

Uso de la tomografía computarizada de haz cónico para el estudio de la densidad ósea en el tratamiento ortodóncico. Una revisión de la literatura.

Use of the cone beam computed tomography for the study of bone density in orthodontic treatment. A review of the literature.

S. Conde-López*, G. A. Fiori-Chicano**, J. Llaguno-Rubio***, L. E. Arriola-Guillen****

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar la utilidad de la TCHC (Tomografía Computarizada de Haz Cónico) para la medición de la densidad ósea en tratamientos ortodóncicos mediante la revisión de la literatura. La aplicación de fuerzas en el tratamiento ortodóncico es la responsable de una serie de respuestas biológicas que se dan en el ligamento periodontal y hueso alveolar. En la remodelación ósea ocurre el proceso de reabsorción y aposición, en consecuencia, el nuevo hueso formado presenta una nueva densidad ósea. La DMO (Densidad Mineral Ósea) es la cantidad de minerales (por lo general calcio y fósforo) contenidos en un volumen de hueso, esto incluye porosidad, médula y matriz ósea. La adición de estos minerales es lo que hace que el hueso sea más o menos denso. Debido a esto, es importante cuantificar la DMO en pacientes previo a un tratamiento ortodóncico. La cuantificación de la DMO habitualmente se realiza con las Unidades Hounsfield (UH), medida estándar de la Tomografía Computarizada Médica (TCM), sin embargo, con el avance de la tecnología en odontología se empezaron a realizar mediciones de la DMO, con un equivalente a las UH, llamadas escala de valores de grises; esta variación de grises es la forma de cuantificar la DMO con la TCHC. Con este avance tecnológico se ha logrado una disminución en la cantidad de dosis de radiación al paciente; por consiguiente, menor tiempo de exposición, menor costo y mayor resolución; es por estas razones que se podría considerar a la TCHC una de la mejor opción para evaluar la DMO.

PALABRAS CLAVE: Densidad Ósea; Ortodoncia; Tomografía Computarizada de Haz Cónico.

ABSTRACT

The objective of this work is to determine the utility of TCHC (Cone Beam Computed Tomography) for the measurement of bone density in orthodontic treatments by reviewing the literature.

The application of forces in orthodontic treatment is responsible for a series of biological responses that occur in the periodontal ligament and alveolar bone; In the remodeling, the process of reabsorption and apposition occurs, consequently, the new bone formed presents a new bone density.

BMD (Bone Mineral Density) is the amount of minerals (usually calcium and phosphorous) contained in a volume

* Escuela de Odontología, Universidad Nacional Autónoma de México. División de Radiología Oral y Maxilofacial, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú. Email: susanaconde_2506@hotmail.com

** División de Radiología Oral y Maxilofacial, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.
Email: academico@ilaeperu.com

*** División de Radiología Oral y Maxilofacial, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.
Email: gfiori@ilaeperu.com

**** División de Ortodoncia, Carrera de Estomatología, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.
Email: luchoarriola@gmail.com

of bone, this includes porosity, marrow and bone matrix. The agglutination of these minerals is what makes the bone more or less dense. Due to this, it is important to quantify the BMD in patients prior to orthodontic treatment. Quantification of BMD is usually done with the Hounsfield Units (UH), the standard measure of Medical Computed Tomography (TCM), however, with the advancement of technology in dentistry, BMD measurements are started, with an equivalent to the UH, called gray value scale; this gray variation is the way to quantify the BMD with the TCHC.

With this technological advance, a decrease in the amount of patient filing has been achieved, by reflection, shorter exposure time, lower cost and higher resolution. That is why you might consider a better option for evaluating BMD.

KEY WORDS: Bone density; Orthodontics; Cone-Beam Computed Tomography.

Fecha de recepción: 20 de agosto de 2020

Fecha de aceptación: 20 de septiembre de 2020

S. Conde-López, G. A. Fiori-Chicano, J. Llaguno-Rubio, L. E. Arriola-Guillen. *Uso de la tomografía computarizada de haz cónico para el estudio de la densidad ósea en el tratamiento ortodóncico. Una revisión de la literatura.* *Avan Odonto.* 2021; 37 (4): 152-159.

INTRODUCCIÓN

Entre los distintos estudios que se han realizado en torno al efecto del tratamiento de ortodoncia, las conclusiones respecto a los cambios en la densidad alveolar han sido variadas ya que, mientras algunos mencionan que el movimiento dental ortodóncico puede disminuir la densidad ósea alrededor de los dientes, otros reportan este suceso como un hecho inconsistente, ya que podría estar relacionado con el biotipo facial del paciente o con las distintas respuestas de remodelación condicionadas al tipo y magnitud de la fuerza del movimiento aplicados durante el tratamiento de ortodoncia⁽¹⁾.

En literatura revisada se ha reportado que las proteínas DMP1 (proteína de matriz de dentina 1) y DSPP (sialofosfoproteína dentinaria) se presentan en los osteocitos; estos últimos tienen un rol importante en el desarrollo y mantenimiento del tejido óseo debido a que responden al estrés mecánico al que está sometido el hueso. Estas proteínas también son responsables de los cambios estructurales en la matriz y superficie de la dentina ya que se encuentran en la predentina, odontoblastos y túbulos dentinarios⁽²⁾.

Al igual que los osteocitos, las proteínas DMP1 y DSPP desempeñan papeles biológicos clave en el aumento de la mineralización de la dentina causada por el estrés mecánico durante el movimiento del diente; esto permite que la función biomecá-

nica ayude a prevenir la ruptura del esmalte; sin embargo, la mineralización también ocurre en el hueso probablemente debido a la renovación completa de éste durante el movimiento del diente en sus procesos de aposición y reabsorción ósea⁽³⁾.

Algunos autores afirman que la densidad ósea indica una adición activa de minerales, es decir que, a mayor cantidad de minerales, mayor densidad ósea, lo cual puede deberse a las fuerzas de carga de los músculos sobre tejido óseo y estructuras dentarias. De igual manera, el cambio de la disposición y ubicación de la masa mineral durante el desarrollo podría, revelar los sitios de crecimiento, por lo que el hueso neoformado resultante tendría un bajo grado de mineralización, además de una reducción a corto plazo de la densidad mineral del hueso que rodea al diente, lo cual podría afectar su resistencia estructural. Por tal motivo, el conocimiento de estas características son de gran utilidad para la planificación y desarrollo de tratamientos ortodóncicos⁽²⁾.

Debido a la modelación y remodelación ósea activa causada por complicaciones óseas originadas por enfermedades o cirugías de implantación, la distribución de la densidad mineral del tejido óseo se ve alterada. Para determinar la cantidad de masa mineral contenida en un cierto volumen de estructura, aquella se representa en unidades por área en imágenes bidimensionales o por volumen en imágenes tridimensionales⁽³⁾; posteriormente, para cuantificar la densidad mineral ósea en el

primer tipo, se pueden utilizar diversos métodos como el análisis de imágenes digitales de micro radiografías, la absorciometría de fotón único; la absorciometría de fotón doble; la absorciometría de rayos X de energía dual (DEXA) y la ecografía cuantitativa; sin embargo, estos métodos tienen limitaciones en sus técnicas, ya que la densidad de las estructuras óseas, se evalúa a través de imágenes superpuestas y por ello, no proporcionan información tridimensional⁽⁴⁾.

Con base en esta información, diversos estudios han analizado si la TCHC puede evaluar la densidad mineral ósea (DMO) oral del paciente. Algunos mencionan que la TCHC tiene desventajas frente a la Tomografía Computarizada Medica (TCM) o Tomografía Computarizada Multidetector (TCMD) al tener mayor ruido y menor contraste; sin embargo, aunque la fiabilidad de aquella en cuanto a la medición de la densidad mineral no se ha validado por completo, cuenta con ventajas como: menor costo, dosis de radiación relativamente es más baja y tiene mayor resolución por lo que podría considerarse una mejor opción para evaluar la densidad mineral ósea⁽⁵⁾.

La investigación de la distribución tridimensional de la densidad ósea permite tener una evaluación más completa de la relación entre la deformación adaptativa del tejido óseo y su entorno biomecánico, ya sea con la aplicación de fuerzas externas o con las ocasionadas por tratamientos de ortodoncia, las cuales son responsables de una serie de respuestas biológicas en el tejido óseo. Por este motivo, el conocimiento de la densidad ósea del complejo maxilofacial tiene numerosas ventajas tanto en la investigación como en la práctica dental⁽⁶⁾, siendo así el propósito de esta investigación bibliográfica es determinar la efectividad de la TCHC en la medición de la densidad ósea en pacientes durante y después del tratamiento de ortodoncia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda de la literatura en las principales fuentes de información como Medline (vía PubMed), El SEVIER, SCIELO, LILACS, usando los términos de búsqueda con una limitación de fecha de los últimos 10 años. Los artículos seleccionados debían incluir información referente a tomografía computarizada de haz cónico y su uso

en ortodoncia, densidad mineral ósea, Unidades Hounsfield, mediciones de los valores de grises, mediciones del hueso alveolar con TCHC antes y después de un tratamiento ortodóncico.

RESULTADOS

PROCESO DE OSIFICACIÓN Y MINERALIZACIÓN DE LOS MAXILARES

Se encontraron 16 artículos referentes al tema donde se menciona que entre los osteoblastos craneales –particularmente en el origen embriológico– (cresta neural contra mesodermo paraxial), y el tipo de osificación (intramembranoso frente endocondral), existe una complicada diferenciación a nivel celular⁽⁷⁾.

Los huesos son estructuras complejas derivadas de dos procesos de osificación: intramembranosa y endocondral; ambos procesos inician a diferenciarse a partir de células mesenquimatosas (CMS)⁽⁸⁾. La osificación endocondral consta de 5 etapas: 1) las CMS se diferencian en condrocitos; 2) se aglomeran; 3) aumentan de tamaño de 5 a 10 veces y se llaman condrocitos hipertróficos; 4) las matrices se mineralizan por el fosfato de calcio y comienza la impregnación osteoclástica; 5) se produce la introducción vascular, lo que conduce a la apoptosis del condrocito y a la diferenciación osteoblástica⁽⁹⁾.

La creación del hueso endocondral es posible por varios morfógenos y factores de crecimiento⁽⁷⁾ para lograr el proceso de osificación endocondral se requiere de la proteína CCN2/FCTC (factor de crecimiento de tejido conectivo), y otras proteínas adicionales⁽⁹⁾. La idea de que la formación del hueso endocondral es precedida por la apoptosis de los condrocitos hipertróficos, perduró por bastante tiempo⁽¹⁰⁾; sin embargo, en estudios recientes se menciona que estos últimos pueden sobrevivir más allá de la diferenciación final incluso, iniciar una progenie de osteoblastos que contribuyen a la formación de hueso endocondral⁽¹¹⁾.

La osificación intramembranosa inicia cuando las CMS que provienen de la cresta neural se diferencian en osteoblastos, es decir, células especializadas formadoras de hueso; estos crean un centro de osificación en donde segregan una matriz de colágeno-proteoglicanos no mineralizada que, al

unirse al calcio, da como resultado un osteoide. De esta manera se crea una matriz mineralizada y donde se segregan los osteocitos, lo cual permite la formación del hueso trabecular y el periostio. Así, los osteoblastos y los osteoides forman capas de hueso compacto o cortical alrededor de aquella matriz⁽¹²⁾. Aunque la osificación de los huesos endocondrales generalmente se da entre la 8^{va}. y 12^{va}. semana gestacional, la mayor parte de la mineralización de los tejidos óseos se realiza en el tercer trimestre de gestación.

La literatura menciona que hay dos depósitos de cristales minerales dentro de las fibrillas del colágeno: en el primero se halla en la terminal carboxil- amino con triple hélice de colágeno; y en el segundo se encuentra en el depósito mineral existente entre los espacios de las fibrillas. Es importante conocer esta información ya que la mineralización ocurre en dos etapas: la primaria se da cuando el hueso está formado recientemente, y la secundaria se prolonga durante meses a un ritmo lento; esta última puede ser interrumpida cuando las moléculas de agua que no se unen a la matriz ósea y son sustituidas por minerales⁽¹³⁾. Para que esto sea posible, el colágeno es un factor fundamental ya que, en el caso de los huesos intramembranosos, la mineralización se da directamente por la matriz extracelular (mec) rica en colágeno tipo I; y, por su parte, en los huesos endocondrales inicia simultáneamente en dos sitios: 1) al centro del cartílago, en el cual la matriz de colágeno tipo X sirve como andamiaje mineral; y 2) alrededor del cuello del hueso, donde la proteína principal de andamiaje es el colágeno tipo I derivado del osteoblastos, por lo que aquél se convertirá en trabecular más tarde⁽¹⁴⁾.

Anualmente, el hueso pasa por un proceso de recambio óseo de aproximadamente 7.5% al cual se le denomina “proceso de modelación y remodelación”; en el primero están presentes las CMS osteoblastos y en el segundo las CMS osteoclastos⁽⁵⁾. Durante la remodelación del tejido óseo, éste adquiere un grado alto de heterogeneidad mineral por el continuo reemplazo de nuevos paquetes óseos cuya repartición es denominada “distribuciones de densidad mineral ósea” (Ds DMO).

La remodelación ósea es un proceso activo equilibrado en el cual se elimina hueso viejo y se forma uno nuevo gracias a los osteoclastos y osteoblastos, respectivamente⁽¹⁵⁾; garantiza la flexibilidad

del hueso y la adaptación a los desequilibrios óseos como la osteopetrosis (aumento en la masa ósea) y la osteoporosis (disminución en la masa ósea); además, mantiene la integridad y la fuerza del hueso⁽¹⁶⁾. Algunas investigaciones la clasifican en tres etapas continuas controladas por factores humorales que intervienen en la comunicación entre las células óseas para mantener el equilibrio esquelético; éstas son: 1) la resorción, dada por los osteoclastos; 2) la transformación del catabolismo a anabolismo; y 3) la formación ósea, dada por los osteoblastos. Durante el proceso de remodelación, tiene lugar el acoplamiento, un proceso en que se asocia la reabsorción con la formación ósea; en este proceso intervienen factores importantes como la IGF-1 (Factor de Crecimiento Insulínico tipo 1) y TGF- (Factor de Crecimiento Transformador- Beta), las cuales son derivadas durante la resorción para mantener el equilibrio óseo⁽¹⁷⁾.

VARIACIÓN DE LA DENSIDAD ÓSEA EN PACIENTES CON ORTODONCIA

Se encontraron 28 artículos relacionados al tema donde se menciona que los tratamientos ortodóncicos producen cambios en los tejidos duros y blandos que rodean a las piezas dentarias debido a que las fuerzas mecánicas de la ortodoncia generan modelación y remodelación en el hueso alveolar. Por este motivo, es importante conocer los efectos de los movimientos ortodóncicos en cuanto a la densidad ósea, el grosor de las corticales, reabsorciones radiculares y su repercusión en los tejidos blandos⁽¹⁷⁾.

Varios estudios indican que la densidad ósea cambia significativamente antes, durante y después del tratamiento ortodóncico. Esto se debe a que, en lado de compresión, los osteoclastos son los encargados de reabsorber el hueso; y, en el lado de tensión, los osteoblastos se encargan de generar el nuevo hueso. Para la evaluación de la densidad ósea se deben utilizar las unidades Hounsfield (UH) ya que a partir de ellas se pueden cuantificar los cambios relativos en el hueso alveolar⁽¹⁸⁾.

La literatura menciona los cambios que se dan en la densidad ósea previa, simultánea y posteriormente al tratamiento ortodóncico, y menciona que antes y durante el tratamiento hubo una reducción

significativa de la densidad alrededor de los dientes con un promedio de $23.36\% \pm 10.33\%$. Por otra parte, durante el tratamiento y hasta varios meses después de terminado, se observó un aumento importante de la densidad del $31.81\% \pm 23.80\%$. Con base en estos datos, es posible concluir que la densidad ósea se reduce durante el tratamiento y que, aunque hubo una recuperación en ésta después de un período posterior a la culminación del tratamiento, en un 10% de las piezas dentales no lograron recuperar el 80% de su densidad inicial anterior al tratamiento⁽¹⁾.

Actualmente, son pocos los artículos que han empleado la TCHC para estudiar los cambios en el espesor del hueso alveolar como resultado de tratamientos ortodónticos. Debido a que se han utilizado distintas metodologías como: la edad de los pacientes a estudiar, los periodos de seguimiento, el lugar y tamaño de la muestra a analizar, la técnica de ortodoncia empelada⁽¹⁹⁾ y las distintas marcas de equipos de TCHC (por las mediciones de las escalas de grises), por lo cual los informes reportados han sido contradictorios.

Distintos estudios han reportado que la adaptación mecánica del hueso alveolar es el resultado a las fuerzas ortodónticas mediante el proceso de reabsorción y aposición. Asimismo, hay repercusión en el ligamento periodontal, donde la reacción depende de la posición espacial de la pieza, anulación, morfología de la raíz, y al ancho y altura del diente. Aunado a esto, la reacción ósea a las fuerzas del tratamiento se ven afectadas por la fisiología, anatomía y la respuesta ósea del paciente. El hueso alveolar puede ser considerado el límite en los movimientos ortodónticos ya que, al superarlo, se pueden causar daños en los tejidos periodontales; por ejemplo, en el mejor de los casos, la recesión gingival y la pérdida de inserción; en una situación más crítica, la dehiscencia, fenecciones e incluso avulsiones de la raíz⁽²⁰⁾.

Los resultados obtenidos en estudios histopatológicos han indicado que la reabsorción ósea es alta durante el movimiento ortodóntico debido a la presencia de un marcador óseo osteoclástico que se libera rápidamente llamado catepsina K, mientras que, en el lado de aposición, el proceso es lento debido a la baja regulación de la hormona osteocalcina. Una vez terminada la resorción ósea, las células depositadas en las lagunas de Howship (que son pequeñas concavidades que tienen lugar

en la superficie de los huesos y de la dentina producidas por la erosión de osteoclastos) y se colocan nuevas capas óseas donde se introducen las fibrillas periodontales, lo cual da como resultado la recuperación del mecanismo de fijación en los sitios de reabsorción, cemento radicular, dentina secundaria y en la pared ósea alveolar⁽¹⁷⁾.

Debido a esto, en la literatura continúa la controversia para definir si clínicamente existen cambios significativos en el hueso alveolar durante los tratamientos ortodónticos: algunos mencionan que se reportan daños potenciales en los tejidos periodontales debido a las excesivas fuerzas ortodónticas, lo cual provoca una disminución en la altura del hueso alveolar; contrariamente, otros informan que no hay modificación significativa después de un tratamiento de ortodoncia⁽²¹⁾.

A pesar de que la medición cuantitativa de la densidad ósea basada en la TCM/TCMD se considera más precisa, se considera que la TCHC es una mejor opción por ser un método menos invasivo en cuanto a la radiación, además de ser de menor costo; en esta última se puede evaluar la densidad ósea a través de los valores de grises, aunque se ha optado por denominar a esas unidades como pseudo-Hounsfield⁽²²⁾ debido a que existe controversia respecto a su confiabilidad. Sin embargo, gracias a los avances tecnológicos de software y hardware, estudios recientes han mencionado que las mediciones de la densidad ósea ya pueden ser consideradas precisas en las UH a través de una curva de calibración de los valores de grises⁽²²⁾. Es importante tomar en cuenta que, aunque las UH obtenidas en la TCHC no son derivadas de la TCM/TCMD, sí proporcionan información valiosa sobre los cambios de la DMO cuando las tomas y las mediciones se realizan con el mismo equipo y software⁽²³⁾.

LA APLICACIÓN DE LOS VALORES DE GRISES PARA IDENTIFICAR LA DENSIDAD ÓSEA EN TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO

Se encontraron 18 artículos concernientes al tema donde mencionan que la composición química del hueso es 30% de proteína orgánica (especialmente colágeno y otras proteínas), 30% de agua y 40% de minerales (p. e. fosfato y carbonato de calcio)⁽⁵⁾; está constituido por una parte cortical externa y una esponjosa interna; la parte central de esta

última está formada por trabéculas óseas conformadas por varios espesores y niveles de porosidad, por lo que puede formar hueso esponjoso con diversos grados de rigidez estructural⁽²⁴⁾.

Por densidad ósea se entiende la cantidad de minerales (calcio y fósforo) que contiene cierto volumen de hueso, por lo que sólo se valora el contenido de aquéllos cuando se realizan mediciones para conocerla⁽⁴⁾. La obtención de estas mediciones es fundamental para el éxito en los tratamientos ortodóncicos. Existen varios métodos para realizar la medición de la DMO, el primero es la TCM/TCMD en la cual los resultados son medidos en UH debido a que son consideradas un registro estándar; no obstante, este método representa algunas desventajas como alto costo, mayor radiación y tiempo prolongado al tomar la prueba. Una segunda opción es la absorciometría de rayos X de energía dual DEXA que también es considerado un estándar de oro para la medición de la DMO, y los resultados se miden a través de puntuación "T" o "T. DMO"; sin embargo, también tiene desventajas como: costo elevado, el equipo tiene un tamaño mayor e interpretar los resultados representa cierta dificultad, por lo que su utilidad es limitada⁽²⁵⁾.

La tercera opción para la medición de la DMO es en la TCHC que consigue evaluarla a través de los valores de grises; esta modalidad presenta ventajas sobre las dos anteriores como un menor costo, mejor manejo de equipo, una disminución en la dosis de radiación, y permite realizar mediciones en los sitios más precisos como los lados de presión y tensión durante el movimiento ortodóncico, lo cual la convierte en una mejor opción^(21, 25-27).

En los últimos años se han documentado estudios comparativos entre TCM versus TCHC⁽²⁸⁾, al igual que DEXA versus TCHC⁽²⁵⁾ y se ha obtenido una correlación significativa en sus mediciones de DMO. Aunque la TCHC no es un método que permita el diagnóstico de una enfermedad ósea, sí funciona como herramienta de detección; incluso, se ha llegado a la conclusión de que puede ser de ayuda al evaluar las condiciones de los pacientes que serán sometidos a tratamientos ortodóncicos o dentales de cualquier índole.

Estudios recientes han realizado mediciones en valores de grises en distintas partes de la maxila y columna lumbar, los resultados han sido semejantes y

muestran un dato importante: las densidades óseas del maxilar y la columna lumbar tienen una correlación relevante. De la misma forma, se ha observado correspondencia entre la tuberosidad del maxilar, la columna vertebral y la espina lumbar⁽²⁵⁾.

Varios autores indican que no se han hallado diferencias significativas entre radiografías convencionales y la TCHC en planificaciones de tratamientos de casos específicos⁽²⁹⁾; además, en varias investigaciones el uso de la TCHC se ha utilizado para evaluar la densidad ósea y el hueso alveolar antes, durante y después de los tratamientos de ortodoncia, en pacientes con distintas características: edad, sexo, con diferentes dimensiones verticales, con mediciones en piezas dentales específicas, en zonas apicales e interradiculares, y se han reportado con éxito^(1, 3, 5, 18, 21, 23, 30-35). Con base en ello, también se ha llegado a la conclusión de que el uso de la TCHC debe contar con una justificación diagnóstica, ya que no se recomienda su uso de forma habitual para pacientes que vayan a iniciar tratamiento de ortodoncia, o estén ya en un tratamiento ortodóncico.

DISCUSIÓN

A pesar de que la TCHC se utiliza con mayor frecuencia en la odontología, se debe considerar que su uso debe tener una justificación, ya sea que los estudios convencionales no proporcionan los datos suficientes para realizar un diagnóstico certero, o que aquélla mejore el diagnóstico del paciente. Por este motivo, algunos ortodoncistas estiman que el estudio panorámico y cefalométrico son adecuados para los registros iniciales y finales para la mayoría de los tratamientos ortodóncicos.²⁹ Por lo tanto el propósito de esta investigación fue determinar la efectividad de la TCHC en la medición de la densidad ósea en pacientes con tratamientos ortodóncicos.

A lo largo de la vida, el hueso está en constante modelación y remodelación ósea. El primer procedimiento se da mediante el cambio de forma o tamaño como consecuencia de influencias fisiológicas o fuerzas mecánicas; el segundo se ocurre para que el hueso pueda preservar su fuerza y su homeostasis mineral, a menos que haya una fractura, ya que en esos casos se observa un aumento en la formación de hueso. Debido a que la modelación ósea es común en la infancia y la remodela-

ción prevalece en la edad adulta, los tratamientos ortopédicos y ortodóncicos tienen mayor efectividad si se realizan entre la niñez y la adolescencia⁽³⁶⁾.

Los resultados obtenidos en los estudios de variación de densidad ósea aplicados en pacientes con tratamientos ortodóncicos mediante la TCHC son muy diversos porque se han llevado a cabo en distintas condiciones, por ejemplo: en pacientes antes, durante y después del tratamiento ortodóncico; en huesos humanos secos, en fantasmas (cilindros de acrílico, con materiales de diferentes densidades); en animales e incluso en cadáveres de éstos. Por este motivo y porque existen factores en la TCHC que pueden afectar los valores de grises como son: el volumen del dispositivo, parámetros de adquisición de imágenes, el tamaño del FOV, los objetos dentro y fuera del campo de visión⁽³⁷⁾, existen posturas opositoras a su uso. Sin embargo, en la literatura se ha reportado que la variabilidad en los resultados obtenidos es consecuencia de la falta de estandarización por parte de los fabricantes en la escala de grises que se maneja en cada equipo^(28, 37-40).

Existe controversia respecto a la evaluación a la DMO por parte de los sistemas de TCHC, debido a que algunos autores consideran que sí es confiable^(1, 3, 5, 18, 21, 23, 30-35); mientras que otros aseguran que no lo es^(4, 41, 42); esto se debe a que el estándar de oro para obtener las mediciones de la DMO, siempre se ha realizado con TCM la cual arroja los valores de "UH". Lo mismo ocurre con DEXA que emite los resultados en "T.DMO". Al respecto se han realizado estudios donde se confirma la correlación de la medición de la DMO en DEXA y TCHC, por lo que es confiable.²⁵ Esto demuestra que usar la TCHC para medir la DMO y diagnosticar tratamientos ortodóncicos es efectivo y confiable.

CONCLUSIONES

La estandarización en la escala de grises es necesaria en todos los modelos y equipos de TCHC desde su fabricación y debe ser calibrada durante el mantenimiento, con la finalidad de obtener mayor exactitud en los resultados.

Al realizar las mediciones de la DMO en la TCHC, en los diagnósticos ortodóncicos se deberían considerar los parámetros de la cantidad de fuerza

utilizada, el calibre del alambre, la amplitud del slot del bracket, la ubicación de la incidencia de las fuerza de presión y tracción, el género y el grupo etario.

Con base en los resultados, las mediciones de la DMO se deberían obtener en una sola marca y modelo de equipo de TCHC con la finalidad de reducir la variación de las mediciones y tener mayor precisión en los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Yu JH, Huang HL, Liu CF, Wu J, Li YF, Tsai MT, et al. Does Orthodontic Treatment Affect the Alveolar Bone Density? *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(10):e3080.
2. Campos MJ, de Albuquerque EG, Pinto BC, Húngaro HM, Gravina MA, Fraga MR, et al. The role of orthodontic tooth movement in bone and root mineral density: a study of patients submitted and not submitted to orthodontic treatment. *Med Sci Monit*. 2012;18(12):CR752-7.
3. Ozdemir F, Tozlu M, Germec Cakan D. Quantitative evaluation of alveolar cortical bone density in adults with different vertical facial types using cone-beam computed tomography. *Korean J Orthod*. 2014;44(1):36-43.
4. Campos MJ, de Souza TS, Mota Júnior SL, Fraga MR, Vitral RW. Bone mineral density in cone beam computed tomography: Only a few shades of gray. *World J Radiol*. 2014;6(8):607-12.
5. Kim DG. Can dental cone beam computed tomography assess bone mineral density? *J Bone Metab*. 2014;21(2):117-26.
6. Chugh T, Jain AK, Jaiswal RK, Mehrotra P, Mehrotra R. Bone density and its importance in orthodontics. *J Oral Biol Craniofac Res*. 2013;3(2):92-7.
7. Berendsen AD, Olsen BR. Bone development. *Bone*. 2015;80:14-8.
8. Shahi M, Peymani A, Sahmani M. Regulation of Bone Metabolism. *Reports of biochemistry & molecular biology*. 2017;5(2):73-82.
9. Khattab HM, Aoyama E, Kubota S, Takigawa M. Physical interaction of CCN2 with diverse growth factors involved in chondrocyte differentiation during endochondral ossification. *J Cell Commun Signal*. 2015;9(3):247-54.
10. Hinton RJ, Jing Y, Jing J, Feng JQ. Roles of Chondrocytes in Endochondral Bone Formation and Fracture Repair. *J Dent Res*. 2017;96(1):23-30.
11. Park J, Gebhardt M, Golovchenko S, Perez-Branguli F, Hattori T, Hartmann C, et al. Dual pathways to endochondral osteoblasts: a novel chondrocyte-derived osteoprogenitor cell identified in hypertrophic cartilage. *Biol Open*. 2015;4(5):608-21.
12. Breeland G, Menezes RG. *Embryology, Bone Ossification*. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020.
13. Buenzli PR, Lerebours C, Roschger A, Roschger P,

- Weinkamer R. Late stages of mineralization and their signature on the bone mineral density distribution. *Connect Tissue Res.* 2018;59(sup1):74-80.
14. Murshed M. Mechanism of Bone Mineralization. *Cold Spring Harb Perspect Med.* 2018;8(12).
15. Park-Min KH. Mechanisms involved in normal and pathological osteoclastogenesis. *Cell Mol Life Sci.* 2018;75(14):2519-28.
16. Raut N, Wicks SM, Lawal TO, Mahady GB. Epigenetic regulation of bone remodeling by natural compounds. *Pharmacol Res.* 2019;147:104350.
17. Kim BJ, Lee YS, Lee SY, Baek WY, Choi YJ, Moon SA, et al. Osteoclast-secreted SLIT3 coordinates bone resorption and formation. *J Clin Invest.* 2018;128(4):1429-41.
18. Baloul SS. Osteoclastogenesis and Osteogenesis during Tooth Movement. *Front Oral Biol.* 2016;18:75-9.
19. Maspero C, Gaffuri F, Castro IO, Lanteri V, Ugolini A, Farronato M. Correlation between Dental Vestibular-Palatal Inclination and Alveolar Bone Remodeling after Orthodontic Treatment: A CBCT Analysis. *Materials (Basel).* 2019;12(24).
20. Domingo-Clérigues M, Montiel-Company JM, Almerich-Silla JM, García-Sanz V, Paredes-Gallardo V, Bellot-Arcis C. Changes in the alveolar bone thickness of maxillary incisors after orthodontic treatment involving extractions - A systematic review and meta-analysis. *J Clin Exp Dent.* 2019;11(1):e76-e84.
21. Ma ZG, Yang C, Fang B, Xia YH, Mao LX, Feng YM. Three-D imaging of dental alveolar bone change after fixed orthodontic treatment in patients with periodontitis. *Int J Clin Exp Med.* 2015;8(2):2385-91.
22. Kortam S, Deguchi T, Geuy P, Johnston WM, Fields HW, Palomo JM, et al. Associations of pretreatment parameters with changes during orthodontic treatment. *Orthod Craniofac Res.* 2019;22 Suppl 1:120-6.
23. Rios HF, Borgnakke WS, Benavides E. The Use of Cone-Beam Computed Tomography in Management of Patients Requiring Dental Implants: An American Academy of Periodontology Best Evidence Review. *J Periodontol.* 2017;88(10):946-59.
24. Shipley T, Farouk K, El-Bialy T. Effect of high-frequency vibration on orthodontic tooth movement and bone density. *J Orthod Sci.* 2019;8:15.
25. He RT, Tu MG, Huang HL, Tsai MT, Wu J, Hsu JT. Improving the prediction of the trabecular bone microarchitectural parameters using dental cone-beam computed tomography. *BMC Med Imaging.* 2019;19(1):10.
26. Shokri A, Ghanbari M, Maleki FH, Ramezani L, Amini P, Tapak L. Relationship of gray values in cone beam computed tomography and bone mineral density obtained by dual energy X-ray absorptiometry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2019;128(3):319-31.
27. Razi T, Emamverdizadeh P, Nilavar N, Razi S. Comparison of the Hounsfield unit in CT scan with the gray level in cone-beam CT. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2019;13(3):177-82.
28. Guerra ENS, Almeida FT, Bezerra FV, Figueiredo PTDS, Silva MAG, De Luca Canto G, et al. Capability of CBCT to identify patients with low bone mineral density: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017;46(8):20160475.
29. Cassetta M, Stefanelli LV, Pacifici A, Pacifici L, Barbato E. How accurate is CBCT in measuring bone density? A comparative CBCT-CT in vitro study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014;16(4):471-8.
30. Abdelkarim A. Cone-Beam Computed Tomography in Orthodontics. *Dent J (Basel).* 2019;7(3).
31. Brosh T, Yekaterina BE, Pilo R, Shpack N, Geron S. Can cone beam CT predict the hardness of interradicular cortical bone? *Head Face Med.* 2014;10:12.
32. Sadek MM, Sabet NE, Hassan IT. Alveolar bone mapping in subjects with different vertical facial dimensions. *Eur J Orthod.* 2015;37(2):194-201.
33. Sadek MM, Sabet NE, Hassan IT. Three-dimensional mapping of cortical bone thickness in subjects with different vertical facial dimensions. *Prog Orthod.* 2016;17(1):32.
34. Shimizu Y, Ono T. Three-dimensional structural analysis of the morphological condition of the alveolar bone before and after orthodontic treatment. *Korean J Orthod.* 2017;47(6):394-400.
35. Rossi M, Bruno G, De Stefani A, Perri A, Gracco A. Quantitative CBCT evaluation of maxillary and mandibular cortical bone thickness and density variability for orthodontic miniplate placement. *Int Orthod.* 2017;15(4):610-24.
36. Ma J, Huang J, Jiang JH. Morphological analysis of the alveolar bone of the anterior teeth in severe high-angle skeletal Class II and Class III malocclusions assessed with cone-beam computed tomography. *PLoS One.* 2019;14(3):e0210461.
37. Varshowsaz M, Goorang S, Ehsani S, Azizi Z, Rahimian S. Comparison of Tissue Density in Hounsfield Units in Computed Tomography and Cone Beam Computed Tomography. *J Dent (Tehran).* 2016;13(2):108-15.
38. Patrick S, Birur NP, Gurushanth K, Raghavan AS, Gurudath S. Comparison of gray values of cone-beam computed tomography with hounsfield units of multislice computed tomography: An. *Indian J Dent Res.* 2017;28(1):66-70.
39. Shokri A, Ramezani L, Bidgoli M, Akbarzadeh M, Ghazikhanlu-Sani K, Fallahi-Sichani H. Effect of field-of-view size on gray values derived from cone-beam computed tomography compared with the Hounsfield unit values from multidetector computed tomography scans. *Imaging Sci Dent.* 2018;48(1):31-9.
40. Razi T, Niknami M, Alavi Ghazani F. Relationship between Hounsfield Unit in CT Scan and Gray Scale in CBCT. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2014;8(2):107-10.
41. Pauwels R, Jacobs R, Singer SR, Mupparapu M. CBCT-based bone quality assessment: are Hounsfield units applicable? *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(1):20140238.
42. Schröder L, Stankovic U, Sonke JJ. Technical Note: Long-term stability of Hounsfield unit calibration for cone beam computed tomography. *Med Phys.* 2020;47(4):1640-4.

DIRECCIÓN DE CONTACTO:

Susana Conde López No. Telefónico:
+525539270766

Email: susanaconde_2506@hotmail.com