

Estado dentó-alveolar en pacientes con ortodoncia y los niveles de hormona tiroidea y 25 hidróxivitamina D

Correlation of serum levels of TSH hormone and 25 Hydroxyvitamin D with dentoalveolar status in patients treated with orthodontics

Diana Sanabria Fernández¹, Stefano Quirola Vásquez², Liliana Jara³, Luz Andrea Velandia Palacio⁴

1. Estudiante del posgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar Institución Universitaria Colegios de Colombia UNICOC Bogotá Colombia, dpsanabria@unicoc.edu.co
2. Estudiante del posgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar Institución Universitaria Colegios de Colombia- UNICOC, Bogotá Colombia, squirolav@unicoc.edu.co
3. Especialización en Docencia Universitaria. Docente Institución Universitaria Colegios de Colombia – UNICOC, Bogotá Colombia, ljara@unicoc.edu.co
4. Especialista en Odontología Legal y Forense, Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Maxilar, Doctorado en Investigación, Institución Universitaria Colegios de Colombia – UNICOC, Bogotá Colombia, lvelandiap@unicoc.edu.co

RESUMEN

Objetivo: Comparar el complejo dentoalveolar de los pacientes con y sin alteración en los niveles séricos de hormona TSH y 25 Hidroxivitamina D sobre radiografía periapical magnificada al inicio y en seguimiento del tratamiento de ortodoncia. **Métodos:** Este estudio retrospectivo de cohorte analizó radiografías de 12 pacientes (96 dientes) de la Clínica de Ortodoncia de UNICOC (Bogotá, 2018-2024), se incluyeron adultos sin trauma dentoalveolar previo ni comorbilidades sistémicas. Los datos se analizaron con regresión logística multivariada (ajustada por edad/sexo), prueba Chi², y cálculos de sensibilidad/especificidad usando Real Statistics 8.3 (2023) ($\alpha=0.05$). **Resultados:** Pacientes con deficiencia de vitamina D (<30 ng/mL) y TSH elevada (>4.5 μ UI/mL) mostraron mayor riesgo de reabsorción radicular (OR=3.2; IC95%:1.8-5.6; $p<0.001$, Chi²). El modelo de regresión identificó a la vitamina D como factor protector ($\beta=-0.45$; $p=0.02$), con sensibilidad del 82% y especificidad del 76% para predecir reabsorción severa. **Conclusiones:** Los niveles bajos de vitamina D parecen aumentar la reabsorción radicular,

lo que resalta la importancia de considerar factores individuales, como la genética y las enfermedades sistémicas, para personalizar los tratamientos ortodónticos.

Palabras clave: Reabsorción del diente, Reabsorción ósea, Tirotropina, 25-Hidroxitamina D.

ABSTRACT

Objective: This study compared dentoalveolar changes in orthodontic patients with normal versus altered serum thyrotropin (TSH) and 25-hydroxyvitamin D levels using serial magnified periapical radiographs. **Methods:** A retrospective cohort analysis was conducted on 96 anterior teeth (12 patients) from 2018-2024 clinical records at UNICOC Orthodontics Postgraduate Clinic (Bogotá, Colombia). Inclusion criteria: adults (>18 years) without dentoalveolar trauma, previous orthodontic treatment, or systemic conditions. Radiographs were analyzed using Real Statistics 8.3 (2023) with multivariate logistic regression, Chi-square tests, and sensitivity/specificity calculations ($\alpha=0.05$). **Results:** Vitamin D deficiency (<30 ng/mL) and elevated TSH (>4.5 $\mu\text{IU/mL}$) significantly predicted root resorption progression (OR=3.2, 95%CI:1.8-5.6; $p<0.001$). The regression model identified vitamin D as protective ($\beta=-0.45$, $p=0.02$) with 82% sensitivity and 76% specificity for severe resorption detection. Patients with optimal vitamin D showed 40% less resorption (95%CI:25-55%). **Conclusions:** Biochemical monitoring of 25-hydroxyvitamin D and TSH should be considered in orthodontic treatment planning to mitigate root resorption risks, particularly in metabolically compromised patients.

Keywords: Tooth Root Resorption, bone resorption, TSH, 25 – Hydroxyvitamin D.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de ortodoncia puede provocar complicaciones como reabsorción ósea, pérdida de dientes, fracturas dentales, exposición radicular, enfermedad periodontal, entre otros. ¹ Aunque depende de múltiples factores que predisponen su aparición, como lo son la genética, edad y sexo ², hábitos personales ^{3,4}, forma de la raíz y factores sistémicos ⁵, tales como la vitamina 1,25 dihidroxivitamina D, y hormona estimulante tiroidea (TSH), las cuales tienen factores relacionados con el tratamiento de ortodoncia ⁶. En concentraciones altas, las hormonas tiroideas inhiben el crecimiento óseo y estimulan la resorción, mientras que, en concentraciones bajas, estimulan el crecimiento y la calcificación del hueso, por lo tanto, son de especial consideración para un manejo adecuado en el tratamiento de ortodoncia⁷. Una de las complicaciones o efectos no deseados más comunes durante el tratamiento de ortodoncia es la reabsorción radicular. Esto se define como cualquier disminución en las longitudes radiculares de los dientes, desde el borde incisal hasta la punta de la raíz, observadas generalmente en radiografías.

La reabsorción radicular inducida por ortodoncia ocurre frecuentemente en dientes sometidos a fuertes fuerzas ortodóncicas durante un largo período de tiempo ⁸. A pesar de la extensa investigación en animales y humanos, el mecanismo exacto de la reabsorción radicular después del tratamiento de ortodoncia aún no se comprende completamente ⁹

La mayoría de los pacientes con ortodoncia tienen algún grado de reabsorción radicular u óseo, sin definir con exactitud la etiología en cada paciente, existen muchas causas de reabsorción radicular en pacientes con tratamiento ortodóncico entre estos factores biológicos y mecánicos (tipo de aparatología ortodóncica) que predisponen su aparición, incluida la deficiencia de hormonas (TSH) y la densidad ósea alveolar. Entre factores sistémicos se encuentran diferentes cambios hormonales, siendo estos posibles factores de riesgo y/o predicción de riesgo en pacientes a desarrollar reabsorción radicular ⁷.

En relación con la vitamina D en los tratamientos de ortodoncia, se ha comprobado que la hormona estimulante de tiroides (TSH), la vitamina D y la calcitonina, contribuyen a regular los niveles de calcio y fósforo, estimulando la resorción ósea. La vitamina D contribuye a inducir la diferenciación de osteoclastos de sus precursores y potenciando su actividad, lo que facilitará el movimiento dental durante la ortodoncia ⁵.

Esta investigación surge de la necesidad de observar el estado dentoalveolar en pacientes con problemas sistémicos relacionados con la TSH y alteraciones de la vitamina D durante el tratamiento de ortodoncia, ya que se desconoce los efectos del movimiento dental ortodóntico en casos de este tipo de alteraciones. Con este fin, el objetivo del presente estudio fue comparar el complejo dentoalveolar de los pacientes con y sin alteración en los niveles séricos de hormona TSH y 25 hidroxivitamina D sobre radiografía periapical magnificada al inicio y en seguimiento del tratamiento de ortodoncia.

MÉTODO

Este estudio retrospectivo de cohorte se realizó en las clínicas de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar de la Institución Colegios de Colombia UNICOC Bogotá sede Centro, previa aprobación por el comité de ética de la misma institución, se realizó conforme a los principios de la Declaración de Helsinki (2013) y los datos provenientes de las historias clínicas fueron anonimizados. El tamaño de la muestra se calculó con una potencia del 80%, un nivel de confianza del 95% y un error de 0.44, incluyendo 96 dientes de 12 pacientes (6 hombres y 6 mujeres) con edades entre 23 y 43 años. Los criterios de inclusión fueron: pacientes de ambos sexos con dentición anterior permanente (incisivos centrales superiores e inferiores), sin historial de trauma dentoalveolar ni tratamiento de ortodoncia previo, y cuyos casos no requirieran extracciones de premolares. Se excluyó a pacientes farmacodependientes, aquellos con tratamiento ortopédico previo (expansión con Hyrax o Williams), apiñamiento severo que dificultara la evaluación radiográfica, hábitos parafuncionales (bruxismo), mordida abierta anterior, embarazo/lactancia, o consumo de suplementos de calcio, vitamina D u omega 3.

Las radiografías periapicales magnificadas se obtuvieron de las historias clínicas del posgrado de Ortodoncia y Ortopedia Maxilar entre 2019 y 2024, correspondientes a dientes anteriores superiores e inferiores (n = 96). Todas las imágenes fueron tomadas en el centro radiológico de la red de clínicas UNICOC Bogotá (sede centro), utilizando equipos Gnatus Rayos X Timex 70 (pared, 127V). Para su inclusión en el estudio, las radiografías debían cumplir los siguientes requisitos: haber sido obtenidas en el mismo centro radiológico universitario, presentar calidad óptima con resolución adecuada en la zona de interés, y mostrar densidad y contraste apropiados para la identificación de reabsorción radicular y ósea.

La estandarización de las mediciones se realizó con un primer conjunto de medidas de radiografías periapicales tomadas de pacientes diferentes a la muestra, provenientes de la clínica de ortodoncia y ortopedia maxilar, fueron realizadas por el investigador principal (Gold Estándar) tanto de la reabsorción radicular como ósea tomando un grupo de 26 radiografías periapicales magnificadas, se valoraron por parte de los dos operadores de manera individual y a los 15 días se volvieron a analizar por parte de los operadores para evitar sesgos. Con el fin de estandarizar a los operadores se aplicó la prueba Kappa de Fleiss, evaluando el diagnóstico sobre hueso Inferior y superior, el valor Kappa en ambos

casos fue 1, con una significancia del 5% y $p = 0,000$ indicando una adecuada concordancia de las medidas.

Se procedió a realizar el análisis de las radiografías periapical magnificada comparando la inicial T0 con la de control T1, tomada en un rango de tiempo de 6 a 8 meses, para evaluar y cuantificar la reabsorción radicular, se utilizó el índice de Malmgren modificado, que ahora comprende seis puntuaciones ¹⁰. la pérdida ósea se evaluó en grados leve moderado y severo ¹¹ (Figura 1 a y b).

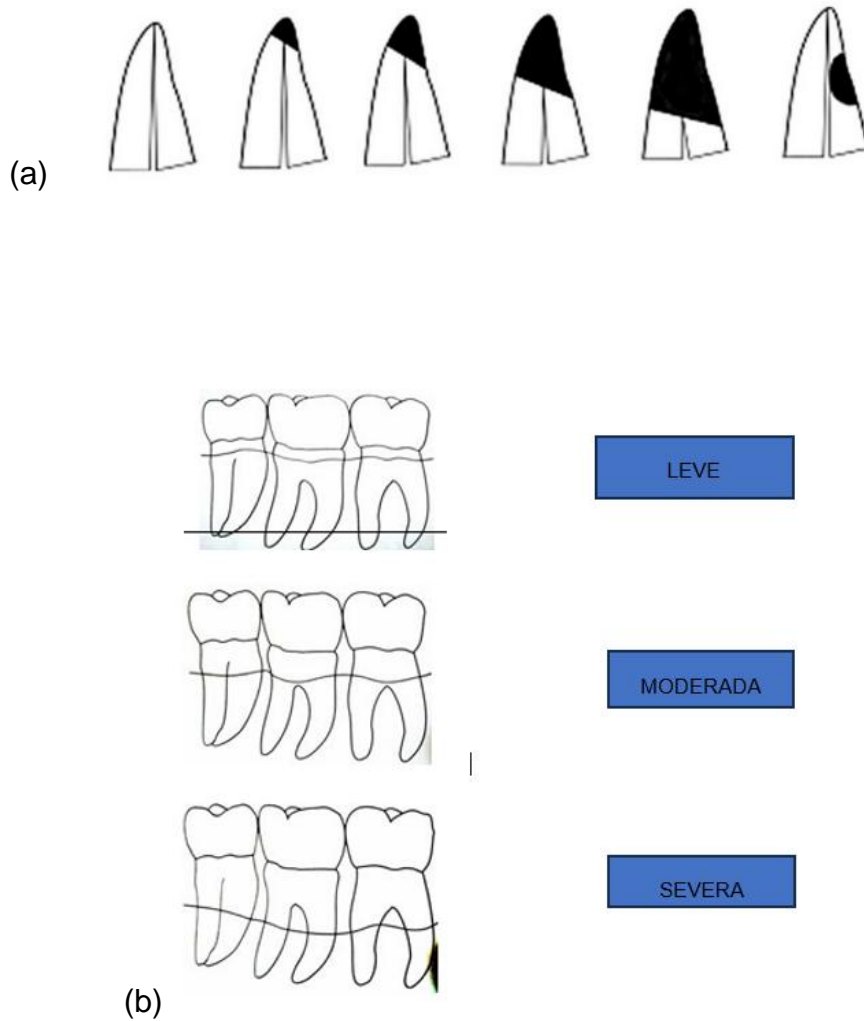


Figura 1 (a) Clasificación Malmgren modificada y (b) grado de severidad de Estado óseo.

Análisis Estadístico

Los datos fueron recolectados y consignados en una tabla de Excel donde se realizó el análisis a través de un Modelo de regresión logística multivariada, análisis de datos y se realizó por Prueba χ^2 , sensibilidad y especificidad. Todos los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el software Real Statistics versión 8.3 de agosto 2023 con un nivel de significancia de 0,05.

RESULTADOS

Al evaluar la reabsorción radicular mediante la prueba chi 2, se llevó a cabo una evaluación durante el tratamiento ortodóntico, con un enfoque particular en los pacientes que presentaban alteraciones en los niveles de vitamina D. Se incluyó un grupo de 19 pacientes y se evaluaron 96 dientes sobre radiografías periapicales magnificadas que comenzaron tratamiento de ortodoncia.

Como se observa en la tabla 1 al analizar en radiografía periapical el porcentaje de dientes que iniciaron con reabsorción radicular aun sin presentar alteraciones de vitamina D o TSH fue de 62,5% en grado 1, 27,5% grado 2, 2,5% grado 1 y 6,5% grado 2 y 6 y finalmente solo un 2,5% con grado 3 y 6. De los grados iniciales de reabsorción radicular solo un caso de grado 1 incremento en el grado de reabsorción en radiografía de seguimiento durante la ortodoncia a grado 2. Los casos restantes con grado 1 y 6 (2,5%) grado 2 y 6 (5,0%) y grado 3 y 6 (2,5%) se mantuvieron sin cambios comparativamente con la radiografía periapical de seguimiento (Tabla 1).

Tabla 1. Grados de Reabsorción Radicular Sin Alteraciones de 25-Hidroxivitamina D

NORMALES								
Raiz	Inicial	%	Control	%	Total	%	Valor P	
1	25	62,5%	24	60,0%	49	61,3%	0,9995	
2	11	27,5%	12	30,0%	23	28,8%		
1y6	1	2,5%	1	2,5%	2	2,5%		
2y6	2	5,0%	2	5,0%	4	5,0%		
3y6	1	2,5%	1	2,5%	2	2,5%		
Total	40	100,0%	40	100,0%				

Al realizar el análisis radiográfico periapical en pacientes con alteración de TSH y Vitamina D iniciaron en grado 1 un 33,9% y grado 2 un 46,4%, y en radiografía de seguimiento durante el tratamiento de ortodoncia se observó un incremento en el grado de reabsorción en dos casos pasando de grado 1 y grado 2 a grado 3 y grado 2 y 6 de Malgrem modificado respectivamente. Mientras que los casos restantes: grado 3 (5,4%), grado 4 (3,6%) grado 5 (5,4%) y grado 3 y 6 (3,6%) se mantuvieron en el mismo estado de reabsorción radicular observada inicial y en seguimiento durante el tratamiento de ortodoncia (Tabla 2).

Tabla 2. Grados de reabsorción Radicular con Alteraciones de 25 Hidroxivitamina D.

ALTERADOS								
Raiz	Inicial	%	Control	%	Total	%	Valor-P	
1	19	33,9%	18	32,1%	37	33,0%	0,998	
2	26	46,4%	25	44,6%	51	45,5%		
3	3	5,4%	4	7,1%	7	6,3%		
4	2	3,6%	2	3,6%	4	3,6%		
5	3	5,4%	3	5,4%	6	5,4%		
2y6	1	1,8%	2	3,6%	3	2,7%		
3y6	2	3,6%	2	3,6%	4	3,6%		
Total	56	100,0%	56	100,0%				

En cuanto al estado óseo, se llevó a cabo una comparación entre ambos grupos de pacientes: aquellos con niveles normales de TSH y elevados en inicio y seguimiento (Tabla 3) y aquellos con niveles normales de vitamina D y alterados en inicio y seguimiento (Tabla 4).

Tabla 3. Estado óseo en pacientes con TSH normal y alterados.

ESTADO ÓSEO CON TSH NORMAL								
	Inicial	%	Control	%	Total	%	Valor-P	
Leve	60	68,2%	60	68,2%	120	68,2%	1,000	
Moderado	24	27,3%	24	27,3%	48	27,3%		
Severo	4	4,5%	4	4,5%	8	4,5%		
Total general	88	100,0%	88	100,0%	176	100,0%		

* Z proportions test

ESTADO ÓSEO CON TSH ELEVADA								
	Inicial	%	Control	%	Total	%	Valor-P	
Moderado	4	50%	4	50%	8	50%	1,000	
Severo	4	50%	4	50%	8	50%		
Total general	8	100%	8	100%	16	100%		

* Z proportions test

Tabla 4. Estado Óseo en Pacientes con Vitamina D Normal y Elevado.

ESTADO ÓSEO CON VITAMINA D NORMAL								
	Inicial	%	Control	%	Total	%	Valor-P	
Leve	28	70%	28	70%	56	70%	1,000	
Moderado	12	30%	12	30%	24	30%		
Total general	40	100%	40	100%	80	100%		
* z proportions test								
ESTADO ÓSEO CON VITAMINA D ALTERADA								
	Inicial	%	Control	%	Total	%	Valor-P	
Leve	32	57%	32	57%	64	57%	1,000	
Moderado	16	29%	16	29%	32	29%		
Severo	8	14%	8	14%	16	14%		
Total general	56	100%	56	100%	112	100%		
* Z proportions test								

Los resultados de esta comparación revelaron que no se observaron diferencias significativas en la altura ósea entre el inicio y el seguimiento de ambos grupos: TSH normal y elevada y vitamina D normal y alterada, a lo largo del tratamiento ortodóntico. Sin embargo, aunque comparativamente en radiografía inicial y de seguimiento no se presentaron cambios a nivel óseo, si se observó que en el caso de alteración por elevación de TSH su estado inicial fue clasificado con presencia de alteraciones óseas severas en el maxilar superior y moderadas en el maxilar inferior.

DISCUSIÓN

Este estudio comparó el estado dentoalveolar de pacientes con y sin alteraciones en los niveles séricos de TSH y 25-hidroxivitamina D, utilizando radiografías periapicales magnificadas tanto al inicio como al seguimiento del tratamiento ortodóntico. Los resultados sugieren que las alteraciones en los niveles de vitamina D y TSH podrían influir en la progresión de la reabsorción radicular durante dicho tratamiento.

Fontana et al. (2012) ² analizaron la relación entre el polimorfismo TaqI del receptor de vitamina D y la resorción apical externa de las raíces durante el tratamiento de ortodoncia. En su estudio con 377 pacientes con maloclusión, observaron que los pacientes tratados ortodónticamente presentaron más resorción radicular que los no tratados. A pesar de que el genotipo con el alelo C mostró una ligera protección, este no resultó ser significativamente relevante. Sin embargo, nuestros resultados difieren, ya que observamos un aumento en el grado de reabsorción radicular en los pacientes con alteraciones de vitamina D durante el seguimiento, lo que sugiere que las alteraciones de vitamina D podrían influir en la progresión de la reabsorción radicular.

Por otro lado, Tehranchi et al. (2017) ⁷ evaluaron la relación entre los niveles de vitamina D y la reabsorción radicular apical inducida externamente en pacientes tratados con ortodoncia fija. No encontraron una correlación significativa entre los niveles de vitamina D y la reabsorción radicular ($P > 0,05$), sugiriendo que la deficiencia de vitamina D no influiría en la reabsorción radicular. Estos resultados no coinciden con los hallazgos del presente estudio, donde sí se encontró una mayor reabsorción radicular en los pacientes con alteraciones en los niveles de vitamina D.

Las discrepancias en los resultados podrían atribuirse a las diferencias en los métodos diagnósticos utilizados. En esta investigación, se aplicó el índice de Malgrem modificado sobre radiografías periapicales magnificadas, mientras que en el estudio de Tehranchi se emplearon radiografías no magnificadas y el índice de Mirabella et al.¹² para evaluar la reabsorción radicular.

Azizi et al. (2022) ¹³ también investigaron la relación entre los niveles de vitamina D y la reabsorción radicular en dientes anteriores maxilares durante el tratamiento ortodóntico fijo, sin encontrar una correlación significativa ($P = 0,423$). Estos resultados no coinciden con

los observados en este estudio, donde se identificó una relación entre los niveles de vitamina D y la reabsorción radicular en pacientes tratados ortodóncicamente.

La vitamina D juega un papel clave en la regulación del calcio y fósforo, estimulando la resorción ósea a través de los osteoclastos. Como se ha propuesto previamente, la vitamina D podría mejorar la estabilidad dental al promover la formación ósea (Almoammar, 2018) ⁵. Los hallazgos del presente estudio parecen confirmar esta teoría, ya que los pacientes con deficiencia de vitamina D presentaron un mayor grado de reabsorción radicular, especialmente aquellos que pasaron de grados 1 a 3, o de grado 2 a 6, lo que indica una progresión más rápida de la reabsorción en estos pacientes.

Kawakami (2004) ¹⁴ evaluó el efecto de la 1,25-dihidroxitamina D3 sobre la formación de hueso alveolar durante el movimiento dental en ratas. Sus resultados mostraron que la aplicación de 1,25(OH)2D3 estimuló la formación de hueso alveolar, especialmente en las zonas de tensión, reforzando la idea de que la vitamina D puede influir en la regeneración ósea tras el tratamiento ortodóntico. En este estudio, la medición de los niveles de vitamina D en pacientes también confirmó que la deficiencia de esta vitamina está asociada con un mayor riesgo de reabsorción radicular.

En cuanto a la hormona estimulante de tiroides (TSH), varios estudios, como el de Poumpros et al. (1993) ¹⁵, sugieren que la tiroxina podría influir en la resorción radicular inducida por las fuerzas ortodónticas. En su investigación con ratas tratadas con tiroxina, observaron menos lesiones de reabsorción radicular en comparación con el grupo control. Este hallazgo coincide con los resultados de nuestro estudio, que también mostró una relación entre los niveles de TSH y la reabsorción radicular en pacientes tratados ortodónticamente.

Rubiano et al. (2013) ¹⁶ asociaron la reabsorción radicular externa con alteraciones hormonales tiroideas, observando que un 65% de los pacientes con alteraciones hormonales presentaron reabsorción radicular. Este resultado concuerda con los de nuestro estudio, en el que se observó un paciente con TSH elevada que mostró una severa reabsorción ósea en el maxilar superior e inferior al inicio del tratamiento. Además, se evidenció una progresión en la reabsorción radicular en dicho paciente entre la radiografía inicial y la de seguimiento, lo que sugiere que las alteraciones hormonales tiroideas pueden influir en el estado radicular de los pacientes.

El pronóstico de los pacientes fue favorable siempre y cuando se tomaran las medidas necesarias para controlar las fuerzas ortodónticas, realizar controles radiográficos periódicos y exámenes de laboratorio para monitorear los niveles de TSH y vitamina D, así como el uso adecuado de la terapia farmacológica.

Es importante señalar que el estado dentoalveolar y los niveles de vitamina D son factores multifactoriales, influenciados por aspectos genéticos, biológicos y ambientales ¹⁷. La etiología de la reabsorción radicular es compleja y puede estar asociada con enfermedades sistémicas. La morfología del ápice radicular también influye en el riesgo de reabsorción, ya que los ápices más afilados pueden concentrar las fuerzas, aumentando la probabilidad de reabsorción¹⁸.

Aunque las radiografías periapicales magnificadas son útiles, la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) es más precisa para evaluar la reabsorción radicular. En este estudio, debido a razones éticas, no fue posible realizar un seguimiento prospectivo longitudinal con estas técnicas. A pesar de las limitaciones del estudio, los resultados sugieren que la evaluación periódica mediante radiografías periapicales magnificadas y la medición de los niveles de vitamina D y TSH son fundamentales para prevenir complicaciones durante el tratamiento ortodóntico. Se recomienda que futuros estudios incrementen el tamaño de muestra para lograr resultados más representativos. Dado que la reabsorción radicular es un fenómeno tridimensional, el uso de CBCT (Tomografía Computarizada de Haz Cónico) permitiría una evaluación más precisa. Asimismo, sería conveniente controlar posibles variables de confusión, como la edad, el sexo y la presencia de enfermedades sistémicas, igualmente utilizar los valores de T3 y T4 adicionalmente. Las recomendaciones anteriores podrían contribuir a obtener conclusiones más confiables respecto a la relación entre los niveles de vitamina D, TSH y la reabsorción radicular y ósea.

CONCLUSIÓN

No se encontraron diferencias significativas en la reabsorción ósea entre pacientes con alteraciones en TSH y deficiencia de vitamina D, lo que sugiere que no están directamente relacionadas con la reabsorción ósea en este estudio.

La 25 hidroxivitamina D y la TSH pueden influir en la reabsorción radicular, pero no se relacionan directamente con la reabsorción ósea en este estudio.

La deficiencia de vitamina D aumenta la reabsorción radicular en pacientes con ortodoncia, lo que resalta la importancia de evaluar factores como genética, maloclusión y enfermedades sistémicas para individualizar los tratamientos y minimizar efectos secundarios.

Se hace indispensable realizar previo al tratamiento de ortodoncia una medición de TSH, T3-T4 e 25 hidroxivitamina D y de esta manera sugerir al paciente realizar su nivelación con endocrino antes de realizar el tratamiento ortodóntico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Colegios de Colombia (UNICOC) y a las doctoras Liliana Jara, Luz Andrea Velandia y al Doctor Gerardo Ardila Docentes del Colegio Odontológico Colombiano UNICO, por su apoyo, colaboración e incondicionalidad en el desarrollo del presente trabajo.

CONFLICTOS DE INTERES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

FINANCIACIÓN

Esta investigación no recibió financiación externa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Sarmiento-Ramón MP, García-Medina JS, Botero-Restrepo D, Lopera-Cañaverl MV, Niño-Serna LF. Characterization of serum vitamin D levels in pediatric patients with chronic lymphocytic thyroiditis. *Bol Med Hosp Infant Mex.* 2022 May-Jun;79(3):161-9.
2. Fontana ML, De Souza CM, Bernardino JF, Hoette F, Hoette ML, Thum L, et al. Association analysis of clinical aspects and vitamin D receptor gene polymorphism with external apical root resorption in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012 Sep;142(3):339-47.
3. Rojas RA, Lozano-Chourio MA, Ruiz-Rojas AL. Reabsorción radicular en ortodoncia: revisión de la literatura. *Acta Odontol Venez.* 2009;28(60):45-51.
4. Villaman-Santacruz H, Torres-Rosas R, Acevedo-Mascarúa AE, Argueta-Figueroa L. Root resorption factors associated with orthodontic treatment with fixed appliances: A systematic review and meta-analysis. *Dent Med Probl.* 2022;59(3):437-50.
5. Almoammar K. Vitamin D and orthodontics: An insight review. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2018;10:165-70.
6. Fuss Z, Tsesis I, Lin S. Root resorption - Diagnosis, classification and treatment choices based on stimulation factors. *Dent Traumatol.* 2003 Aug;19(4):175-82.
7. Tehranchi A, Sadighnia A, Younessian F, Abdi AH, Shirvani A. Correlation of Vitamin D status and orthodontic-induced external apical root resorption. *Dent Res J (Isfahan).* 2017;14(6):403-9.
8. Apajalahti S, Peltola JS. Apical root resorption after orthodontic treatment - a retrospective study. *Eur J Orthod.* 2007 Aug;29(4):408-12.
9. Kacprzak A, Strzecki A. Methods of accelerating orthodontic tooth movement: A review of contemporary literature. *Dent Med Probl.* 2018;55(2):197-206.
10. Alamadi E, Alhazmi H, Hansen K, Lundgren T, Naoumova J. A comparative study of cone beam computed tomography and conventional radiography in diagnosing the extent of root resorptions. *Prog Orthod.* 2017 Dec;18(1):37.
11. Orozco M. Manual de prácticas de periodoncia. 1a ed. Bogotá: Editorial Médica Panamericana; 2006.
12. Mirabella AD, Årtun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995 Jul;108(1):48-55.

13. Azizi F, Karami N, Golshah A, Imani MM, Safari-Faramani R. Effect of Serum Level of Vitamin D on External Apical Root Resorption in Maxillary Anterior Teeth in Patients under Fixed Orthodontic Treatment. *Int J Dent.* 2022;2022:5560113.
14. Kawakami M, Takano-Yamamoto T. Local injection of 1,25-dihydroxyvitamin D3 enhanced bone formation for tooth stabilization after experimental tooth movement in rats. *J Bone Miner Metab.* 2004;22(6):541-6.
15. Poumpros E, Loberg E, Engström C. Thyroid function and root resorption. *Angle Orthod.* 1994;64(5):389-93.
16. Martínez K, Rojas N, Villamizar C, Malaver P, Pachón MA. External root resorption of central incisors in patients with primary hypothyroidism quantified with computed tomography. *Acta Odontol Latinoam.* 2013;26(2):79-85.
17. Zhang D, Yang YQ, Li XT, Fu MK. The expression of osteoprotegerin and the receptor activator of nuclear factor kappa B ligand in human periodontal ligament cells cultured with and without 1 α ,25-dihydroxyvitamin D3. *Arch Oral Biol.* 2004 Jan;49(1):71-6.
18. Al-Attar A, Abid M. The Effect of Vitamin D3 on the Alignment of Mandibular Anterior Teeth: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Int J Dent.* 2022;2022:4078923.

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 a y b. (a) Clasificación Malmgren modificada y (b) grado de severidad de estado óseo.