



EFFECTOS DE LA SUPLEMENTACIÓN CON VITAMINA D EN LA OSEOINTEGRACIÓN DE IMPLANTES DENTALES INSTALADOS EN PACIENTES ADULTOS

Tesis para optar al título de especialista en

Implantología Bucomaxilofacial

Alejandro Aravena
Andrea Riffo
Profesor guía: Dr. Rodrigo Bahamondes

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Alejandro Aravena:

Agradecer a mis padres, por su apoyo y comprensión todo momento. Agradecer a Camila que ha sido un pilar fundamental en mi vida y en esta etapa particularmente, por su paciencia y amor infinito. Agradecer a mi compañera Andrea, que ha sido el mejor regalo que el postgrado me ha dado, sin duda alguna.

Andrea Riffo:

Agradezco a Dios por su infinita bendición y por guiar cada paso de mi vida, brindándome fuerza en los momentos más importantes. A mis padres, por ser mi pilar y por creer en mí con una fe inquebrantable; su amor y apoyo incondicional han hecho posible cada uno de mis logros. A Juan Pablo, por caminar a mi lado con amor y comprensión, siendo mi apoyo en este hermoso recorrido. A mi hermano Dany, quien será siempre una luz en mi vida que jamás se apagará, el amor y confianza que me diste en vida son mi motor. A mi amigo Alejandro, por convertir momentos difíciles en gratos momentos.

TABLA DE CONTENIDO

1. Portada
2. Dedicatoria y agradecimientos
3. Resumen
4. Introducción
5. Marco teórico
6. Objetivos
7. Pregunta de investigación
8. Material y métodos
 - a. Búsqueda de información
 - b. Criterios de inclusión
 - c. Criterios de exclusión
 - d. Selección de estudio
 - e. Recopilación de datos
9. Resultados
10. Discusión
11. Conclusión
12. Referencias bibliográficas

RESUMEN

La oseointegración es fundamental para el éxito de los implantes dentales. Esta revisión crítica de la literatura tiene como objetivo analizar la influencia de la vitamina D en el proceso de oseointegración de los implantes. Se desarrollaron estrategias de búsqueda ejecutadas en PubMed, Scopus y Web of Science, siguiendo las directrices PRISMA. Los criterios de inclusión consideraron estudios en humanos mayores de 18 años que analizaron el impacto de la vitamina D en la oseointegración de implantes dentales, sin restricciones de idioma o fecha de publicación. Se excluyeron revisiones bibliográficas, tesis, opiniones de expertos, estudios in vitro y en menores de edad. La selección incluyó 2623 registros iniciales. Finalmente, se analizaron 13 estudios agrupados por diseño metodológico. Los datos fueron recopilados en tablas para sintetizar características. Los resultados indican que niveles adecuados de vitamina D están relacionados con una mejora significativa en la estabilidad inicial de los implantes y en la densidad ósea periimplantaria. La revisión evidencia que la vitamina D desempeña un papel clave en la oseointegración y sugiere que la evaluación de sus niveles séricos debería considerarse en el manejo preoperatorio de los pacientes candidatos a implantes dentales.

INTRODUCCIÓN

La odontología moderna tiene como objetivo principal que los pacientes recuperen la estética y función cuando se ha perdido uno o más dientes. En este contexto, existe una creciente demanda de tratamientos con implantes dentales y la necesidad de garantizar el éxito de estos procedimientos tanto a corto como a largo plazo.

Este aumento en la necesidad de recuperación dental se debe, en gran medida, al incremento en la esperanza de vida y la literatura actual establece una relación directa entre la pérdida dental y la edad. Por ello, se están llevando a cabo investigaciones enfocadas en mejorar la tasa de éxito de los implantes mediante el estudio de los mecanismos que intervienen en la oseointegración a nivel sistémico.

Dado que la oseointegración es un proceso en el que el metabolismo óseo desempeña un papel clave, resulta relevante analizar el impacto de la vitamina D, un nutriente esencial para la salud ósea. En particular, se busca evaluar cómo los niveles séricos de esta vitamina influyen en el éxito de la oseointegración.

Por lo tanto, nuestra revisión crítica de la literatura tiene como objetivo examinar la evidencia actual para esclarecer la influencia de la vitamina D en la oseointegración y su papel en el éxito de los tratamientos con implantes dentales.

MARCO TEÓRICO

En los últimos años, ha crecido fuertemente el interés por los efectos de la vitamina D en el organismo, ya que recientes estudios han confirmado su gran influencia en el metabolismo óseo, además de demostrar importantes efectos en el sistema inmune, en la disminución de incidencia de cáncer, disminución de incidencia de enfermedades neurodegenerativas, cardiovasculares, y síndrome metabólico. (1)(2)(3) Además de describirse los efectos protectores que tiene esta vitamina en la salud cuando se encuentra en niveles adecuados, se han identificado también los nocivos efectos que produce el déficit, encontrando relación con enfermedades como la diabetes, resistencia a la insulina e hipertensión. (3)(4)

Una forma de obtener vitamina D es a través de la dieta y la suplementación, que contribuyen entre un 10% y un 20% de la cantidad total que nuestro cuerpo necesita. (1) Sin embargo, la principal fuente de esta vitamina para los seres humanos es la exposición a la luz solar, que activa un precursor en la piel para su producción. Este precursor que se encuentra en las membranas celulares de queratinocitos ubicados en la epidermis se denomina 7-dehidrocolesterol, y tiene la función de absorber los fotones provenientes de la luz ultravioleta con una longitud de onda de 290-315nm. (3) La absorción de la radiación, abre un anillo de este precursor, formando el precolecalciferol o previtamina D3. Esta sustancia es termodinámicamente inestable, por lo que se transforma rápidamente(1) a partir de una isomerización térmica por la temperatura corporal, la provitamina D3 se convierte en colecalciferol.(5)(6) El colecalciferol es liberado al espacio extracelular, penetrando en el lecho vascular de la dermis. Aquí se une a la proteína de vitamina D y llega al hígado.(1)(3)(6) Una vez en el hígado, el colecalciferol sufre una primera hidroxilación a través de la enzima mitocondrial llamada citocromo p450 25-hidroxilasa (CYP2R1), transformándose en 25-dihidroxicolecalciferol o calcidiol, que es la forma activa de la vitamina D. (2)(4) El calcidiol llega al riñón y se hidroxila nuevamente en las células del túbulo proximal renal para transformarse en 1,25-dihidroxicolecalciferol o calcitriol, el metabolito activo que se une a receptores específicos llamados VDR en los tejidos diana. (4)(5)

La vitamina D mantiene el metabolismo del calcio y fósforo, mediante la absorción en el intestino, la expresión genética del factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) y RANKL, produciendo la diferenciación de los precursores de osteoclastos en osteoclastos, mediante la estimulación de los receptores de la vitamina D para una osteogénesis activa y eficiente. La forma activa de esta vitamina tiene una función antiinflamatoria y antimicrobiana, participando además del proceso de inmunomodulación.(8) Se conoce además una conexión genética entre la proteína FGF23 o factor de crecimiento de fibroblastos, y el 1,25-dihidroxicolecalciferol. El factor de crecimiento de fibroblastos es un marcador de diferenciación de osteoblastos en osteocitos, regula el metabolismo del fosfato y de la vitamina D. Se

ha observado también un efecto antiinflamatorio indirecto de esta proteína debido a la inhibición de secreción de citocinas proinflamatorias. (6)(7)(8)(9)

La Endocrine Society, la National Osteoporosis Foundation, la International Osteoporosis Foundation y la American Geriatric Society consideran que la deficiencia de vitamina D se produce cuando los niveles de 25-hidroxitamina D (25 OH D) son inferiores a 30 ng/ml. Según la Endocrine Society, el rango óptimo debería estar entre 40 y 60 ng/ml. Por otro lado, el National Institutes of Health define la deficiencia como niveles por debajo de 20 ng/ml, mientras que algunas autoridades distinguen entre insuficiencia (12-19 ng/ml) y deficiencia severa (por debajo de 12 ng/ml); puede producirse toxicidad cuando los niveles superan los 150ng/ml. Para mantener niveles adecuados, la Endocrine Society recomienda una ingesta diaria de 1,500 a 2,000 UI de vitamina D para todos los adultos. En caso de enfermedades concomitantes en hígado o riñones, se puede observar una deficiencia de la forma activa de esta vitamina, incluso cuando existe suplementación y niveles adecuados en el cuerpo de los precursores. (4) El estudio del proceso de remodelación ósea es crucial para entender el concepto de Oseointegración, el cual es definido por Brånemark como el contacto íntimo entre el hueso y el implante cuando este se encuentra sometido a cargas funcionales. Los implantes dentales son una solución eficaz para restaurar la función y la estética en la región orofacial, donde la osteointegración es fundamental para asegurar la durabilidad de los implantes, evitando la formación de tejido fibroso entre el hueso y el implante. (10) (11) (12)

El proceso de instalación del implante conlleva la preparación de un lecho quirúrgico donde este se inserta. Algo fundamental para el éxito del tratamiento es que el implante no presente movilidad luego de su inserción en el lecho y quede mecánicamente estable, lo que se conoce como estabilidad primaria. (13) En la evolución de este proceso, el tejido responde inicialmente con inflamación aguda, que es mediada por la liberación de citoquinas proinflamatorias como el factor de necrosis tumoral alfa y las interleucinas (IL-1, IL-6), que atraen a células inmunitarias al sitio del implante. Estas células inmunitarias, leucocitos y macrófagos migran al área afectada, donde liberan factores de crecimiento y citocinas que inician la reparación del tejido y la formación de un entorno favorable para la osteogénesis.(14) Una vez que este entorno se presenta favorable, los osteoblastos, células responsables de la formación ósea, se activan y comienzan a secretar matriz ósea. Esta matriz ósea está compuesta principalmente de colágeno tipo I, y otros componentes como la osteocalcina y la osteopontina, que facilitan la mineralización. (15)(16) Los osteoblastos se adhieren a la superficie del implante a través de integrinas, que son proteínas de adhesión celular que se unen a la matriz extracelular. La proliferación y diferenciación de osteoblastos en el sitio de implantación son cruciales para el proceso de oseointegración. (16)(17) A medida que los osteoblastos producen la matriz ósea, esta matriz se mineraliza con la

deposición de cristales de hidroxiapatita. La mineralización es un proceso mediado por proteínas específicas como la osteocalcina y la fosfatasa alcalina. (18) El objetivo es que el hueso nuevo se forme en contacto directo con la superficie del implante, sin la presencia de tejido fibroso interpuesto. Esto asegura una integración estable y funcional entre el hueso y el implante. (14) Una vez que el hueso ha sido mineralizado, se produce un proceso de remodelación donde los osteoclastos, células responsables de la resorción ósea, eliminan el hueso antiguo o desorganizado. Este proceso asegura que el hueso nuevo esté adecuadamente integrado y remodelado. La fase final del proceso de oseointegración involucra un equilibrio dinámico entre la formación de nuevo hueso por osteoblastos y la resorción por osteoclastos, que asegura una integración continua y estable del implante cuando este es sometido a cargas mecánicas. (17)

El metabolismo óseo desarrollado de forma eficiente, es un proceso requerido para favorecer una correcta oseointegración. Al ser un proceso dependiente de vitamina D podríamos suponer que niveles adecuados de esta vitamina en sangre podrían favorecer el proceso de integración de los implantes, lo que nos lleva a analizar la literatura científica disponible para confirmar o descartar esta hipótesis. (18)

Por otro lado, un estudio en animales realizado por Saito, M. en el 2016, sugiere el efecto positivo que presenta la suplementación con vitamina D en ratas osteoporóticas. Los resultados mostraron que la vitamina D mejoró significativamente la integración del implante en el hueso en comparación con los grupos no suplementados. Esto sugiere que la vitamina D puede ser beneficiosa para la oseointegración en condiciones desfavorables. (1)

Kim, Y. en el 2018, llevó a cabo un estudio en humanos que evaluó la relación entre los niveles de vitamina D en el suero y la tasa de oseointegración de implantes dentales. Se encontró que los pacientes con niveles adecuados de vitamina D mostraron una tasa de éxito significativamente mayor en la oseointegración de los implantes en comparación con aquellos con deficiencia de vitamina D. Este estudio refuerza la importancia de mantener niveles adecuados de vitamina D para optimizar el éxito de los implantes dentales. (19)

A pesar de que muchos estudios apoyan el papel beneficioso de la vitamina D en la oseointegración de implantes dentales, también hay investigaciones que han encontrado resultados menos claros o que sugieren que la vitamina D no tiene un impacto significativo en todos los contextos. Un estudio controlado aleatorizado realizado por Trindade, S, en el 2019, investigó el efecto de la suplementación con vitamina D en la oseointegración de implantes dentales en pacientes ancianos. Los resultados mostraron que, aunque hubo cierta mejora en la densidad ósea, la diferencia en la tasa de éxito de los implantes entre los grupos suplementados y no

suplementados no fue estadísticamente significativa. Esto sugiere que la vitamina D puede no ser un factor determinante en la oseointegración para todos los pacientes. (20)

Un estudio realizado por Iwasaki, M. en el 2017, evaluó el efecto de la deficiencia de vitamina D en la oseointegración de implantes de titanio en un modelo animal. Los resultados indicaron que la deficiencia de vitamina D no afectó significativamente la integración del implante en comparación con el grupo control. Esto sugiere que la vitamina D puede no ser un factor crítico para la oseointegración en ciertos modelos animales.(21)

Otro estudio clínico desarrollado por Neiva, R. 2015, investigó la relación entre los niveles de vitamina D y la oseointegración de implantes dentales en un grupo de pacientes. Los resultados no mostraron una correlación significativa entre los niveles de vitamina D y la tasa de éxito de los implantes. El estudio concluyó que, en el contexto de los pacientes examinados, la vitamina D no demostró tener un impacto relevante en la oseointegración de implantes dentales. (22)

Las recientes investigaciones han puesto de manifiesto la influencia de la vitamina D en varios aspectos de la salud, incluyendo su papel en la formación de hueso nuevo en contacto con los implantes dentales, lo que podría contribuir a una integración más estable y funcional. Se sugiere que niveles adecuados de vitamina D podrían favorecer una mejor oseointegración, lo que apoya la idea de que esta vitamina podría ser beneficiosa para la integración ósea alrededor de los implantes dentales. No obstante, también existen investigaciones que plantean que la vitamina D podría no tener un impacto uniforme en todos los contextos, particularmente en ciertos modelos animales y en poblaciones específicas, como las personas mayores; y que los beneficios de la vitamina D en la oseointegración no siempre son consistentes o estadísticamente significativos. Esto resalta la necesidad de realizar más estudios para entender mejor cómo afecta la vitamina D a la oseointegración y cuáles son las condiciones que podrían maximizar su eficacia. Por tanto, aunque la vitamina D parece desempeñar un papel en el metabolismo óseo y podría influir en la oseointegración de los implantes dentales, el impacto exacto puede depender de diversos factores individuales y contextuales.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los efectos en la oseointegración de la suplementación con vitamina D en implantes dentales instalados en pacientes adultos?

Paciente/población	Intervención	Comparación	Objetivo
Paciente adulto al que se le realice la instalación de implantes dentales	Suplementación con vitamina D	Procedimiento de instalación de implantes asociados al no uso de suplementación con vitamina D	Evaluar el efecto de la vitamina D en la oseointegración de implantes dentales

Inglés: <ul style="list-style-type: none"> - Adult - Implant dental implant 	Inglés: <ul style="list-style-type: none"> - Vitamin D - Vitamin D3 - Colecalciferol - Dietary supplements - Supplement - Supplementa tion - Receptors - Calcitriol - Cholecalciferol - 1,25 dihydroxycho lecalciferol 	Inglés: <ul style="list-style-type: none"> - Deficiency 	Inglés: <ul style="list-style-type: none"> - Osseointegr ation - Implant stability - bone implant contact
--	---	---	---

OBJETIVOS

General

- Analizar por medio de una revisión crítica de la literatura el efecto de la suplementación de la vitamina D en la oseointegración de implantes dentales instalados en pacientes adultos.

Específico

- Evaluar la influencia de la vitamina D en el proceso de oseointegración
- Comparar el uso o el no uso de suplementación con vitamina D en la oseointegración de implantes dentales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una revisión crítica de la literatura para responder la pregunta de investigación:

¿Cuáles son los efectos en la oseointegración de la suplementación con vitamina D en implantes dentales instalados en pacientes adultos?

A partir de la pregunta se buscaron términos libres y/o MeSH Terms, asociados a cada dimensión de la pregunta (P.I.C.O), y los operadores booleanos OR y AND para ampliar y asociar cada dimensión respectivamente.

Búsqueda de información

Una vez diseñada la llave, esta fue adaptada y aplicada a las bases de datos: Pubmed, SCOPUS y Web of Science (Tablas 1-3). La extracción de información (registros de estudios) se realizó sin limitación de tiempo ni idioma. Se utilizó la herramienta PRISMA, para guiar la selección y análisis de la data extraída.

Búsqueda con palabras clave		Resultados
#1	"adult"[MeSH Terms] OR "patient"[Title/Abstract] OR "dental implant"[Title/Abstract]	12,515,940
#2	"Vitamin D"[MeSH Terms] OR "Vitamin D"[Title/Abstract] OR "Ergocalciferols"[MeSH Terms] OR "Ergocalciferols"[Title/Abstract] OR "Cholecalciferol"[MeSH Terms] OR "Cholecalciferol"[Title/Abstract] OR "receptors, calcitriol"[MeSH Terms] OR "receptors calcitriol"[Title/Abstract] OR "Dietary supplements"[MeSH Terms] OR "Dietary supplements"[Title/Abstract] OR "Supplementation"[Title/Abstract] OR "calcitriol"[MeSH Terms] OR "Colecalciferol"[Title/Abstract]	314,447
#3	"osseointegration"[MeSH Terms] OR "osseointegration"[Title/Abstract] OR "Stability"[Title/Abstract] OR "Bone implant contact"[Title/Abstract]	631,750
#1 AND# 2 AND #3		717

Tabla 1. Estrategia de búsqueda con palabras claves utilizadas en base de datos PubMed

Palabras de búsqueda con las palabras claves		Resultados
#1	((AB=(adult)) OR AB=(patient)) OR AB=("dental implant")	7,659,679
#2	(((((AB=("Vitamin D")) OR AB=(Ergocalciferols)) OR AB=(Cholecalciferol)) OR AB=("Receptors, Calcitriol")) OR AB=("Dietary supplements")) OR AB=(Supplementation)) OR AB=(Calcitriol)) OR AB=(Colecalciferol)	235,166
#3	((AB=(osseointegration)) OR AB=(Stability)) OR AB=("Bone implant contact")	1,585,692
#1 AND# 2 AND #3		471

Tabla 2. Estrategia de búsqueda con palabras claves utilizadas en base de datos WOS

Palabras de búsqueda con las palabras claves		Resultados
#1	TITLE-ABS-KEY (adult) OR TITLE-ABS-KEY (patient) OR TITLE-ABS-KEY ("dental implant")	16,082,447
#2	TITLE-ABS-KEY ("vitamin d") OR TITLE-ABS-KEY (ergocalciferols) OR TITLE-ABS-KEY (cholecalciferol) OR TITLE-ABS-KEY ("receptors, calcitriol") OR TITLE-ABS-KEY ("dietary supplements") OR TITLE-ABS-KEY (supplementation) OR TITLE-ABS-KEY (calcitriol) OR TITLE-ABS-KEY (colecalciferol)	485,193
#3	TITLE-ABS-KEY (osseointegration) OR TITLE-ABS-KEY (stability) OR TITLE-ABS-KEY ("bone implant contact")	2,807,604
#1 AND# 2 AND #3		1,435

Tabla 3. Estrategia de búsqueda con palabras claves utilizadas en base de datos Scopus

Criterios de elegibilidad

Una vez ejecutadas las llaves de búsqueda en cada base de datos y extraídos los registros, criterios de inclusión y exclusión fueron definidos por los autores, para la selección de los estudios que permitieran responder los objetivos planteados.

Criterios de inclusión

- Basados en el diseño del estudio: Se incluirán estudios de tipo metaanálisis, revisiones sistemáticas con o sin metaanálisis, ensayos clínicos de caso - control, ensayos clínicos aleatorizados, ensayos experimentales, estudios de cohorte prospectivos y retrospectivos, presentaciones de casos y series de casos.
- Basados en los participantes: Estudios realizados en especie humana, específicamente pacientes mayores de 18 años de edad.
- Basados en la intervención: Pacientes a los que se les instale un implante dental evaluando el efecto de la vitamina D en la oseointegración.
- Basados en la fecha e idioma de publicación: Se incluirán todos los estudios, sin importar su fecha o idioma de publicación.

Criterios de exclusión

- Basados en el diseño del estudio: Se excluirán revisiones bibliográficas, tesis y opiniones de expertos.
- Basados en los participantes: Estudios realizados en una especie diferente a la humana, estudios in vitro, y estudios realizados en pacientes menores de 18 años no serán incluidos en esta revisión.
- Basados en la intervención: No se incluirán estudios de pacientes a los que no se les instale un implante dental evaluando el efecto de la vitamina D en la oseointegración.

Selección de estudios

La selección de estudios fue realizada en base a los criterios de inclusión y exclusión. Mediante la utilización de la herramienta Endnote, se compilaron los títulos de los estudios obtenidos a través de las llaves de búsqueda aplicadas en los metabuscadores definidos para este estudio. Se obtuvieron inicialmente 2623 registros, de los cuales 717 corresponden a Pubmed, 1435 a Scopus y 471 a Web Of Science.

Mediante la herramienta de Endnote se eliminaron 233 estudios duplicados, quedando 2390 títulos para su lectura. Una vez realizada la lectura de título, se obtuvieron 41 estudios, 20 correspondientes a Pubmed, 19 correspondientes a Scopus y 2 correspondientes a Wos.

De los 41 estudios restantes, se realizó la lectura por Abstract, reduciéndose a 11 en Pubmed ,13 en Scopus y 0 en WOS. A partir de estos estudios se realizó la lectura por extenso, obteniéndose 13 títulos para su revisión, 6 correspondientes a Pubmed y 7 correspondientes a Scopus. Según la metodología de estudio utilizada, se dividieron para su análisis en 3 revisiones sistemáticas, 4 ensayos clínicos controlados, 2 estudios prospectivos, 1 estudio retrospectivo, 1 caso control y 2 casos o series de casos.

Recopilación de datos

Se agruparon en una tabla de excel los 13 estudios obtenidos, identificando la base de datos en la que se encontró, título, autor, año de publicación y diseño del estudio. Una vez realizado esto, se dividieron los estudios en dos grupos, los que correspondían a revisiones sistemáticas y los que correspondían a otro diseño de estudio diferente a revisión sistemática.

En la tabla de revisión sistemática se establecieron ítems a identificar en los registros como el tema de estudio, pregunta de investigación, herramienta de evaluación de sesgo, herramienta de evaluación de evidencia de los estudios analizados, cantidad de estudios analizados, parámetros analizados, respuesta y conclusión según la pregunta de investigación.

En la tabla donde se agrupó el resto de los registros, se establecieron ítems a identificar como diseño del estudio, objetivo del estudio, cantidad de pacientes, grupos de estudios, método, variables analizadas, parámetros analizados y la conclusión del estudio.

Si bien, se buscó establecer ítems en común para todos los estudios, no todos presentaron datos homogéneos para ser descritos en las tablas.

RESULTADOS

El proceso de obtención de resultados fue graficado en el diagrama PRISMA elaborado a partir del formato oficial de dicha para revisiones y revisiones sistemáticas del 2020. (Figura 1). Los estudios seleccionados fueron obtenidos a través de las bases de datos indicadas resultando en Pubmed 717 papers, en SCOPUS 1435 y en Web of science 471. Una vez aplicados los criterios de elegibilidad se obtuvieron finalmente 13 artículos que fueron incluidos en la revisión para el análisis y extracción de información.

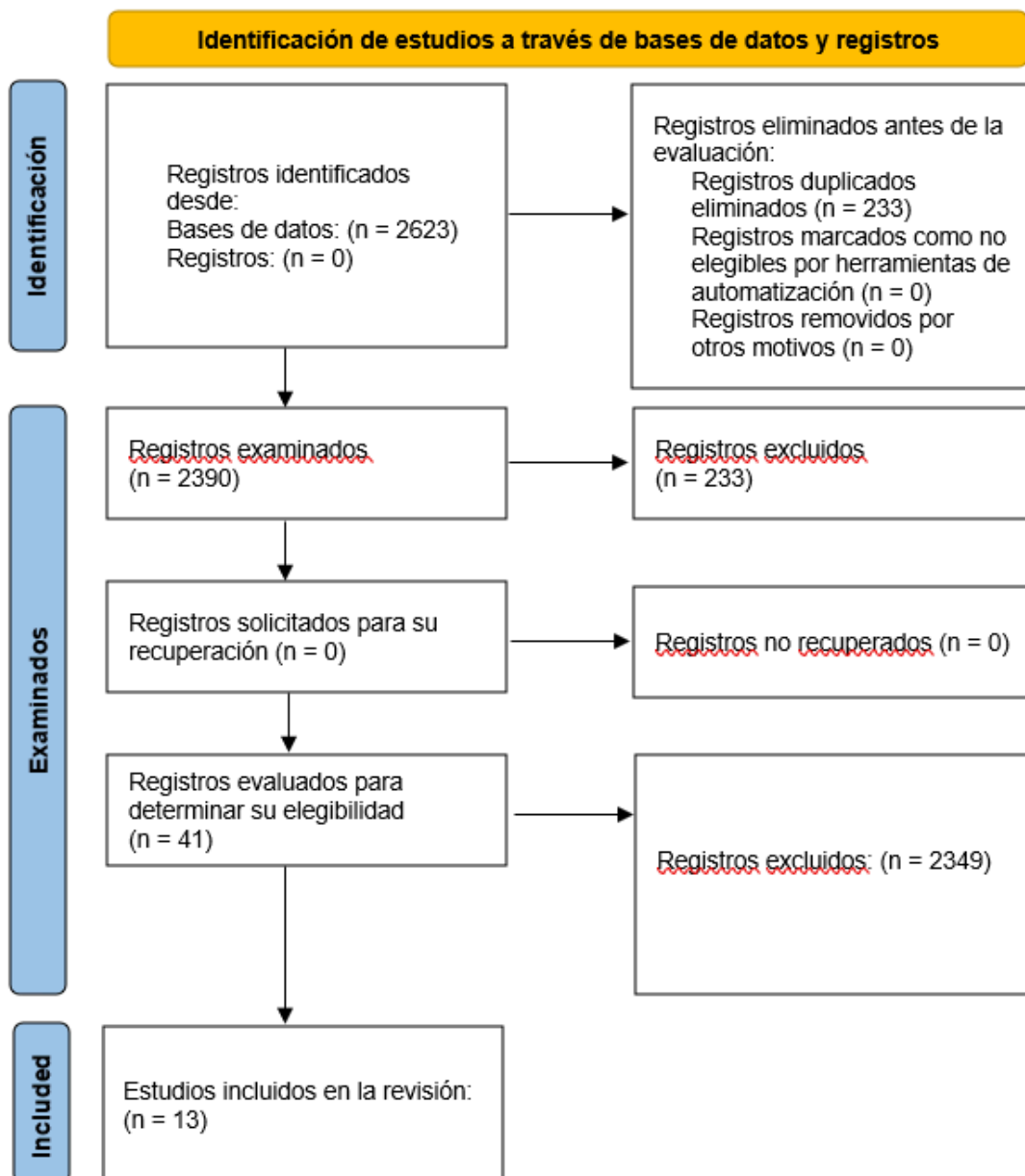


Figura 1. Diagrama prisma de flujo para la obtención de los estudios analizados en la revisión.

Los 13 estudios se ordenaron en la tabla según su nivel de evidencia, identificando autor, año de publicación y tipo de estudio. De estos, 3 correspondían a revisiones sistemáticas, 4 a ensayos clínicos controlados, 2 a estudios prospectivos, 1 a caso control, 1 a estudio retrospectivo, y 2 a casos o series de casos. (Tabla 1)

NIVEL DE EVIDENCIA	TÍTULO	AUTOR	AÑO	TIPO DE ESTUDIO
Nivel I	Impact of Vitamin D on Osseointegration in Dental Implants: A Systematic Review of Human Studies	Buzatu, B. L. R.	2024	Revisión sistemática
Nivel I	Influence of Serum Vitamin D Levels on Survival Rate and Marginal Bone Loss in Dental Implants: A Systematic Review Int J Environ Res Public Health	Bazal-Bonelli, S.	2022	Revisión sistemática
Nivel I	Significance of 25(OH) D3 in Early Dental Implant Failure (EDIF) during osseointegration-A systematic review	Shah, A.	2023	Revisión sistemática
Nivel I	The Effect of Topical Application of Vitamin D on Titanium Dental Implant in Diabetic Patients	Heeba, M. E.	2019	Ensayo clínico aleatorizado
Nivel I	Impact of vitamin D3 supplementation on dental implant stability	Salih, O. W.	2023	Ensayo clínico aleatorizado
Nivel I	Comparative evaluation of crestal bone level in patients having low level of Vitamin D treated with dental implant with or without Vitamin D3 supplements	Garg, P.	2020	Ensayo clínico aleatorizado
Nivel I	Impact of the 25-hydroxycholecalciferol concentration and vitamin d deficiency treatment on changes in the bone level at the implant site during the	Kwiatek, J.	2021	Ensayo clínico aleatorizado

	process of osseointegration: A prospective, randomized, controlled clinical trial			
Nivel II	Evaluation of Correlation between Vitamin D Levels and Implant Stability in Indian Population: A Prospective Study in BangaloreJ Maxillofac Oral Surg	Bhandage, S.	2022	Estudio prospectivo
Nivel II	Vitamin D Deficiency and Early Implant Failure: Outcomes from a Pre-surgical Supplementation Program on Vitamin D Levels and Antioxidant Scores	Paz, A.	2021	Estudio prospectivo
Nivel III	Analysis of association of clinical aspects and vitamin D receptor gene polymorphism with dental implant loss	Alvim-Pereira, F.	2008	Caso control
Nivel III	Low serum vitamin D and early dental implant failure: Is there a connection? A retrospective clinical study on 1740 implants placed in 885 patients	Guido Mangano, F.	2018	Estudio retrospectivo
Nivel IV	Vitamin D deficiency in early implant failure: two case reports	Fretwurst, T.	2016	Series de casos
Nivel V	Vitamin D deficiency as a suspected causative factor in the failure of an immediately placed dental implant: a case report	Bryce, G.	2021	Reporte de caso

Tabla 1. Lista de estudios seleccionados para la revisión crítica de la literatura, ordenados según su nivel de evidencia por escalas de la ASPS para evaluar los niveles de evidencia y las recomendaciones de calificación.

I. Revisiones sistemáticas

Se recopilaron 3 revisiones sistemáticas. Las cuales en total revisaron 21 estudios. Del 100% de estas, el 50% evaluó la pérdida de implantes y la relación con niveles de vitamina D. Uno de estos estudios evaluó además la pérdida ósea marginal que se presentaba según niveles séricos de vitamina D. El 25% restante, evaluó la vitamina D como complemento en la regeneración ósea y su análisis a nivel celular. (Tabla 2)

1. Buzatu, B. evaluó en siete estudios el impacto de los niveles de vitamina D en la oseointegración de los implantes dentales. De estos estudios, el 28,57% analizó el polimorfismo del gen de la vitamina D, sin encontrar una asociación significativa entre dicho polimorfismo y el éxito de los implantes. Por su parte, el 14,25% investigó la relación entre la vitamina D y los niveles de calcio en un paciente con nefropatía. Finalmente, el 57,18% restante, correspondiente a cuatro artículos, se relaciona directamente con la presente revisión y contribuye a responder la pregunta de investigación planteada. Esta revisión resalta la variabilidad en los diseños de los estudios, las características de las poblaciones y los métodos de evaluación empleados. (24)
2. Bazal-Bonelli investigó la relación entre los niveles séricos de vitamina D, la pérdida ósea marginal, las tasas de supervivencia y las complicaciones en la oseointegración de implantes dentales. Para ello, analizó cuatro estudios que incluyeron a 1129 pacientes, quienes recibieron un total de 1984 implantes. De estos estudios, el 50% fueron ensayos clínicos aleatorizados, el 25% estudios retrospectivos y el 25% estudios prospectivos. Uno de los estudios analizó el fracaso de los implantes según niveles de vitamina D en suero, sin considerar suplementación, mientras que tres de los cuatro estudios evaluaron la pérdida ósea marginal: dos de ellos analizaron la variación del nivel óseo en función de los niveles séricos de vitamina D y la suplementación, mientras que el tercer estudio se centró únicamente en la relación entre los niveles séricos de vitamina D y la pérdida ósea marginal, sin considerar la suplementación. (25)
3. Shah, en su estudio, analizó la relación entre los niveles séricos de vitamina D, la oseointegración de los implantes dentales y el éxito o fracaso a lo largo del tiempo, a partir del análisis de 10 estudios. Del total de estos estudios, el 30% investigó el fracaso temprano de los implantes en pacientes con déficit de vitamina D, mientras que el 50% evaluó la variación del nivel óseo en condiciones de déficit de esta vitamina. El 20% restante no tuvo relación con la pregunta de investigación planteada por el autor. Además, un 20% de los estudios no encontró una asociación positiva entre niveles bajos de vitamina D y el fracaso en la oseointegración. (26)

Autor que incluyó este estudio en su revisión sistemática	Autor del estudio revisado	Tipo de estudio	Número de participantes	Analiza efecto de la suplementación en la oseointegración	Evalúa influencia de la vitamina D en la oseointegración	Compara el uso con el no uso de la vitamina D en la oseointegración	Realiza seguimiento
Buzatu,B	Alvim-Pereira	Caso control	207	No	Sí, pero a partir del análisis de la mutación del receptor de la vitamina D	No	Sí, 43 semanas
Buzatu,B	Flanagan	Reporte de un caso	1	No	Sí, pero no es el objeto de estudio y se presenta como un parámetro indirecto	No	Sí, 7 meses
Buzatu,B Shah, A.	Fretwurst	Reporte de un caso	2	Sí	Sí	No	No
Buzatu,B Shah, A.	Bryce	Series de casos	1	No	Sí	No	Sí, 5 meses
Buzatu,B Bazal-Bonelli, S. Shah, A.	Mangano	Estudio retrospectivo	885	No	Sí	No	Sí, 4 meses
Buzatu,B	Pereira	Caso control	244	No	Sí, pero a partir del análisis de la mutación del receptor de la vitamina D	No	Sí, 250 semanas

Buzatu,B Bazal-Bonelli, S.	Kwiatek	Ensayo clínico	122	Sí	Sí	Sí	Sí, 6 a 12 semanas
Buzatu,B Shah, A.	Garg	Ensayo clínico	32	Sí	Sí	Sí	Sí, 6 meses
Bazal-Bonelli, S.	Tabrizi	Estudio prospectivo	90	No	Sí	Sí	Sí, 12 meses
Shah, A	Wagner	Estudio retrospectivo	48	No	Sí, pero como un factor secundario del estudio que resultó en un factor de confusión	No	No especificado
Shah, A	Merheb	Ensayo clínico	49	No	No	No	No especificado
Shah, A	Singh	Estudio retrospectivo	90	Sí	No	No	Sí, 5 meses
Shah, A	Amr	Ensayo clínico	14	No	No	No	Sí, 4 meses
Shah, A	Piccolotto	Ensayo clínico	33	Sí	Sí	Sí	Sí, 2 meses
Shah, A	Al-Rawee	Ensayo clínico	80	Sí	Sí	Sí	Sí, 4 meses

Tabla 2. Tabla resumen de los estudios analizados en las revisiones sistemáticas.

II. Ensayos clínicos

La búsqueda arrojó cuatro ensayos clínicos que incluyeron un total de 173 pacientes. (Tabla 3). El 100% de los ensayos realizan seguimiento a los 3 meses, y dos de ellos realizan seguimiento a los 6 meses. Tres de estos ensayos analizaron los efectos de la suplementación con vitamina D y su influencia en la oseointegración y uno de los ensayos investigó la aplicación tópica de vitamina D sobre los implantes en pacientes diabéticos controlados con diabetes tipo 2. Del 100% de los estudios, el 50% evaluó el nivel de hueso crestal y el nivel óseo general en grupos controles en el sitio del implante durante el proceso de oseointegración. Un 25% de los estudios analizó la estabilidad de los implantes mediante un análisis de frecuencia de resonancia comparando el ISQ en pacientes suplementados con vitamina D en comparación con el grupo control. (Tabla 4)

De los 4 ensayos clínicos, todos encontraron asociación positiva entre los niveles de vitamina D y/o el uso de suplementación en relación con la oseointegración o variación del nivel óseo. (27, 28, 29, 30)

Autor	Objetivo del estudio	Número de participantes	Implantes instalados	Grupos de estudio	Intervención	Medición de la intervención	Seguimiento
Heeba	Evaluar la aplicación tópica de vitamina D en implantes instalados en pacientes diabéticos controlados	7	15	2 grupos: Estudio y control	Cada paciente recibió al menos un implante a un lado de la mandíbula recubierto de vitamina D, y al lado contrario o control, al menos un implante sin recubrimiento	Cambio de densidad ósea mediante CBCT	1 semana, 3 meses y 6 meses
Salih	Evaluar cómo la suplementación de la vitamina D afecta la durabilidad de los implantes en pacientes con deficiencia	12	20	2 grupos: Estudio y control	Se instalaron implantes en todos los pacientes, a un grupo se le suplementó y al otro no.	Estabilidad del implante mediante RFA	1 semana y 3 meses
Garg	Evaluar el nivel de hueso crestal en pacientes con niveles bajos de vitamina D tratados con implantes dentales con o sin suplementación	32	No especificado	2 Grupos: A) Estudio: Suplementación con 60.000 UI/mes B) Control: No recibieron suplementos	Se instalaron implantes en todos los pacientes, a un grupo se le suplementó y al otro no.	Radiografía periapical estandarizada	3 meses

Kwiatek	Evaluar el efecto de la concentración de vitamina D y tratamiento de la deficiencia sobre los cambios en el nivel óseo en el sitio del implante durante el proceso de oseointegración.	122	No especificado	3 grupos: A) control <30 ng/ml de vitamina D sin suplementación. B) Estudio: <30 ng/ml de vitamina D con suplementación. C) control: suficiencia de vitamina D sin suplementación	Instalación de implantes en tres grupos; dos grupos con déficit de vitamina D, a uno de estos se le aplicó suplementación y al otro no, y un tercer grupo con niveles suficientes de vitamina D	Radiografía periapical estandarizada	6 y 12 semanas
---------	--	-----	-----------------	---	---	--------------------------------------	----------------

Tabla 3. Resumen de los ensayos clínicos incluidos en esta revisión.

Autor	Analiza efecto de la suplementación en la oseointegración	Evalúa influencia de la vitamina D en la oseointegración	Compara el uso con el no uso de la vitamina D en la oseointegración	Asociación positiva entre niveles de vitamina D y oseointegración o nivel óseo
Heeba	No	Sí	Sí	Sí
Salih	Sí	Sí	Sí	Sí
Garg	Sí	Sí	Sí	Sí
Kwiatek	Sí	Sí	Sí	Sí

Tabla 4. Análisis de los estudios clínicos aleatorizados según su intervención y evaluación de la vitamina D.

III. Estudios prospectivos

Los dos estudios prospectivos seleccionados para esta revisión recopilan la información de un análisis a 40 pacientes. En uno de ellos, Bhandage, S. se propuso evaluar la correlación entre la deficiencia de vitamina D y la estabilidad secundaria, encontrando que existe una correlación positiva entre los niveles de vitamina D y la estabilidad del implante entre los sujetos del estudio y que la variabilidad del ISQ depende de los niveles de vitamina D. El segundo estudio prospectivo realizado por Paz, A., investigó un programa integral de apoyo dental prequirúrgico para aumentar los niveles de vitamina D y antioxidantes antes de la cirugía de implantes a partir del estudio de 20 pacientes. Todos los pacientes alcanzaron niveles suficientes después del programa de suplementación prequirúrgico de 4 a 6 semanas específico para implantología dental. (31, 32)

DISCUSIÓN

La relación entre los niveles séricos de vitamina D y el éxito de la oseointegración de implantes dentales ha sido objeto de diversas investigaciones en los últimos años. Varias revisiones sistemáticas han evidenciado que niveles adecuados de vitamina D pueden mejorar la estabilidad del implante, reducir la pérdida ósea y aumentar la tasa de éxito de los procedimientos de implantación. Sin embargo, los estudios también muestran que factores genéticos, condiciones metabólicas y otros elementos clínicos pueden influir en estos resultados. Esta revisión compila y analiza los hallazgos más relevantes sobre el impacto de la vitamina D en la salud ósea periimplantaria, destacando tanto sus beneficios como las limitaciones metodológicas de los estudios actuales. En este contexto, se subraya la necesidad de investigaciones más amplias y con seguimiento prolongado para poder establecer recomendaciones clínicas más definitivas.

Los estudios analizados en la revisión de Buzatu, proporcionan evidencia relevante sobre la relación entre los niveles séricos de vitamina D, la oseointegración y el éxito de los implantes dentales, sugiriendo que niveles óptimos de vitamina D podrían mejorar la tasa de éxito de los implantes.(24) Sin embargo, destacó que un porcentaje significativo de estos estudios exploró variables menos directamente relacionadas con la pregunta principal, como el polimorfismo del gen de la vitamina D, sin encontrar asociaciones claras con el éxito de los implantes. (24) Esto subraya la necesidad de estudios más focalizados en la suplementación y los niveles séricos como factores críticos. Los hallazgos de Pereira y Alvim-Pereira relacionados con el polimorfismo del receptor de vitamina D coincidieron en que las variaciones genéticas no tienen un impacto significativo en la pérdida de implantes, aunque Pereira sugirió que ciertos alelos podrían ser marcadores de riesgo en casos específicos. (33) Esta discrepancia indica que el componente genético podría jugar un papel menor, pero no definitivo, en el éxito de los implantes dentales. Por otro lado, Mangano y Kwiatek centraron sus investigaciones en la relación entre los niveles séricos de vitamina D y la pérdida ósea. (11)(30) Mangano observó que un déficit de vitamina D estaba asociado con una tasa de fracaso temprano cuatro veces mayor, especialmente en presencia de factores de riesgo como tabaquismo y enfermedad periodontal. (11) Este hallazgo fue complementado por Kwiatek, quien identificó que niveles adecuados de vitamina D el día de la cirugía estaban correlacionados positivamente con un mejor crecimiento óseo alrededor del implante, destacando el beneficio de la suplementación para pacientes con deficiencia. (30) Flanagan presentó un caso clínico que destacó la relevancia del manejo del calcio en pacientes con enfermedad renal, concluyendo que, aunque los niveles de vitamina D eran deficientes, el control adecuado de otros factores metabólicos permitió un tratamiento exitoso. (34) Esto sugiere que la vitamina D no actúa de forma aislada y debe considerarse en el contexto del estado metabólico general del paciente. Finalmente, los estudios de Fretwurst y Bryce ofrecieron evidencia directa sobre el impacto de la suplementación con vitamina D. (35, 36)

Ambos casos demostraron que la corrección de niveles séricos deficientes mediante suplementación permitió la re implantación exitosa, lo que refuerza la hipótesis de que niveles adecuados de vitamina D son esenciales para el éxito de la oseointegración. En conjunto, los estudios revisados por Buzatu resaltan la importancia de monitorear y, cuando sea necesario, corregir los niveles de vitamina D en pacientes candidatos a implantes dentales. (24) No obstante, persisten algunas limitaciones, como la variabilidad en los diseños de los estudios, los tamaños de muestra y los períodos de seguimiento. Para fortalecer la evidencia, es necesario realizar ensayos clínicos aleatorizados con muestras más grandes y seguimiento a largo plazo que permitan evaluar de forma más robusta la efectividad de la suplementación en diferentes contextos clínicos. En consecuencia, se concluye que las discrepancias en la medición de los niveles de vitamina D, así como en la duración y dosis de la suplementación, junto con el período de seguimiento, son factores que explican los resultados mixtos reportados en la literatura.

La revisión sistemática de Bazal-Bonelli destaca la relación entre los niveles séricos de vitamina D y aspectos clave en la oseointegración de implantes dentales, incluyendo la supervivencia, pérdida ósea marginal y complicaciones. (25) En total, se analizaron cuatro estudios, de los cuales dos (Mangano y Kwiatek) ya han sido previamente discutidos y aportan evidencia robusta en relación a la influencia de los niveles séricos de vitamina D en la supervivencia y el mantenimiento óseo de los implantes. (11, 30) Los estudios de Garg y Tabrizi complementan los hallazgos con diseños metodológicos diversos. Garg, en su ensayo clínico aleatorizado, observó que la suplementación con vitamina D en pacientes con niveles séricos inferiores a 30 ng/ml resultó en una menor reducción ósea, aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa. Por el contrario, los pacientes que no recibieron suplementación mostraron una pérdida ósea significativa, subrayando el impacto potencial de la suplementación en el mantenimiento del nivel óseo crestral tras la implantación. (29, 37) El estudio prospectivo de Tabrizi, que analizó la pérdida ósea marginal en función de los niveles séricos de vitamina D, reveló diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos analizados. Los pacientes con niveles séricos mayores a 30 ng/ml (grupo 3) experimentaron la menor pérdida ósea, mientras que los pacientes con niveles deficientes (<10 ng/ml, grupo 1) presentaron la mayor reducción. (37) Este hallazgo refuerza la importancia de niveles adecuados de vitamina D en la preservación del hueso alrededor de los implantes. En cuanto a la influencia de factores demográficos, la revisión concluye que el sexo no parece desempeñar un papel determinante en los resultados, mientras que las mayores deficiencias de vitamina D se observaron en pacientes alrededor de los 40 años. Este hallazgo podría estar relacionado con cambios metabólicos asociados a la edad o hábitos de vida específicos. Respecto a la remodelación ósea, los estudios que abordaron este tema evidenciaron que la suplementación en pacientes con niveles séricos deficientes (<30 ng/ml) no solo

ayudó a reducir la pérdida ósea, sino que en algunos casos permitió obtener mejores resultados que en pacientes con niveles iniciales adecuados de vitamina D. Esto sugiere que la suplementación podría jugar un rol clave incluso en pacientes con niveles inicialmente normales. La supervivencia de los implantes se mantuvo elevada en la mayoría de los estudios, con pérdidas mínimas reportadas en tres de los cuatro artículos analizados. (31, 32, 37) Sin embargo, el período de seguimiento limitado (12 meses en la mayoría de los casos) dificulta extraer conclusiones definitivas. En este contexto, el estudio de Mangano, con un seguimiento a 14 años, aporta una perspectiva más amplia y realista, mostrando que los pacientes con niveles séricos adecuados de vitamina D tienen una tasa de supervivencia un 8% mayor, aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa. (11) Esto sugiere que la influencia de la vitamina D en la supervivencia podría ser más evidente a largo plazo y en estudios con mayor potencia estadística. En conjunto, esta revisión sistemática subraya la relevancia de los niveles séricos de vitamina D en la oseointegración, destacando su papel en la remodelación ósea y la pérdida ósea marginal. Sin embargo, las limitaciones en el diseño de algunos estudios, como el tamaño de muestra reducido y los seguimientos cortos, evidencian la necesidad de investigaciones futuras con metodologías más robustas y períodos de observación prolongados para validar y expandir estos hallazgos.

Esta revisión sistemática presentó algunas limitaciones, como el reducido número de estudios incluidos y la falta de ensayos clínicos aleatorizados que comparen directamente niveles normales y bajos de vitamina D para evaluar los resultados de los implantes. Esto obligó a incluir estudios de cohorte, que proporcionan menor evidencia científica en comparación con los ensayos clínicos aleatorizados. No obstante, los estudios analizados sugieren que niveles adecuados de vitamina D en suero mejoran la supervivencia de los implantes. Se destaca la necesidad de realizar un mayor número de ensayos clínicos aleatorizados con períodos de seguimiento prolongados para confirmar estos hallazgos.

La revisión de Shah proporciona una visión integral de la relación entre los niveles séricos de vitamina D y el éxito en la oseointegración de implantes dentales, al analizar 10 estudios. (26) Aunque varios de estos ya fueron discutidos en las revisiones de Buzatu y Bazal-Bonelli, los nuevos estudios aportan perspectivas adicionales, particularmente en términos de la influencia de la suplementación y otros factores clínicos. El ensayo clínico de Amr es particularmente relevante, al demostrar que la vitamina D mezclada con xenoinjertos no solo mejora la formación ósea, sino que también aumenta la estabilidad del implante en el tratamiento de dehiscencias óseas. (38) Este hallazgo subraya el potencial terapéutico de la vitamina D en procedimientos quirúrgicos complejos, mostrando una diferencia estadísticamente significativa en la ganancia de ancho de la cresta alveolar y los valores de estabilidad del implante (ISQ) en comparación con el grupo control. Por otro lado, el estudio de Piccolotto no encontró una relación significativa entre la suplementación de vitamina D y la salud periimplantaria, lo que sugiere que, aunque

la suplementación puede ser beneficiosa en ciertas circunstancias, su impacto directo en la salud periimplantaria puede depender de otros factores, como el estado de salud general del paciente o la técnica quirúrgica utilizada. (39) En el caso del ensayo clínico aleatorizado de Al-Rawee, los resultados mostraron una relación clara entre niveles insuficientes de vitamina D y un mayor riesgo de fracaso en las primeras etapas de cicatrización. (40) Este estudio aporta evidencia directa de que la deficiencia de vitamina D podría limitar la formación ósea periimplantaria y aumentar la tasa de fracaso temprano, lo que respalda la necesidad de evaluar y corregir los niveles de vitamina D antes de la colocación del implante. El estudio retrospectivo de Singh presentó datos similares, mostrando que los niveles séricos más altos de vitamina D estaban asociados con una menor incidencia de fracaso temprano de implantes. (41) Sin embargo, la falta de significancia estadística en sus hallazgos limita la capacidad de establecer una relación causal directa, resaltando la necesidad de estudios prospectivos con tamaños de muestra más grandes para corroborar estos resultados. En cuanto al estudio de Wagner, aunque no evaluó directamente la influencia de la vitamina D en pacientes con osteoporosis, destaca su papel como posible factor de confusión. (42) Esto pone de manifiesto la complejidad de aislar el impacto específico de la vitamina D en contextos clínicos multifactoriales como la osteoporosis y la salud ósea periimplantaria. En términos generales, esta revisión destaca la importancia de la vitamina D no solo en la formación ósea periimplantaria y la estabilidad de los implantes, sino también en la reducción de la tasa de fracasos tempranos. Los hallazgos de estudios como los de Amr y Al-Rawee, junto con las observaciones de Singh, refuerzan la recomendación de evaluar y suplementar los niveles de vitamina D en pacientes con deficiencia antes y después de la colocación del implante. Sin embargo, la heterogeneidad de los estudios incluidos, como las diferencias en el diseño, las poblaciones estudiadas y los periodos de seguimiento, señala la necesidad de más investigaciones prospectivas, con tamaños de muestra adecuados y protocolos estandarizados, para validar estos hallazgos y establecer guías clínicas claras.

La presente revisión identificó cuatro ensayos clínicos que analizaron los efectos de la vitamina D sobre la oseointegración de implantes dentales, con un total de 173 pacientes. De estos estudios, tres exploraron la suplementación sistémica de vitamina D, mientras que uno investigó la aplicación tópica de vitamina D en pacientes diabéticos tipo 2 controlados. (27, 28, 29, 30) Aunque los resultados son prometedores, la heterogeneidad en los diseños, el tamaño limitado de las muestras y los diferentes enfoques metodológicos dificultan establecer conclusiones definitivas. El ensayo clínico de Heeba evaluó por primera vez la aplicación tópica de vitamina D en implantes dentales, destacando una mejora significativa en la densidad ósea alrededor de los implantes tratados en comparación con el lado control. (27) Este enfoque innovador es particularmente relevante para pacientes con condiciones sistémicas que pueden comprometer la cicatrización ósea, como la diabetes tipo 2. Sin embargo, la muestra pequeña (7 pacientes) y el corto tiempo de seguimiento (6 meses) limitan la generalización de sus resultados. Pese a esto, el

aumento de densidad ósea y la menor pérdida ósea crestal en los implantes tratados con vitamina D abren una nueva vía de investigación para el manejo local de pacientes con riesgo elevado de fracaso. Por otro lado, Salih investigó la suplementación sistémica de vitamina D en pacientes con niveles séricos inferiores a 30 ng/ml. Aunque no se observaron diferencias significativas en la estabilidad primaria del implante, la estabilidad secundaria mejoró significativamente en el grupo suplementado después de 3 meses. (28) Estos hallazgos apoyan la hipótesis de que la vitamina D podría favorecer la remodelación ósea y el proceso de cicatrización durante la oseointegración. Sin embargo, las limitaciones del tamaño muestral y la ausencia de seguimiento a largo plazo restringen la aplicabilidad de estas conclusiones en escenarios clínicos más amplios. Los estudios previamente revisados de Garg y Kwiatek coinciden en destacar el impacto positivo de la vitamina D en la reducción de la pérdida ósea y la mejora de la estabilidad del implante. La consistencia de estos resultados con los hallazgos de Salih refuerza la relevancia de la suplementación en pacientes con deficiencia de vitamina D, particularmente en las primeras etapas de cicatrización. En conjunto, esta revisión reafirma la importancia de la vitamina D, tanto en su aplicación tópica como sistémica, para mejorar la oseointegración y reducir el riesgo de pérdida ósea periimplantaria. Sin embargo, persisten desafíos metodológicos que deben abordarse en futuros estudios, tales como la necesidad de tamaños muestrales más amplios, periodos de seguimiento prolongados y mayor estandarización en la definición de niveles séricos óptimos de vitamina D. Estos esfuerzos serán clave para desarrollar protocolos clínicos basados en evidencia que permitan optimizar los resultados de los implantes dentales en pacientes con riesgo de deficiencia de vitamina D.

Esta revisión incluye dos estudios prospectivos que analizaron la relación entre los niveles séricos de vitamina D y los resultados de la oseointegración de implantes dentales, evaluando a un total de 40 pacientes. Ambos estudios destacan la relevancia de la vitamina D en la estabilidad del implante y el éxito de las intervenciones quirúrgicas en implantología dental. (31, 32) El estudio de Bhandage aportó evidencia clara sobre la correlación positiva entre los niveles séricos de vitamina D y la estabilidad secundaria de los implantes, medida a través del análisis de frecuencia de resonancia (ISQ). (31) Los hallazgos mostraron que los niveles más altos de vitamina D se asociaron con un aumento progresivo y significativo en el ISQ a los 3 y 6 meses post-operatorios. Además, el análisis de regresión lineal indicó que la estabilidad del implante (reflejada en el ISQ) puede predecirse en función de los niveles séricos de vitamina D. Este estudio subraya la importancia de evaluar y, en caso necesario, corregir los niveles de vitamina D antes de la instalación de implantes dentales, enfatizando su papel en la optimización de los resultados clínicos. Por su parte, el trabajo de Paz examinó el impacto de un programa integral de suplementación prequirúrgica de vitamina D y antioxidantes en pacientes con deficiencia inicial de vitamina D. Los resultados demostraron que la

suplementación permitió a todos los pacientes alcanzar niveles séricos adecuados antes de la cirugía, aumentando significativamente de 24,76 ng/ml a 50,11 ng/ml en promedio. (32) Aunque no se reportaron casos de fracaso temprano del implante durante el período de seguimiento, el estudio destaca la necesidad de implementar programas prequirúrgicos dirigidos, particularmente en poblaciones con alta prevalencia de deficiencia de vitamina D (65% en esta muestra). Estos programas no solo corrigen deficiencias, sino que también pueden contribuir a mejorar el ambiente biológico para la osteointegración. Ambos estudios refuerzan la importancia de la vitamina D en la estabilidad del implante y su potencial como biomarcador predictivo de éxito en procedimientos de implantología dental. Sin embargo, es importante señalar que el tamaño de muestra limitado de ambos estudios puede restringir la generalización de los resultados. Además, el enfoque prospectivo y el uso de diferentes metodologías dificultan la comparación directa de los hallazgos. Para fortalecer la evidencia, se requieren investigaciones con muestras más grandes, periodos de seguimiento prolongados y la inclusión de análisis adicionales que evalúen otros factores que puedan influir en la estabilidad del implante, como la densidad ósea inicial y las condiciones sistémicas del paciente. Estas investigaciones permitirán establecer protocolos basados en evidencia para la evaluación y suplementación de vitamina D en el contexto de la implantología dental, garantizando mejores resultados clínicos.

Las limitaciones metodológicas observadas, como la heterogeneidad en los diseños de los estudios, el reducido tamaño muestral y los periodos de seguimiento cortos, dificultan la extrapolación de los resultados a poblaciones más amplias. Además, la variabilidad en los métodos para medir los niveles séricos de vitamina D, las dosis y la duración de la suplementación resalta la necesidad de mayor estandarización en futuras investigaciones. Para avanzar hacia recomendaciones clínicas más sólidas, se requieren ensayos clínicos aleatorizados con tamaños de muestra más grandes, seguimientos prolongados y protocolos uniformes que evalúen tanto los efectos de la suplementación como la interacción de otros factores sistémicos y genéticos. Estos esfuerzos permitirán establecer guías basadas en evidencia para el manejo de la vitamina D en el contexto de la implantología dental, optimizando los resultados clínicos y mejorando la calidad de vida de los pacientes.

CONCLUSIÓN

La presente revisión sistemática destaca la importancia de los niveles séricos de vitamina D en la oseointegración de implantes dentales y su impacto positivo en la estabilidad del implante, la reducción de la pérdida ósea y el aumento de la tasa de éxito de los procedimientos. Los hallazgos de los estudios analizados sugieren que tanto la suplementación sistémica como la aplicación tópica de vitamina D pueden ser intervenciones efectivas para optimizar los resultados en implantología dental, especialmente en pacientes con deficiencia de esta vitamina o condiciones sistémicas que comprometan la cicatrización ósea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Saito M, Sato T, Katayama Y, Okumura K, Nakamura H, Iwamoto Y. Effect of vitamin D3 supplementation on bone density and bone strength in the osteoporotic rats. *J Bone Miner Metab.* 2009;27(5):560-6. doi: 10.1007/s00774-009-0031-2. Epub 2009 Sep 7. PMID: 19768253.
- (2) García-Casas R, Morales-Tatay G, García-Cuenca C, Ruiz-Palmero J, Gómez-López M, Martínez-Sánchez M, et al. El sistema endocrino de la vitamina D. *Rev Esp Cardiol.* 2022;75(6):498-506. doi: 10.1016/j.recesp.2022.01.003.
- (3) González E, Morandeira E, García A. Metabolismo, fuentes endógenas y exógenas de la vitamina D. *Rev Esp Med Oral.* 2023;15(4):221-6. doi: 10.1016/j.reemo.2023.03.003.
- (4) Liu X, Zhang Q, Zhang L, Zhang Y, Liu Y, Wang Y. Association between vitamin D supplementation and osteoporosis in postmenopausal women: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *JAMA Netw Open.* 2022;5(3). doi: 10.1001/jamanetworkopen.2022.4032. PMID: 35403929.
- (5) Murray MJ, Goodman SB. Osteoblastic and osteoclastic response to titanium implant surface modification. *J Orthop Res.* 2016;34(7):1161-7. doi: 10.1002/jor.23264. Epub 2016 Mar 28. PMID: 26926140.
- (6) Ivanov SYu, Kalinchenko SYu, Guseinov NA, Muraev AA, Safi AT, Polyakov KA, Smykalova AS. The effect of vitamin D on bone tissue regeneration during reconstructive surgeries in the oral cavity and dental implant osteointegration (literature review). *Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2020;75(5):552-60. doi: 10.15690/vramn1376.
- (7) Kurskaya L, Emelyanova M, Klachkov A, Polozov A, Dmitriev A, Frolov D. Evaluation of the effect of vitamin D on the osteointegration of dental implants: A clinical study. *Klinicheskaya Stomatologiya.* 2022;102(4):30-5. doi: 10.30827/ks.stom.2022.4.0106-13.
- (8) Diachkova EY, Trifonova DO, Ibadulaeva MO, Runova GE, Fadeev VV, Tarasenko SV. Influence of vitamin D deficiency on the condition of the dentomandibular system: A review article. *Osteoporosis and Osteopathies.* 2021;1:19-25.
- (9) Mailyan EA, Reznichenko NA, Mailyan DE. Regulation of bone tissue metabolism by vitamin D. *Meditinskiy Vestnik Yuga Rossii.* 2017;1:12-20.
- (10) Suarez F, Chan HL, Monje A, Galindo-Moreno P, Wang HL. Effect of the timing of restoration on implant marginal bone loss: a systematic review. *J Periodontol.* 2013;84:159-169.

- (11) Mangano F, Mortellaro C, Mangano N, Mangano C. Is low serum vitamin D associated with early dental implant failure? A retrospective evaluation on 1625 implants placed in 822 patients. *Mediators Inflamm.* 2016;2016:5319718. doi: 10.1155/2016/5319718.
- (12) Davies, J.E. Mechanisms of endosseous integration. *Int. J. Prosthodont.* 1999, 11, 391–401.
- (13) Brånemark, P. I., Hansson, B. O., Adell, R., Breine, U., Lindström, J., & Hallén, O. (1977). *Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. A 10-year follow-up study.* *Infection and Immunity*, 18(2), 485-492
- (14) Tözüm, T. F., & Ersanli, S. (2016). *The role of inflammatory mediators in the early stages of osseointegration of dental implants.* *Journal of Dental Research*, 95(8), 857-865.
- (15) Nair, A. K., & Bhatnagar, S. (2014). *Osteoblast differentiation and matrix formation.* *Journal of Clinical Orthodontics*, 48(3), 159-165.
- (16) López-Carranza, M. R., & Sáez, M. (2018). *The role of osteocalcin and osteopontin in bone formation and remodeling.* *Bone Research*, 6, 30.
- (17) Hochwald, S. N., & Lee, J. M. (2008). *Integrins and their role in bone formation and osteointegration.* *Journal of Orthopaedic Research*, 26(9), 1300-1310.
- (18) Singh, R., et al. (2017). "El papel de la vitamina D en la osteointegración de los implantes dentales: una revisión sistemática". *Journal of Oral Implantology*, 43
- (19) Kim, Y., et al. (2018). "Niveles séricos de vitamina D y su relación con la osteointegración de implantes dentales: un estudio clínico". *Clinical Oral Implants Research*, 29
- (20) Trindade, SC, et al. (2019). "Efecto de la suplementación con vitamina D en la osteointegración de implantes dentales en pacientes de edad avanzada: un ensayo controlado aleatorizado". *Journal of Dental Research*, 98
- (21) Iwasaki, M., et al. (2017). "Efecto de la deficiencia de vitamina D en la osteointegración de implantes de titanio en un modelo animal". *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 10
- (22) Neiva, RF, et al. (2015). "Relación entre los niveles de vitamina D y la osteointegración de los implantes dentales: un estudio clínico". *Clinical Oral Implants Research*, 26(12), 13
- (23) Swanson JA, Schmitz D, Chung KC. How to practice evidence-based medicine. *Plast Reconstr Surg.* 2010;126(1):286-94. doi:10.1097/PRS.0b013e3181dc54ee.
- (24) Buzatu BLR, Buzatu R, Luca MM. Impact of Vitamin D on Osseointegration in Dental Implants: A Systematic Review of Human Studies. *Nutrients.* 2024 Jan 9;16(2):209. doi: 10.3390/nu16020209. PMID: 38257102; PMCID: PMC10819660.

- (25) Bazal-Bonelli S, Sánchez-Labrador L, Cortés-Bretón Brinkmann J, Cobo-Vázquez C, Martínez-Rodríguez N, Beca-Campoy T, Santos-Marino J, Rodríguez-Fernández E, Alvarado-Lorenzo M. Influence of Serum Vitamin D Levels on Survival Rate and Marginal Bone Loss in Dental Implants: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Aug 16;19(16):10120. doi: 10.3390/ijerph191610120. PMID: 36011753; PMCID: PMC9407749.
- (26) Shah A, Singh K, Rao J, Tiwari B, Singh KD. Significance of 25(OH) D3 in Early Dental Implant Failure (EDIF) during osseointegration-A systematic review. *Natl J Maxillofac Surg*. 2023 Sep-Dec;14(3):360-368. doi: 10.4103/njms.njms_192_22. Epub 2023 Nov 10. PMID: 38273924; PMCID: PMC10806325.
- (27) Heeba ME. The effect of topical application of vitamin D on titanium dental implant in diabetic patients. *Ain Shams Dent J*. 2019 Dec;22(1):97-104.
- (28) Salih OW, Al-Mashhadane FA, Hamed RS. Impact of Vitamin D3 Supplementation on Dental Implant Stability. *Mil Med Sci Lett*. 2022;91(2):98-105.
- (29) Garg P, Ghalaut P, Dahiya K, Ravi R, Sharma A, Wakure P. Comparative evaluation of crestal bone level in patients having low level of Vitamin D treated with dental implant with or without Vitamin D3 supplements. *Natl J Maxillofac Surg*. 2020 Jul-Dec;11(2):199-206. doi: 10.4103/njms.NJMS_49_20. Epub 2020 Dec 16. PMID: 33897181; PMCID: PMC8051646.
- (30) Kwiatek J, Jaroń A, Trybek G. Impact of the 25-Hydroxycholecalciferol Concentration and Vitamin D Deficiency Treatment on Changes in the Bone Level at the Implant Site during the Process of Osseointegration: A Prospective, Randomized, Controlled Clinical Trial. *J Clin Med*. 2021 Feb 2;10(3):526. doi: 10.3390/jcm10030526. PMID: 33540512; PMCID: PMC7867129.
- (31) Bhandage S, Harish Kumar A, Nayana R. Evaluation of Correlation between Vitamin D Levels and Implant Stability in Indian Population: A Prospective Study in Bangalore. *J Maxillofac Oral Surg*. 2022 Sep;21(3):808-814. doi: 10.1007/s12663-021-01579-0. Epub 2021 Jun 10. PMID: 36274890; PMCID: PMC9474787.
- (32) Paz A, Stanley M, Mangano FG, Miron RJ. Vitamin D Deficiency and Early Implant Failure: Outcomes from a Pre-surgical Supplementation Program on Vitamin D Levels and Antioxidant Scores. *Oral Health Prev Dent*. 2021 Sep 30;19:495-502. doi: 10.3290/j.ohpd.b2082063. PMID: 34585875; PMCID: PMC11640711.
- (33) Alvim-Pereira F, Montes CC, Thomé G, Olandoski M, Trevilatto PC. Analysis of association of clinical aspects and vitamin D receptor gene

- polymorphism with dental implant loss. *Clin Oral Implants Res.* 2008 Aug;19(8):786-95. doi: 10.1111/j.1600-0501.2008.01532.x. PMID: 18705810
- (34) Flanagan D., Mancini M. Bimaxillary full arch fixed dental implant supported treatment for a patient with renal failure and secondary hyperparathyroidism and osteodystrophy. *J. Oral Implantol.* 2015;41:e36–e43. doi: 10.1563/AAID-JOI-D-13-00188.
- (35) Fretwurst T., Grunert S., Woelber J.P., Nelson K., Semper-Hogg W. Vitamin D deficiency in early implant failure: Two case reports. *Int. J. Implant. Dent.* 2016;2:24. doi: 10.1186/s40729-016-0056-0.
- (36) Bryce G., MacBeth N. Vitamin D deficiency as a suspected causative factor in the failure of an immediately placed dental implant: A case report. *J. R. Nav. Med. Serv.* 2014;100:328–332. doi: 10.1136/jrnms-100-328.
- (37) Tabrizi, R.; Mohajerani, H.; Jafari, S.; Tümer, M.K. Does the serum level of vitamin D affect marginal bone loss around dental implants? *Int. J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2021, 51, 832–836.
- (38) Amr AEH. Vitamin D3 in alveolar bone augmentation performed simultaneously with dental implant placement. A controlled clinical and radiographic study. *Egypt Dent J.* 2019;65:3375–92.
- (39) Piccolotto A, Toyama G, Busato M, Togashi AY. Effect of vitamin D supplementation on clinical and radiographic evaluation of oral rehabilitation with osseointegrated implants. *Insights Biomed Res.* 2019;3:81–5.
- (40) Al-Rawee RY. Influence of vitamin D3 insufficiency on dental implant success (randomized controlled clinical study/original article) *EC Dent Sci.* 2020;19:41–52.
- (41) Singh A, Agarwal M, Prasad A. Assessment of correlation of Low serum vitamin D and early dental implant failure. *J Adv Med Dent Scie Res.* 2020;8:259–62.
- (42) Wagner F, Schuder K, Hof M, Heuberger S, Seeman R, Devorak G. Does osteoporosis influence the marginal peri-implant bone level in female patients? A cross-sectional study in a matched collective. *Clin Impl Dent Related Res.* 2017;19:616–23. doi: 10.1111/cid.12493.