia

5. RESULTADOS

5.1. Selección de estudios

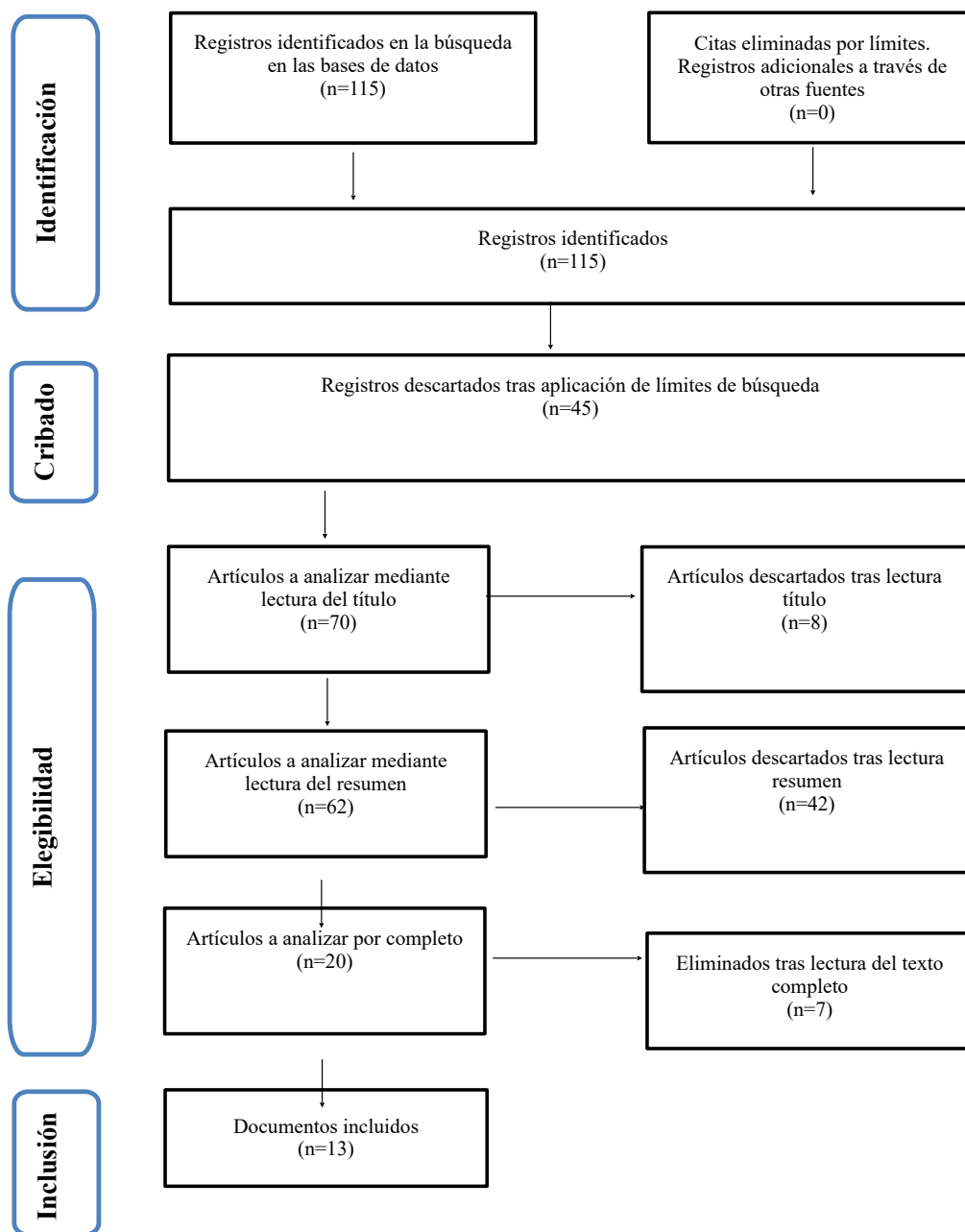
De las búsquedas realizadas se recuperaron un total de $n=115$ estudios que abordaban la temática propuesta. De ellos, se descartaron $n=45$ cuando se aplicaron los límites de especie (humanos), edad (18 o +), fecha de publicación (desde 2009) y disciplina (odontología).

Un total de $n=70$ artículos fueron identificados como susceptibles de inclusión y se procedió a la lectura de título y resúmenes. De ellos, por la lectura del título se descartaron $n=8$ porque no abordaban los implantes como tal. En la lectura de los resúmenes se descartaron $n=42$ debido a que analizaban solo uno de los materiales propuestos, dejando así 20 artículos para lectura a texto completo.

Finalmente, de los $n=20$, un total de $n=13$ fueron incluidos al descartar $n=7$, ya que no realizaban una comparativa entre los materiales propuestos. En la Figura 3 se puede ver el diagrama de flujo que esquematiza el proceso llevado.

Figura 3

Diagrama de flujo



Nota. Elaboración propia a partir de las recomendaciones PRISMA [25]

Autor/ es, año y referencia	Diseño de estudio	Muestra y características	Material	Comparación / control	Medidas de resultado	Seguimiento	Principales resultados
Siddiqi et al. (2015) [26]	ECA	n= 19 Impl.= implantes de una pieza con pilar esférico para soportar sobre dentaduras. cuatro implantes maxilares tres mandibulares EM=62	Titanio Zirconio	Titanio (8) Vs Zirconio (11)	Respuesta de los tejidos blandos y duros	1 año	<ul style="list-style-type: none"> - Las tasas de éxito para los implantes Ti y Zr fueron bajas, 67,9% para todos los implantes alveolares y una tasa de supervivencia del 50,0% para los implantes palatinos. - La salud periimplantaria fue equivalente para los implantes Ti y Zr y no mostró cambios estadísticamente significativos desde la carga hasta el seguimiento de 1 año. - El zirconio mostró mayor pérdida ósea.
Koller et al. (2020) [27]	ECA prospectivo	n= 31 Impl.= 31 7 mandibulares, 24 mandibulares, 2 sustituyendo premolares, 5 sustituyendo incisivos y 24 sustituyendo molares EM=46	Titanio Zirconio	16 zirconio Vs 15 titanio)	Índice de placa, sangrado al sondaje puntuación estética rosa y pérdida ósea marginal. Ambos grupos de implantes fueron comparados usando una prueba U de Mann-Whitney.	80 meses	<ul style="list-style-type: none"> - Tres implantes (2 de zirconio y 1 de titanio) se perdieron. - Todos los implantes supervivientes se habían mantenido estables, en ausencia de cualquier accesorio o fractura de pilares y sin ningún astillado, fractura o desprendimiento de coronas. - No se encontraron diferencias significativas entre los resultados clínicos de los implantes de zirconio y titanio de dos piezas.

Autor/ es, año y referencia	Diseño de estudio	Muestra y características	Material	Comparación / control	Medidas de resultado	Seguimiento	Principales resultados
Ruiz Henao et al. (2021) [28]	ECA	n= 30 Impl.= 30 dientes individuales en el maxilar anterior EM=Sin datos	Titanio Zirconio	16 zirconio Vs 15 titanio	Parámetros estéticos, clínicos y las PROM se evaluaron 18 meses después de la cirugía.	12 meses	<ul style="list-style-type: none"> - No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los otros parámetros clínicos y PROM. - Los implantes cerámicos monotipo han demostrado ser una buena opción de tratamiento en la parte superior - Sector anterior, mostrando resultados estéticos favorables, siendo comparable a los implantes de titanio
Ioannidis et al. (2015) [29]	ECA	n= 40 Impl.= 40 implantes unitarios en las regiones o premolares en dos centros. EM= sin datos	Titanio Zirconio	Titanio (15) y Zirconio (17)	La supervivencia de los implantes, el cambio en la MBL, los parámetros clínicos, el cambio en los niveles de la mucosa y la papila mediofaciales, y la aparición de complicaciones biológicas y técnicas	2 años	<ul style="list-style-type: none"> - No fracasos de implantes. - No hubo diferencias significativas entre los grupos con respecto al cambio en MBL, el cambio en los niveles de mucosa y la aparición de complicaciones.
Bienz et al. (2020) [30]	ECA prospectivo	n= 42 Impl.= 84 implantes en pacientes con dos dientes adyacentes perdidos EM= Sin datos	Titanio Zirconio	Titanio (21) y Zirconio (21)	Parámetros clínicos y biopsia tisular	3 meses	<ul style="list-style-type: none"> - El registro de control de placa aumentó significativamente en los dos grupos de mucositis. - Se detectaron puntuaciones más bajas de placa y sangrado en los implantes de zirconio en condiciones experimentales de mucositis. - Histológicamente, sólo se observaron diferencias mínimas.

Autor/ es, año y referencia	Diseño de estudio	Muestra y características	Material	Comparación / control	Medidas de resultado	Seguimiento	Principales resultados
Salihoglu et al. (2023) [31]	Prospectivo o estratificado	n= 12 Impl.= 2 por paciente (24) en la parte posterior de la mandíbula EM=47	Titanio Zirconio	Titanio Vs Zirconio	Pilares y muestras de biopsia	Sin datos	- No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las profundidades de sondaje o los números de copias de ADN de <i>A. actinomycetemcomitans</i> , <i>P. gingivalis</i> y bacterias totales tanto para las superficies de aleaciones de titanio y óxido de zirconio como para las biopsias obtenidas de su encía bucal.
Müller et al. (2015) [32]	ECA doble ciego	n= 91 Impl.= 75; dos implantes <i>Straumann Bone Level</i> EM= Sin datos	Titanio Zirconio	Aleación de titanio-zirconio Vs titanio de grado IV (Titanio grado IV)	Placa e índices de hemorragia del surco	De 5 a 10 años	- Después de 60 meses, se confirmaron los resultados positivos de los 36 meses para los implantes Zirconio y Titanio Grado IV, sin diferencias significativas con respecto al cambio del nivel óseo crestral, los parámetros clínicos y las tasas de supervivencia o éxito
Do Nascimento et al. (2013) [33]	Investigación aleatoria cruzada	n= 6 Impl.= 24 muestras de discos para cada material evaluado (titanio puro mecanizado -24-, titanio puro fundido -24- o zirconio -24-) EM= 24	Titanio puro mecanizado (MPT) Titanio puro fundido (CPT) Zirconio (Zc)	Evaluar la formación de biopelículas El estudio se realizó en 3 fases según el material evaluado. Se pidió a los participantes que usaran la férula intraoral durante 24 h	La cobertura total de biopelícula sobre los discos se evaluó mediante tinción con rojo neutro al 1%. El EMV y la rugosidad de la superficie se correlacionaron con la biopelícula encontrada entre diferentes sustratos.	Sin datos	- Los datos mostraron valores medios de rugosidad más altos para la zirconio (Zc) en comparación con las muestras de titanio (MPT y CPT; $P < 0,001$). MPT y CPT no presentaron diferencias entre ellos ($P > 0,05$). - No hubo diferencias significativas en el área total de biopelícula formada entre los grupos evaluados

Autor/ es, año y referencia	Diseño de estudio	Muestra y características	Material	Comparación / control	Medidas de resultado	Seguimiento	Principales resultados
Borg et al. (2014) [34]	Estudio piloto clínico prospectivo o aleatorizado	n=16 Impl. = 18 prótesis dentales fijas parciales (FDP) implantosoportadas ; 8 con base de titanio y 10 con base de zirconio. EM= Sin datos (entre 21 y 85 años)	Titanio (10) y zirconio (8)	Valorar resultados de las prótesis dentales de ambos materiales	Seguimiento de los pacientes se realizó a los 3 meses y posteriormente una vez al año. Se utilizó un protocolo de evaluación basado en el sistema de evaluación de calidad de la Asociación Dental de California (CDA)	El tiempo medio de servicio clínico al seguimiento o fue de 15,2 meses (rango 12-24 meses)	<ul style="list-style-type: none"> - Los resultados de ambos materiales fueron comparables. Los datos a corto plazo de este estudio sugieren que las FDP parciales implantosoportadas con carillas de porcelana basadas en zirconio y titanio son opciones de tratamiento satisfactorias e iguales. - Todas las restauraciones estaban en su lugar y todos los pacientes estaban satisfechos con el tratamiento; - Complicaciones biológicas menores, en forma de placa y/o mucositis, que no afectaron la supervivencia de las restauraciones en seis de las restauraciones con base de titanio y dos de las restauraciones con base de zirconio - La diferencia entre los dos grupos de materiales no fue estadísticamente significativa

Autor/ es, año y referencia	Diseño de estudio	Muestra y características	Material	Comparación / control	Medidas de resultado	Seguimiento	Principales resultados
Zembic et al. (2013) [35]	Ensayo clínico controlado aleatorizado	n=22 Impl. = 40 implantes únicos en las regiones canina y posterior maxilar y mandibular. Los 40 sitios de implantes se asignaron al azar a un grupo de prueba y de control que constaba de 20 implantes de un solo diente cada uno (grupo experimental con 20 implantes con pilares de zirconio y grupo control compuesto por 20 implantes con pilares de titanio) EM= 41,3 años (±18,0 años) al inicio del estudio	Pilares de zirconio personalizados (Procera, Nobel Biocare AB, Carolinsk, Suecia) vs pilares de titanio personalizados (Procera).	Probar las tasas de supervivencia y las tasas de complicaciones técnicas y biológicas de los pilares personalizados de zirconio y titanio 5 años después de la inserción de la corona	Se evaluaron la profundidad de la bolsa al sondaje (PPD), el registro de control de placa (PCR) y el sangrado al sondaje (BOP) en los pilares (prueba) y en los dientes contralaterales análogos (control)	Los exámenes clínicos se realizaron al inicio y a los 6, 12, 36 y 60 meses de seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> - La supervivencia de los implantes que soportan pilares de zirconio fue del 88,9 % y del 90 % para los implantes que soportan pilares de titanio; - Se produjeron astillas de la cerámica de recubrimiento en tres coronas de metal-cerámica soportadas por pilares de titanio. - No hubo diferencias estadísticas o clínicamente relevantes entre las tasas de supervivencia a 5 años y las tasas de complicaciones técnicas y biológicas de los pilares de zirconio y titanio en las regiones posteriores.

Autor/ es, año y referencia	Diseño de estudio	Muestra y características	Material	Comparación / control	Medidas de resultado	Seguimiento	Principales resultados
Hosseini et al. (2022) [36]	Ensayo controlado aleatorizado	n=36 (se produjeron 6 abandonos, por lo que finalmente se quedó en 30) Impl. = 63 premolares; 31 de zirconio vs 32 de cerámica sobre pilares metálicos EM= 28,1 años (edad de los 36 pacientes, de los cuales finalmente 6 abandonaron)	Coronas de cerámica sin metal sobre pilares de zirconio (AC = 31) vs coronas de metal-cerámica sobre pilares metálicos (MC = 32)	Comparar los resultados biológicos, técnicos, estéticos y notificados por los pacientes a los 5 años de las restauraciones de cerámica sin metal soportadas por implantes de un solo diente frente a las de metal-cerámica	Supervivencia, pérdida de hueso marginal, adaptación marginal y resultados estéticos (efectuados por profesionales y los pacientes)	El tiempo medio de seguimiento de los pacientes desde el tratamiento protésico hasta el examen a los 5 años fue de 62,3 meses	<ul style="list-style-type: none"> - Supervivencia del 100 % para las coronas y pilares AC y del 97 % para los pilares MC; - La pérdida de hueso marginal después de 5 años fue menor y no significativamente diferente entre AC y MC; - La tasa de éxito de los implantes basada en la pérdida de hueso marginal fue del 77,4 % para las restauraciones AC y del 93,7 % para las restauraciones MC; - La adaptación marginal de las coronas MC cementadas sobre pilares de titanio mostró un ajuste significativamente mejor que las restauraciones basadas en coronas de zirconio cementadas sobre pilares de zirconio; - Los resultados biológicos, estéticos e informados por los pacientes para las restauraciones AC y MC soportadas por implantes fueron exitosos y sin diferencias significativas después de 5 años;

Autor/ es, año y referencia	Diseño de estudio	Muestra y características	Material	Comparación / control	Medidas de resultado	Seguimiento	Principales resultados
Lops et al. (2013) [37]	Estudio clínico	n=85 (con 4 abandonos, quedando en 81) Impl. = 85 (47 pilares titanio –Ti– vs 38 de zirconio –Zr–) // Ochenta y un implantes que soportaban pilares de 44 Ti y 37 Zr completaron el examen de seguimiento de 5 años EM= 54 años (34-67)	Pilares de implante de zirconio vs titanio para prótesis sobre implantes de un solo diente en regiones posteriores	Verificar, en un seguimiento a medio plazo, si los pilares de zirconio (Zr) muestran o no resultados de supervivencia similares a los pilares de titanio (Ti) en las zonas posteriores	Supervivencia, evaluaciones biológicas y radiográficas	Seguimiento anual durante 5 años	<ul style="list-style-type: none"> - La supervivencia a medio plazo de los pilares de Zr en las regiones posteriores fue comparable a la de los pilares de Ti; - No se encontraron diferencias significativas en los índices biológicos y radiográficos entre los pilares de Ti y Zr cuando se compararon entre sí y con los dientes naturales después de 5 años; - No se encontró una pérdida ósea marginal significativa entre la línea de base y el último control, tanto para los pilares de Zr como para los de Ti.

Autor/ es, año y referencia	Diseño de estudio	Muestra y características	Material	Comparación / control	Medidas de resultado	Seguimiento	Principales resultados
Duncan et al. (2022) [38]	Ensayo controlado aleatorio en humanos tras estudio preclínico sobre ovejas	n= 24 participantes completamente desdentados (2 grupos de N = 12) recibieron 7 implantes (pilar de bola de una pieza ZC o Ti; maxilar N = 4, mandíbula N = 3) restaurados con sobredentaduras sobre implantes // Solo 8 pacientes pudieron ser analizados durante 8 años (5 fallecieron y 11 no pudieron ser contactados) EM= 75 años (72 años si se tienen en cuenta los que no abandonaron o fallecieron)	Implantes de zirconio (ZC) vs titanio (Ti)	Evaluar los resultados clínicos de los implantes de una pieza de ZC versus Ti que soportan sobredentaduras removibles después de ocho años	Supervivencia, los niveles óseos periimplantarios, las respuestas de los tejidos blandos y los problemas de prótesis	Seguimiento o clínico de 8 años	<ul style="list-style-type: none"> - Sobrevivió el 80,4% de los implantes; excluyendo los sitios palatinos: el 87,5 % de los implantes de Ti y el 79 % de los de ZC sobrevivieron. Todos los implantes fallidos estaban en el maxilar. Tres implantes ZC se habían fracturado; - La pérdida ósea fue similar para Ti frente a ZC; - Excelente contacto hueso-implante en sitios femorales sin carga (tanto en ZC como Ti). Esto difería de los resultados clínicos a largo plazo en participantes desdentados de mayor edad; - Riesgos de periimplantitis y pérdida del implante en pacientes mayores completamente desdentados (tanto en Zc como Ti)

Tabla 4

Principales resultados de los artículos analizados

Nota. Elaboración propia

6. DISCUSIÓN

Esta tenía como objetivo determinar las principales diferencias que presentan los implantes de zirconio versus los de titanio en el tejido periimplantario blando y duro de pacientes adultos sanos. Para establecer estas diferencias se ha hecho un análisis en base a la tasa de supervivencia (TS), pérdida ósea marginal (MBL) y complicaciones, así como también las diferencias estéticas de cada tipo de implante.

Los implantes dentales son hoy en día ampliamente utilizados en la rehabilitación de pacientes parcial o totalmente edéntulo.

Los tratamiento con implantes dentales han demostrado ser una opción, predecible con altas tasas de supervivencia y éxito a largo plazo, sin embargo estos datos se basan en implantes de titanio; el uso de este en zonas estéticas puede implicar un riesgo de decoloración de los tejidos periimplantarios, de los tejidos blandos, pudiendo observarse un tejido periimplantario color grisáceo; especialmente en lugares con el biotipo delgado [27,28].

Los implantes de zirconio parecen ser similares en muchos aspectos a los implantes de titanio, tanto los implantes en titanio como los de zirconio son opciones muy comunes hoy en día utilizada para la rehabilitación dental. Son una alternativa relativamente nueva y están ganando campo debido a su apariencia natural, su baja incidencia de reacciones alérgicas. la integración en los tejidos periimplantarios, varios experimentos preclínicos en animales y laboratorio *in vitro* han investigado la osteointegración de los implantes de zirconio, pero los ensayos clínicos en humanos siguen siendo escasos [27,30].

El análisis de los estudios señala que los implantes de titanio suelen fracasar como resultado de una carga cíclica elevada que provoca la reabsorción ósea periimplantaria, el aumento de los momentos de flexión en los implantes y, finalmente, la fatiga del metal y la fractura del implante [26,31,33,36]. Por su parte, el zirconio sigue siendo un material cerámico frágil con una sensibilidad significativa a los defectos superficiales [28,29]. Por lo tanto, un estricto control de calidad durante el proceso de fabricación es una necesidad para mejorar los resultados clínicos de los implantes de zirconio [32]. Al diseñar los implantes de zirconio deben evitarse o reducirse al mínimo todas las zonas que puedan actuar como puntos de concentración de tensiones. Debe reducirse el diseño de roscas afiladas, así como los ángulos de las líneas internas en la unión de

las roscas con el cuerpo del implante. También debe tenerse en cuenta la profundidad de la rosca. Las roscas profundas pueden interferir con el espacio óseo durante la colocación quirúrgica del implante, especialmente en el caso de hueso denso [32].

Un estudio desarrollado por Müller et al. [32] evaluó los resultados comparando ambos grupos y concluyó que no se encontraron diferencias significativas entre ambos materiales. En cuanto a la tasa de supervivencia (TS), los implantes de titanio alcanzaron más del 95% de TS en 10 años de seguimiento, lo que se considera una evaluación a largo plazo. Tres de los trece estudios incluidos en la presente revisión sistemática superaron este porcentaje, pero se informaron de un período de seguimiento inferior [30,31,34]. Los estudios con un seguimiento de 1 año hallaron una TS que oscilaba entre el 95,8% y el 100% [26,28]. Después de 5 años, se comunicó un valor del 97% para los implantes de titanio [36]. Sin embargo, otros dos estudios presentaron una TS inferior debido al mayor periodo de evaluación, con un 92,6% tras un seguimiento de 5 años según informaron Müller et al. [32], y un 93,33% tras 6 años y 8 meses de seguimiento según registraron Koller et al. [27].

Para los implantes de zirconio, la TS encontrada en una trabajo [28] fue del 92% tras 1 año de carga funcional, lo que se considera un porcentaje bajo comparado con el de los implantes de titanio en el mismo periodo de tiempo [26,34,35].

De forma similar, los estudios de Siddiqi et al. [26] y Koller et al. [27] encontraron una TS inferior para el zirconio, con valores del 90,9% y 91,25% después de 1 año [26], y del 87,5% después de 6 años y 8 meses de seguimiento [27]. Este hecho fue corroborado por un trabajo que obtuvo una TS del 93,7% para los implantes de zirconio, con un seguimiento medio de 42,37 meses [36]. Al aumentar el periodo de seguimiento, se observó una reducción de la TS para los implantes de zirconio, hasta llegar al 79% tras un seguimiento de 8 años [38].

Aunque varios estudios no encontraron una diferencia estadística significativa entre los grupos de titanio y zirconio para la pérdida de implantes [27,29,32,33], otro [26] concluyó que los implantes de Ti tenían una TS superior a los de Zr, en línea con la literatura, que mostraba una diferencia significativa entre ellos, con una reducción de la TS para el Zr cuando se comparaba con los implantes de Ti [28,31,36].

Algunos estudios encontraron una respuesta comparable del tejido blando periimplantario alrededor de los implantes de Ti y Zr, lo que sugiere que ni el biomaterial del implante ni del

diseño tuvieron una influencia detectable en los parámetros del tejido blando periimplantario. La formación de biopelícula en los hallazgos informados por Grobner-Schreiber y colegas demostraron que las muestras de Zr mostraron una adhesión microbiana significativamente menor que las muestras de Ti [33,34]. La estabilidad a largo plazo de los implantes dentales depende en gran medida de la prevención de la acumulación de placa en las superficies de los implantes. Desde los estudios experimentales de Loe y colegas, que enfatizaron en investigar la biopelícula como un factor etiológico primario responsable de la gingivitis o la periodontitis, numerosos estudios clínicos, histológicos y microbiológicos han revelado la naturaleza similar de la periodontitis y la periimplantitis [31,32].

Los hallazgos de tejidos blandos son comparables con los de Kohal et al. y Blaschke y Volsz [29].

En cuanto a la pérdida marginal ósea (MBL), de los implantes de titanio, se pudo comprobar que los resultados de las investigaciones presentaban grandes similitudes. Koller et al. [27] obtuvieron el mayor MBL con -1,17 mm (después de 6 años y 8 meses), seguidos de Müller et al. [32] con -0,6 mm (después de 5 años), y Bienz et al. [30] con -0,35 mm (después de 1 año). Ioannidis et al. [29] y Lops et al. [37], con un seguimiento de 1 y 5 años, respectivamente, registraron igual MBL (-0,31 mm). Los estudios con menor MBL, Borg et al. [34] y Siddiqi et al. [26], tenían un seguimiento de 1 año, con valores de -0,18 mm y -0,125 mm, respectivamente. El mayor MBL encontrado fue en el estudio de Koller et al. [27] lo que podría deberse a que tuvo el periodo de análisis más largo y al tipo de restauración (disilicato de litio sobre implantes unitarios).

En cuanto al MBL de los implantes de Zr, los estudios mostraron un rango de -0,67 mm [35] a -0,89 mm [38]. Estos resultados sugieren que el MBL de los implantes de Ti y Zr no difirió con el tiempo. Sin embargo, los estudios tenían un periodo de seguimiento reducido.

La zirconia es un material cerámico resistente y duradero que puede soportar cargas de masticación. Además, la zirconia es un material blanco translúcido que se asemeja al color natural de los dientes, lo que hace una excelente opción para la colocación de implantes en zonas estéticas visibles, ya que son solución viable sin metal.

Los implantes en titanio son la opción más comúnmente utilizada y han demostrado ser seguros y efectivos en muchos casos. El titanio es un material resistente y ligero que se ha utilizado en los implantes dentales durante más de 40 años.

En general, tanto los implantes de zirconio como los de titanio son opciones viables para la colocación de implantes dentales. No hay diferencia significativa entre los implantes de zirconio como los implantes de titanio en los parámetros clínicos como (el índice periodontal y puntaje estético rosa y el parámetro radiográfico pérdida ósea marginal) ambos materiales tienen sus ventajas y desventajas, la elección entre uno u otro dependerá de las necesidades y preferencias del paciente, así como de la recomendación del odontólogo.

7. CONCLUSIONES

-No se detectaron diferencias significativas entre los implantes dentales de titanio y de óxido de zirconio en términos de osteointegración y biocompatibilidad con los parámetros destinados a representarlas.

-Los dos tipos de implantes evaluados obtuvieron resultados similares al analizar la respuesta y el comportamiento de los tejidos, permitiendo un tratamiento factible y fiable al usar cualquiera de ellos para tratamientos implantológicos.

-Se ha demostrado que tienen una tasa de supervivencia significativamente mayor los de titanio sobre los de zirconio, aunque cabe destacar que estos últimos tiene una apariencia estética similar al diente natural y no causan reacciones alérgicas.

-La comparación en base a las complicaciones asociadas a estos tipos de implantes no fueron significativas, dependen en alto grado a las características del lecho implantario y a la correcta praxis del profesional.

-La elección entre los implantes titanio y zirconio dependerá de las necesidades y preferencias del paciente, así como la recomendación del odontólogo.

-Se necesitan más estudios clínicos controlados aleatorizados que comparen estos tipos de implantes con evaluación a largo plazo y menor riesgo de sesgo para corroborar los datos hallados en esta revisión sistemática.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Hasuike A, Watanabe T, Wakuda S, Kogure K, Yanagiya R, Byrd KM, et al. Machine Learning in Predicting Tooth Loss: A Systematic Review and Risk of Bias Assessment. *J Pers Med.* 2022;12(10):1-11. <https://doi.org/10.3390/jpm12101682>.
- [2] Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977;16.
- [3] Shemtov-Yona K, Rittel D. An Overview of the Mechanical Integrity of Dental Implants. *Biomed Res Int.* 2015;2015:2-10. <https://doi.org/10.1155/2015/547384>.
- [4] Salvi GE, Monje A, Tomasi C. Long-term biological complications of dental implants placed either in pristine or in augmented sites: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2018;29(16):294-310. <https://doi.org/10.1111/clr.13123>.
- [5] Esposito M, Ardebili Y, Worthington H V. Interventions for replacing missing teeth: Different types of dental implants. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;2014(7):1-117. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003815.pub4>.
- [6] Schmidt KE, Ausschill TM, Sculean A, Arweiler NB. Clinical evaluation of non-surgical cleaning modalities on titanium dental implants during maintenance care: a 1-year follow-up on prosthodontic superstructures. *Clin Oral Investig.* 2019;23(4):1921-30. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2640-6>.
- [7] Borgonovo AE, Fabbri A, Vavassori V, Censi R, Maiorana C. Multiple teeth replacement with endosseous one-piece yttrium-stabilized zirconia dental implants. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012;17(6):e981-7. <https://doi.org/10.4317/medoral.18194>.
- [8] Su YH, Peng B yue, Wang PD, Feng SW. Evaluation of the implant stability and the marginal bone level changes during the first three months of dental implant healing process: A prospective clinical study. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020;110:103899. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103899>.
- [9] Nicholson JW. Titanium Alloys for Dental Implants: A Review. *Prosthesis.* 2020;2(2):100-16. <https://doi.org/10.3390/prosthesis2020011>.
- [10] Muguerza Quiroz E, Millones Gómez P. Factors affecting and influence in the success of

- dental implants. *Ciencias la Salud*. 2015;2(2):561-6.
- [11] Quispe Damián DE, Castro-Ruiz CT, Mendoza Azpur G. Surgical complications associated to maxillary sinus floor elevation in implantology. *Odovtos - Int J Dent Sci*. 2020;22(1):61-70. <https://doi.org/10.15517/IJDS.2020.39253>.
- [12] Villaverde Moscol L, García Linares S. Evaluación de arteria alveolar superior posterior y relación con el seno maxilar mediante tomografía axial computarizada. *Rev Odontológica Mex*. 2021;25(1):59-64.
- [13] Lucena de Barros GA, de Molon RS, Moretti AJ, Awad Shibli J, Rêgo DM. Evaluation of Microbial Contamination in the Inner Surface of Titanium Implants Before Healing Abutment Connection: A Prospective Clinical Trial. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2018;33(4):853-62. <https://doi.org/10.11607/jomi.5817>.
- [14] Cordeiro JM, Barão VAR. Is there scientific evidence favoring the substitution of commercially pure titanium with titanium alloys for the manufacture of dental implants? *Mater Sci Eng C*. 2017;71:1201-15. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.10.025>.
- [15] Apratim A, Eachempati P, Krishnappa Salian K, Singh V, Chhabra S, Shah S. Zirconia in dental implantology: A review. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2015;5(3):147. <https://doi.org/10.4103/2231-0762.158014>.
- [16] Siddiqi A, Author F, Samad Khan A, Zafar S, Allauddin Siddiqi BDS ZS, Lecturer S, et al. Thirty years of translational research in zirconia dental implants: a systematic review of the literature. *J Oral Implantol*. 2017;43(4):314-25.
- [17] Pieralli S, Kohal RJ, Jung RE, Vach K, Spies BC. Clinical Outcomes of Zirconia Dental Implants: A Systematic Review. *J Dent Res*. 2017;96(1):38-46. <https://doi.org/10.1177/0022034516664043>.
- [18] Kohal RJ, Knauf M, Larsson B, Sahlin H, Butz F. One-piece zirconia oral implants: One-year results from a prospective cohort study. 1. Single tooth replacement. *J Clin Periodontol*. 2012;39(6):590-7. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2012.01876.x>.
- [19] Pirker W, Kocher A. Immediate, non-submerged, root-analogue zirconia implants placed into single-rooted extraction sockets: 2-year follow-up of a clinical study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2009;38(11):1127-32. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2009.07.008>.

- [20] Bagegni A, Abou-Ayash S, Rücker G, Algarny A, Att W. The influence of prosthetic material on implant and prosthetic survival of implant-supported fixed complete dentures: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont Res.* 2019;63(3):251-65. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.02.001>.
- [21] Olmedo-Gaya MV, Manzano-Moreno FJ, Cañaveral-Cavero E, De Dios Luna-Del Castillo J, Vallecillo-Capilla M. Risk factors associated with early implant failure: A 5-year retrospective clinical study. *J Prosthet Dent.* 2016;115(2):150-5. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.07.020>.
- [22] Alsaadi G, Quirynen M, Komárek A, Van Steenberghe D. Impact of local and systemic factors on the incidence of oral implant failures, up to abutment connection. *J Clin Periodontol.* 2007;34(7):610-7. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2007.01077.x>.
- [23] Oh SL, Shiau HJ, Reynolds MA. Survival of dental implants at sites after implant failure: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 2020;123(1):54-60. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2018.11.007>.
- [24] Do TA, Le HS, Shen YW, Huang HL, Fuh LJ. Risk factors related to late failure of dental implant—A systematic review of recent studies. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph17113931>.
- [25] Yepes-Nuñez JJ, Urrútia G, Romero-García M, Alonso-Fernández S. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Rev Esp Cardiol.* 2021;74(9):790-9. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>.
- [26] Siddiqi A, Kieser JA, De Silva RK, Thomson WM, Duncan WJ. Soft and Hard Tissue Response to Zirconia versus Titanium One-Piece Implants Placed in Alveolar and Palatal Sites: A Randomized Control Trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17(3):483-96. <https://doi.org/10.1111/cid.12159>.
- [27] Koller M, Steyer E, Theisen K, Stagnell S, Jakse N, Payer M. Two-piece zirconia versus titanium implants after 80 months: Clinical outcomes from a prospective randomized pilot trial. *Clin Oral Implants Res.* 2020;31(4):388-96. <https://doi.org/10.1111/clr.13576>.
- [28] Ruiz Henao PA, Caneiro Queija L, Mareque S, Tasende Pereira A, Liñares González A, Blanco Carrión J. Titanium vs ceramic single dental implants in the anterior maxilla: A 12-

- month randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2021;32(8):951-61. <https://doi.org/10.1111/clr.13788>.
- [29] Ioannidis A, Gallucci GO, Jung RE, Borzangy S, Hämmerle CHF, Benic GI. Titanium-zirconium narrow-diameter versus titanium regular-diameter implants for anterior and premolar single crowns: 3-year results of a randomized controlled clinical study. *J Clin Periodontol.* 2015;42(11):1060-70. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12468>.
- [30] Bienz SP, Hilbe M, Hüsler J, Thoma DS, Hämmerle CHF, Jung RE. Clinical and histological comparison of the soft tissue morphology between zirconia and titanium dental implants under healthy and experimental mucositis conditions—A randomized controlled clinical trial. *J Clin Periodontol.* 2021;48(5):721-33. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13411>.
- [31] Salihoglu U, Boynuegri D, Engin D, Duman AN, Gokalp P, Balos K. Bacterial adhesion and colonization differences between zirconium oxide and titanium alloys: an in vivo human study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2023;26(1):101-7.
- [32] Müller F, Al-Nawas B, Storelli S, Quirynen M, Hicklin S, Castro-Laza J, et al. Small-diameter titanium grade IV and titanium-zirconium implants in edentulous mandibles: Five-year results from a double-blind, randomized controlled trial. *BMC Oral Health.* 2015;15(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/s12903-015-0107-6>.
- [33] Do Nascimento C, Da Rocha Aguiar C, Pita MS, Pedrazzi V, De Albuquerque RF, Ribeiro RF. Oral biofilm formation on the titanium and zirconia substrates. *Microsc Res Tech.* 2013;76(2):126-32. <https://doi.org/10.1002/jemt.22143>.
- [34] Borg M, Von Steyern PV, Larsson C. Titanium- and zirconia-based implant-supported fixed dental prostheses. A randomized, prospective clinical pilot study. *Swed Dent J.* 2014;38(1):23-30.
- [35] Zembic A, Bösch A, Jung RE, Hämmerle CHF, Sailer I. Five-year results of a randomized controlled clinical trial comparing zirconia and titanium abutments supporting single-implant crowns in canine and posterior regions. *Clin Oral Implants Res.* 2013;24(4):384-90. <https://doi.org/10.1111/clr.12044>.
- [36] Hosseini M, Worsaae N, Gotfredsen K. A 5-year randomized controlled trial comparing

zirconia-based versus metal-based implant-supported single-tooth restorations in the premolar region. *Clin Oral Implants Res.* 2022;33(8):792-803. <https://doi.org/10.1111/clr.13960>.

- [37] Lops D, Bressan E, Chiapasco M, Rossi A, Romeo E. Zirconia and Titanium Implant Abutments for Single-Tooth Implant Prosthesis After 5 Years of Function in Posterior Regions. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2013;28(1):281-7. <https://doi.org/10.11607/jomi.2668>.
- [38] Duncan WJ, Ma S, Siddiqi A, Osman RB. Zirconia versus Titanium Implants: 8-Year Follow-Up in a Patient Cohort Contrasted with Histological Evidence from a Preclinical Animal Model. *Materials (Basel).* 2022;15(15):1-16. <https://doi.org/10.3390/ma15155322>.