

Radiografías periapicales y panorámicas como herramientas para la predicción temprana de osteoporosis

Periapical and panoramic radiographs as tools for early prediction of osteoporosis

Jorge Homero Wilches Visbal¹ , Midian Clara Castillo Pedraza¹ , Fernando Daniel Saraví² 

RESUMEN

Introducción: La osteoporosis es una enfermedad del sistema esquelético provocada por una disminución progresiva de la densidad mineral ósea y el deterioro de la microarquitectura, que aumenta el riesgo de fracturas. Por tanto, se hace necesario adoptar medidas de diagnóstico que permitan la detección temprana de alteraciones de la densidad mineral. Dado que las radiografías dentales son rutinarias y permiten examinar las estructuras óseas de los maxilares, se han propuesto como herramientas primarias de diagnóstico de osteoporosis.

Objetivo: Examinar la viabilidad y el avance del uso de radiografías periapicales y panorámicas como predictoras tempranas de osteoporosis.

Comentarios principales: Fue realizada una revisión bibliográfica sobre cómo las radiografías periapicales y panorámicas, junto con técnicas de aprendizaje automático e índices morfométricos, pueden ser predictores tempranos de osteoporosis.

Consideraciones globales: Radiografías panorámicas y periapicales pueden ayudar en la predicción precoz de osteoporosis. Para ello el odontólogo debe contar con amplia experiencia en la interpretación de imágenes radiográficas o ser especialista en radiología oral o cirugía maxilofacial. Por otro lado, existen herramientas computacionales fundamentadas en aprendizaje automático que han mostrado resultados de identificación de osteoporosis comparables a los arrojados por radiólogos. Estas herramientas pueden servir de apoyo a profesionales menos experimentados. Los odontólogos están llamados a ser los primeros inspectores de cambios anómalos en la densidad ósea. Deben remitir oportunamente los pacientes con sospecha de osteoporosis al médico especialista.

Palabras clave: radiografía panorámica; radiografía periapical; osteoporosis; densidad ósea; índice morfométrico; inteligencia artificial; aprendizaje automático.

ABSTRACT

Introduction: Osteoporosis is a disease of the skeletal system caused by a gradual reduction in bone mineral density and deterioration of the microarchitecture, raising the risk of fracture. It is therefore necessary to implement diagnostic actions allowing early detection of mineral density alterations. Given the fact that dental radiographs are routine practice and make it possible to examine the bone structure of maxillae and mandibles, they have been proposed as primary tools for osteoporosis diagnosis.

Objective: Examine the viability of and progress in the use of periapical and panoramic radiographs as early predictors of osteoporosis.

Main remarks: A review was conducted about the combined use of panoramic and periapical radiographs. Both are machine learning techniques and morphometric indices.

General considerations: Panoramic and periapical radiographs may be useful for early prediction of osteoporosis. To achieve this end, dentists should have broad experience interpreting radiographic images or be specialists in oral radiology or maxillofacial surgery. On the other hand, computer tools based on machine learning are available which have obtained results in osteoporosis identification comparable to those obtained by radiologists. Those tools may support the work of less experienced professionals. Dentists should be the first to detect anomalous bone density changes, timely referring patients suspected of osteoporosis to the corresponding specialist.

Key words: panoramic radiograph; periapical radiograph; osteoporosis; bone density; morphometric index; artificial intelligence; machine learning.

INTRODUCCIÓN

La osteoporosis es un problema de salud pública que incide negativamente en la calidad de vida de los afectados y representa una carga socioeconómica alta a nivel mundial.⁽¹⁾ Se estima que más de 200 millones de personas la padecen, de las cuales más de 9 millones han sufrido fracturas.⁽²⁾

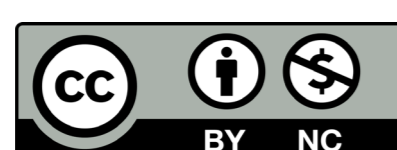
La osteoporosis se define como una enfermedad esquelética caracterizada por la degradación paulatina de la densidad mineral ósea (BMD, en inglés

Bone Mineral Density), con deterioro de su microarquitectura. Ambos acontecimientos aumentan la fragilidad del hueso y, en consecuencia, el riesgo

Recibido: 20/04/2021
Aceptado: 31/01/2022

¹Universidad del Magdalena, Facultad de Ciencias de la Salud. Santa Marta, Colombia.

²Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Médicas. Ciudad de Mendoza, Argentina.



de fractura.^(1,3) Aunque su mortalidad directa es baja,⁽¹⁾ puede llegar a ocasionar discapacidad severa. La fisiopatología de la osteoporosis se asocia con un desequilibrio dinámico entre la formación y resorción del hueso. Aparece cuando la actividad metabólica de los osteoclastos supera crónicamente a la de los osteoblastos.⁽¹⁾

Los principales factores de riesgo para padecer osteoporosis incluyen edad avanzada, ser mujer, disminución de la BMD y la masa corporal, estatus socioeconómico bajo, antecedentes familiares, cambios hormonales, alcoholismo y sedentarismo, entre otros.^(1,3,4) De los anteriormente mencionados, el más importante es el que apunta a la BMD.⁽⁴⁾

Los valores bajos de BMD modifican la microarquitectura ósea, por adelgazamiento de las capas externas del hueso cortical, disminución del número de trabéculas y aumento en el espacio entre ellas.^(3,4,5) Las alteraciones óseas acarreadas por una baja BMD pueden ser visualizadas mediante técnicas de rayos X^(1,3) y el análisis fractal de radiografías.⁽⁴⁾

Como la osteoporosis es una enfermedad indolora que no presenta síntomas adicionales en sus estadios iniciales, suele diagnosticarse después de la ocurrencia de una fractura, cuando ya se encuentra en una etapa avanzada.^(2,3) El envejecimiento progresivo de la población demanda estrategias y técnicas imagenológicas cada vez más efectivas, accesibles, de bajo costo y menor dosis de exposición, que garanticen una detección temprana de la enfermedad. De esta manera, se inicia rápidamente el tratamiento y se mejora el pronóstico.^(2,5,6)

El propósito del presente estudio es examinar la viabilidad y avance del uso de radiografías periapicales y panorámicas como predictoras tempranas de osteoporosis.

Principio físico de las radiografías y técnicas diagnósticas convencionales de osteoporosis

Las radiografías dentales (periapicales y panorámicas) se basan en el uso controlado de rayos X para detallar las estructuras odontoalveolares no observables a simple vista. Tales estructuras son visualizadas en función del contraste que se genera cuando los rayos X interactúan de manera diferencial con ellas, según el valor del coeficiente lineal de atenuación (μ) de cada una.⁽⁷⁾

La ley de Beer-Lambert expresa el grado de interacción de la radiación con el tejido odontoalveolar, de acuerdo con el cociente entre la intensidad de los rayos X incidentes, I_0 , y la intensidad de los rayos X que lo atraviesan, I :⁽⁵⁾

$$I = I_0 e^{-\mu d} \quad (1),$$

donde d es el espesor del tejido. Dado que μ es una función de la energía de los rayos X, del número atómico y la densidad media,⁽⁸⁾ la imagen reflejará una diferencia de opacidades entre los distintos componentes del tejido.

Así, la sección radiopaca de la imagen corresponderá a componentes altamente densos del tejido (alto μ), que se oponen al paso de los rayos X. La radiolúcida será característica de aquellos con baja densidad (bajo μ), que dejan atravesar fácilmente a la radiación. De este modo, los tejidos con alta y baja BMD poseen baja y alta transmitancia, respectivamente, donde la transmitancia (T) es entendida como la fracción de la radiación incidente que atraviesa al tejido. En términos matemáticos, viene dada por:

$$T = \frac{I}{I_0} = e^{-\mu d}. \quad (2)$$

Sin embargo, en radiodiagnóstico, la diferencia de opacidades o escala de grises se expresa usualmente en términos de densidad radiográfica (RD, en inglés Radiographic Density), no de transmitancia. La RD es la representación pictórica bidimensional del grado de oscurecimiento de cada pixel del campo de visión de la imagen radiográfica, cuya expresión matemática es:

$$RD = \log_{10}(1/T), \quad (3)$$

De ese modo, a medida que aumenta la RD, más radiopaco es el tejido y menos oscura será la porción de la imagen correspondiente. Lo contrario sucederá para el tejido radiolúcido. Esta es la base del concepto de contraste, que se define como el grado de diferencia entre las RD de dos o más áreas dentro de una misma radiografía.^(7,9)

Como la RD depende tanto de μ como de d , según hemos visto en la ecuación,⁽³⁾ es posible caracterizar temporalmente la BMD a partir de cambios en el contraste de la radiografía.⁽⁵⁾ En particular, una disminución de la RD (o aumento en T) será indicativo de disminución de la BMD, lo que se traducirá en un incremento del oscurecimiento de la zona afectada.

Consecuentemente, el objetivo fundamental de las técnicas de diagnóstico de osteoporosis es cuantificar la BMD. Las técnicas diagnósticas convencionales son: absorciometría fotónica simple (SPA, en inglés Single Pho-



ton Absorptiometry) y dual (DPA, en inglés Dual Photon Absorptiometry), tomografía computarizada cuantitativa (QCT, en inglés Quantitative Computed Tomography), absorciometría de rayos X de única energía (SPX, en inglés Single Energy X-Ray Absorptiometry), absorciometría de rayos X de doble energía (DXA, en inglés Dual Energy X-Ray Absorptiometry) y el ultrasonido cuantitativo (QUS, en inglés Quantitative Ultrasound).^(1,3)

Entre las técnicas mencionadas, la DXA es considerada como la mejor opción para evaluar la densidad mineral ósea,⁽⁵⁾ siendo así, la técnica predilecta para la determinación de osteoporosis.^(1,2) Aunque la DXA acostumbra a realizarse en la cadera, la región lumbar de la columna y el antebrazo, por ser los sitios más recurrentes de fractura,⁽³⁾ también es posible hacerla en otros huesos del cuerpo como los de los maxilares y el cuello, ya que la osteoporosis afecta al sistema óseo en su totalidad.⁽¹⁾

Por la falta de disponibilidad de equipos de DXA en varias regiones del mundo, el alto costo de este tipo de exámenes radiográficos y el tiempo consumido en la realización de los mismos, se ha explorado el uso de radiografías dentales como alternativa para la detección temprana de osteoporosis.^(1,4) Esta opción se ha contemplado porque los servicios odontológicos son más comunes, baratos y de fácil acceso.⁽⁵⁾

Radiografías dentales y osteoporosis

La BMD de la mandíbula (maxilar inferior) está supeditada a continuos cambios con la edad y el sexo del individuo.⁽¹⁰⁾ En mujeres posmenopáusicas, debido a la disminución de los estrógenos, se ha encontrado que, alteraciones en los huesos de la mandíbula y la maxila (maxilar superior) están relacionadas con baja BMD y posible riesgo de osteoporosis.⁽⁵⁾

Como los adultos mayores sufren recurrentemente de problemas dentales, será mucho más probable que se sometan a radiografías orales que a estudios de densitometría ósea. Por esto, las radiografías periapicales y panorámicas se han propuesto como opciones diagnósticas de primera mano para identificar pacientes con alto riesgo de osteoporosis.⁽¹¹⁾

En los últimos años se ha valorado la posibilidad de la utilización de radiografías dentales para predecir la osteoporosis,⁽⁵⁾ teniendo en cuenta, entre otros, que la periodontitis es un factor de riesgo, al promover la resorción ósea.⁽¹⁰⁾ Cambios en el hueso cortical mandibular pueden observarse en radiografías panorámicas, mientras que alteraciones en el hueso trabecular mandibular pueden visualizarse tanto en panorámicas como en periapicales. Estas transformaciones son examinadas en la mandíbula, porque parece ser más fácil detectar alteraciones de la BMD en esta que en la maxila.⁽⁵⁾

Para descubrir posibles anomalías en la BMD, en radiografías panorámicas o periapicales, suelen utilizarse los siguientes índices:

-Índice Cortical Mandibular (MCI, en inglés Mandibular Cortical Index) o índice Klemetti: se analiza la porosidad del borde inferior mandibular en la región de los agujeros mentonianos (fig. 1).⁽¹²⁾

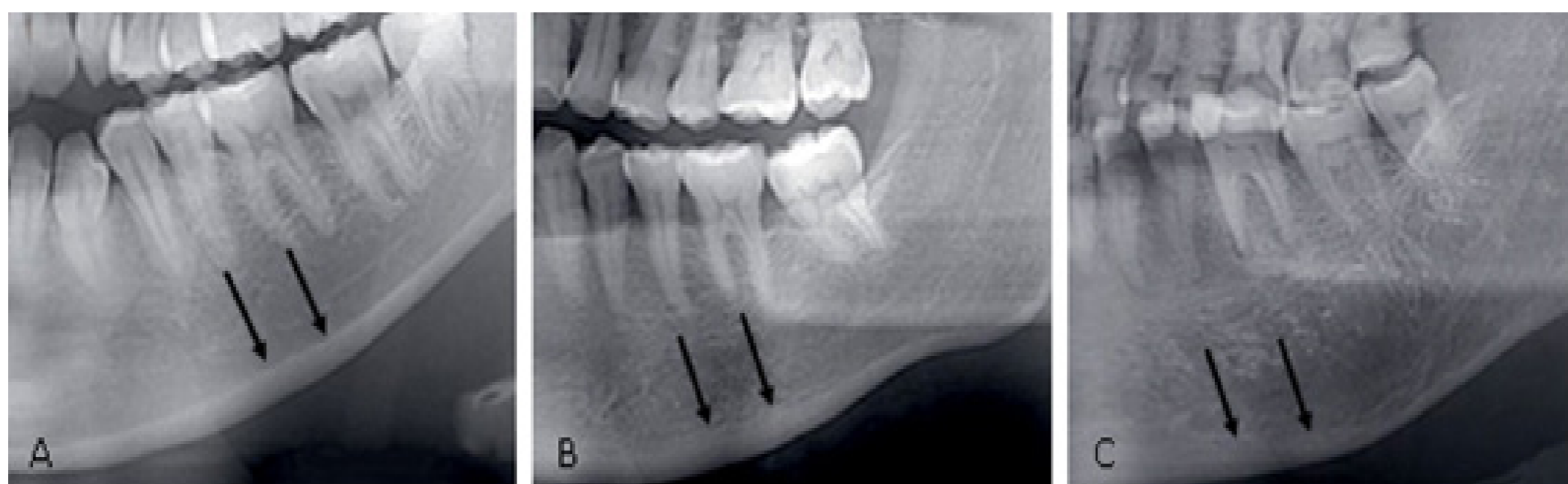


Fig. 1 - La medición del MCI se realiza clasificando la morfología cortical en tres grupos: **A.** Clase 1: cortical normal, el margen endostio (flechas negras) de la cortical es uniforme bilateralmente. **B.** Clase 2: el margen endostio muestra reabsorción cortical, con presencia de residuos de una a tres capas de espesor. **C.** Clase 3: la cortical es porosa con densos residuos endóseos. Fuente: Tanaka y otros.⁽¹²⁾ Este índice es observacional por lo que no tiene unidades de medida.

El MCI puede calcularse tanto en radiografías panorámicas, como en periapicales, dándose preferencia a las primeras por el amplio campo de visión ofrecido. Esto mismo aplica para el siguiente índice, el de ancho cortical mandibular.

-Índice del Ancho Cortical Mandibular o Índice del Ancho Cortical (MCW, en inglés Mandibular Cortical Width): evalúa el ancho del borde inferior mandibular en la zona de los agujeros mentonianos bilateralmente (fig. 2).^(12,13)

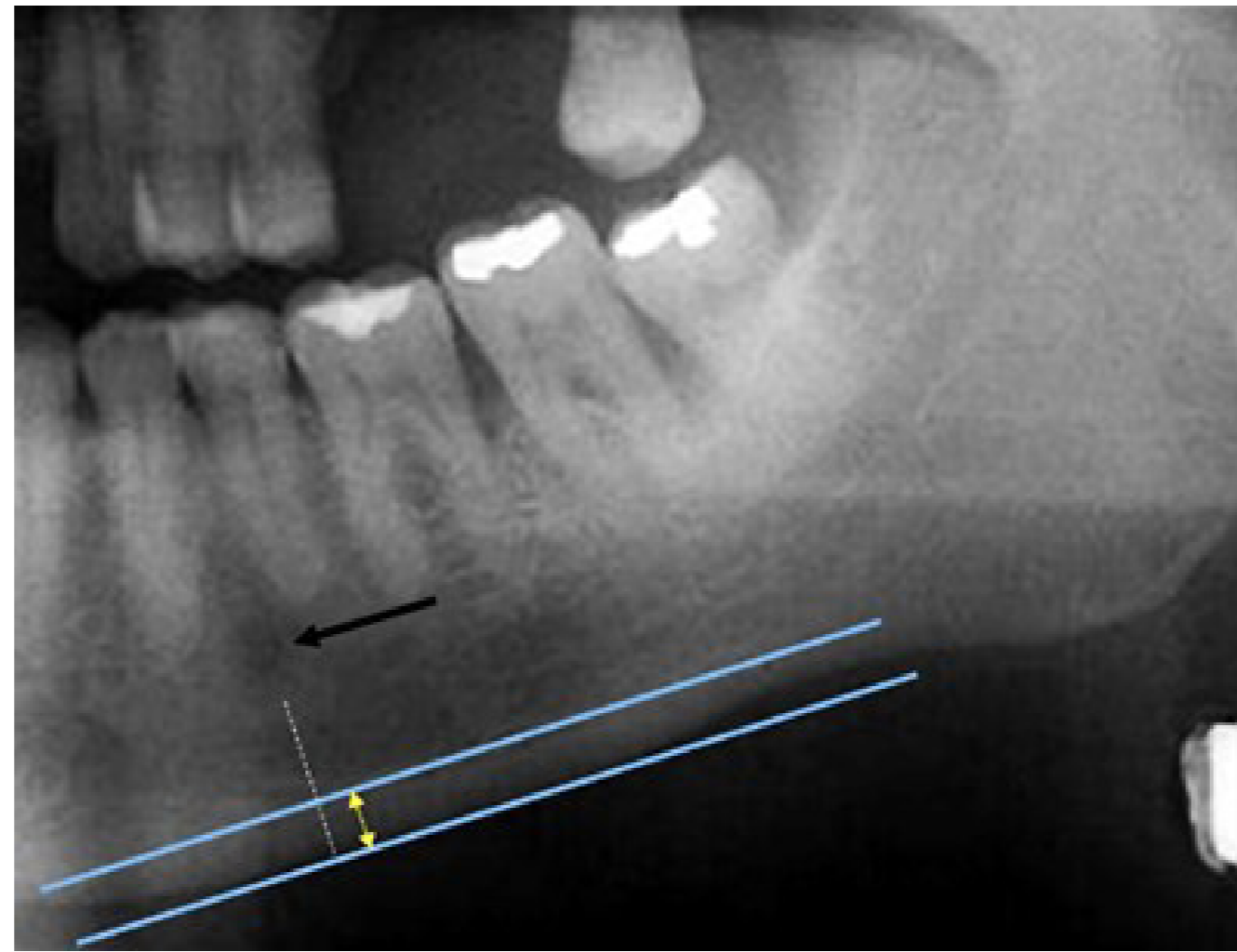


Fig. 2 - Para medir el MCW se debe trazar una línea paralela al largo mandibular y tangencial al borde inferior de la mandíbula (líneas azules). El ancho de la cortical inferior se observa resaltado en amarillo y corresponde al lugar donde la línea que proyecta el agujero mentoniano (línea negra punteada) cruza las dos líneas perpendiculares. Este índice se expresa en milímetros (mm).

-Índice panorámico mandibular (PMI, en inglés Panoramic Mandibular Index): relaciona el ancho de la cortical mandibular en la región mentoniana y la distancia desde el borde inferior del agujero mentoniano hasta el borde inferior de la cortical mandibular (fig. 3 A).⁽¹⁾

-Índice Gonial (GI, en inglés Gonial Index) e Índice Antigonal (AI, en inglés Antegonial Index): mide el ancho (en mm) cortical mandibular en la región ángulo mandibular y en la región antigonal, respectivamente (fig. 3 B).⁽¹²⁾

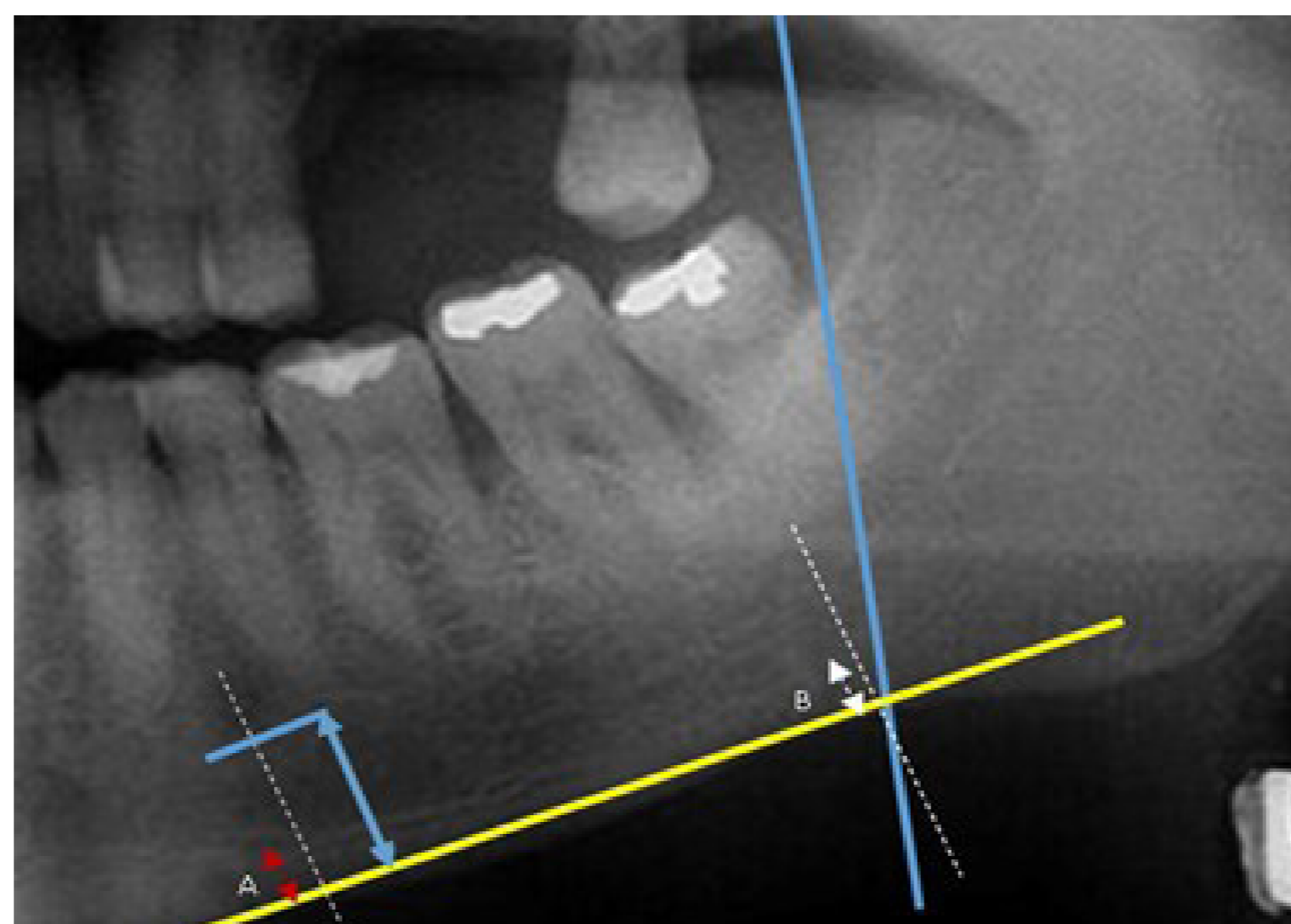


Fig. 3 - A. Para el PMI traza una línea perpendicular (línea blanca punteada) a la tangente del borde inferior (línea amarilla) de la mandíbula que atraviesa el agujero mentoniano. Se calculan dos mediciones (en mm) a lo largo de la línea blanca que deben ser divididas posteriormente: ancho cortical (línea roja), distancia (línea azul) entre el borde inferior de la mandíbula y el borde inferior del agujero mentoniano. B. El índice antigonal (AI) se mide trazando una línea recta (línea azul) a lo largo del borde anterior de la rama ascendente mandibular hasta después del borde inferior de la mandíbula. Una línea tangente (línea amarilla) al borde inferior mandibular y una línea perpendicular (línea blanca punteada) a la tangente, que nos revela el ancho cortical (en mm). Realizando los mismos trazos es evaluado el índice gonial, pero en la región del ángulo mandibular.

Para el PMI, AI y GI se aconseja usar exclusivamente radiografías panorámicas porque el campo de visión de las periapicales es muy restringido para determinar estos índices.

Radiografías periapicales

Erdogan y otros⁽¹⁴⁾ hallaron que el número de dientes perdidos está fuertemente relacionado con la disminución de BMD de la columna lumbar, después de realizar análisis densitométricos en radiografías periapicales digitales. Asimismo, encontraron que la presencia de periodontitis con detrimento de inserción clínica, en

mujeres posmenopáusicas, aumenta la probabilidad de baja BMD.

Ayed y otros⁽¹⁵⁾ valoraron 60 mujeres mayores de 50 años, de las cuales 30 no eran osteoporóticas (control). En el grupo de mujeres con osteoporosis, observaron periodontitis crónica, disminución de hueso alveolar, ausencia de dientes y prótesis mal ajustadas. Estos hallazgos fueron considerados signos clínicos de advertencia de osteoporosis. Además, en este mismo grupo se constató, mediante radiografías periapicales digitales estandarizadas, una disminución del MCW, lo que se asoció con disminución de la BMD.

Widyaningrum y otros,⁽⁵⁾ en un estudio hecho en 37 mujeres posmenopáusicas, vieron que el parámetro de área de las radiografías periapicales tenía una correlación negativa significativa con el T-Score y la BMD de la columna lumbar. El T-Score se refiere a la métrica que representa la probabilidad de riesgo de fractura de un individuo, calculándose en función de la BMD del individuo, la media de la BMD y la desviación estándar de la población de referencia (20-29 años), para igual sexo y etnia.⁽¹⁶⁾

Los autores concluyeron que el parámetro de área, derivado del método de detección de bordes Canny, arroja buenos resultados si se usa como entrada en un sistema asistido por computadora, diseñado para la detección de osteoporosis.

Canny es un plug-in perteneciente al software libre y de acceso público ImageJ desarrollado por el Instituto Nacional de Salud (NIH, en inglés National Institute of Health) de Estados Unidos.

Radiografías panorámicas

Tanaka y otros⁽¹²⁾ analizaron 700 imágenes panorámicas digitales de hombres y mujeres de Hong Kong divididos en 7 grupos de distintas franjas etarias (20-29 años; 30-39 años; 40-49 años;...; ≥ 80 años) por medio del MCI y el MCW. Ambos índices fueron obtenidos automáticamente mediante el software PanoSCOPE, basado en inteligencia artificial. También se examinó la pérdida de dientes (LT, en inglés Tooth Loss) y de hueso alveolar (ABL, en inglés Alveolar Bone Loss) en ambos sexos, en busca de asociación con tales índices. No se encontró correlación entre el MCW, la edad, el TL y el ABL en hombres, pero sí, en mujeres. Contrariamente, sí hubo correlación de estos tres parámetros con el MIC, en los dos sexos. En mujeres, se vio que el MCW caía drásticamente a partir de los 50 años, mientras el TL aumentaba desde los 60 años. Se concluyó que el umbral (3 mm en MCW) para identificar pacientes mujeres con riesgo de osteoporosis se asoció con edades superiores a 60 años y pérdida de al menos 3 dientes. En hombres, el umbral se estableció en 70 años para un MIC de clase 3 (fig. 1 C).

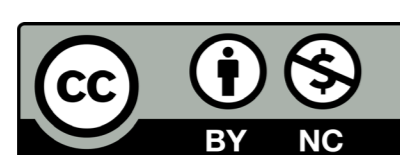
Balto y otros⁽¹⁷⁾ compararon los resultados de los índices radiomorfométricos panorámicos MCI, MCW, PMI, AI con valores de BMD de la columna lumbar, el cuello femoral y la cadera, en 431 mujeres posmenopáusicas. Encontraron que existía una correlación positiva entre el MCW y la BMD. Además, demostraron cómo el uso combinado de ambos es ideal para diagnosticar osteoporosis. Igualmente, recomendaron la realización de radiografías panorámicas en la etapa premenopáusica para observar cambios precoces en la mineralización ósea, especialmente si se utiliza el índice radiográfico MCW, por el hecho de que la tasa de formación del hueso alveolar es mayor en la región mentoniana del maxilar inferior.

Horner y otros⁽¹⁸⁾ tenían como objetivo evaluar la relación entre el índice OSTEODENT y el evaluador de riesgo de fractura FRAX (en inglés Fracture Risk Assessment) desarrollada en la Universidad de Sheffield, Reino Unido. El índice OSTEODENT tiene que ver con predecir la probabilidad de osteoporosis derivada del análisis automático de radiografías panorámicas por medio del MCW y la información clínica del paciente mediante el cuestionario del Índice de Riesgo de Osteoporosis (OSIRIS, en inglés Osteoporosis Index of Risk). Para su funcionamiento, FRAX incorpora los siguientes factores de riesgo: edad, sexo, peso, altura, fractura previa, fractura de cadera de los padres, tabaquismo actual, uso de glucocorticoides, artritis reumatoide, osteoporosis secundaria y consumo de alcohol superior a 3 unidades por día. Para alcanzar el objetivo, los autores determinaron el FRAX y el OSTEODENT en 339 mujeres de Inglaterra y Bélgica, con datos de BMD de cabeza femoral, información clínica y de radiografías panorámicas. Al hallar una correlación positiva entre FRAX y OSTEODENT, concluyeron que este último tiene potencial como detector de pacientes con osteoporosis y como indicador de riesgo de fractura de cadera.

Los odontólogos bien entrenados deberían ser capaces de remitir pacientes con sospecha de osteoporosis a médicos especialistas a partir del análisis minucioso de las radiografías dentales.⁽¹³⁾ Sin embargo, como la mayoría de los odontólogos generales no son capacitados para la identificación de osteoporosis, especialistas en radiografía oral o maxilofacial deben realizar acompañamiento constante para asegurar un diagnóstico acertado.^(19,20)

Una alternativa para odontólogos inexpertos es apoyarse en procesadores de imágenes basados en aprendizaje automático (ML, en inglés Machine Learning) que faciliten la tarea de identificación de osteoporosis. Para tal fin, Lee J y otros⁽²⁰⁾ propusieron la introducción de sistemas de diagnóstico asistidos por computadoras (CAD, en inglés Computer-Assisted Diagnosis), trabajando en conjunto con redes neuronales convolucionales profundas (DCNN, en inglés Deep Convolutional Neural Network), cuyos resultados se compararon con los de dos radiólogos orales y maxilofaciales con más de 10 años de experiencia.

El estudio fue realizado en 1268 radiografías panorámicas de mujeres con media de 53 años, en Cheonan,



Corea del Sur. El diagnóstico de osteoporosis era dado cuando ambos radiólogos expertos concordaban en haber encontrado erosión cortical, después del análisis observacional del MCI.

Para modelar la red neuronal, se seleccionaron aleatoriamente 200 radiografías como testeo (testing) y 1068 para entrenar la red (training). Para el adecuado funcionamiento de la red, se balancearon los datos (aproximadamente la misma cantidad de radiografías con y sin diagnóstico de osteoporosis) tanto en el testeo como en el entrenamiento. Los resultados mostraron una excelente capacidad de predicción de osteoporosis por parte de la red neuronal, toda vez que los factores de evaluación de ML (en inglés Accuracy, Precision, F1 score, Recall, AUC) se aproximaron al ideal: 100 % para Accuracy, 1 para el resto. Lo anterior significa baja tasa de falsos positivos y de falsos negativos y, en consecuencia, alta concordancia con el diagnóstico de los expertos. De ahí, los autores concluyeron que las DCNN son una herramienta idónea para auxiliar a odontólogos poco experimentados, en la detección temprana de osteoporosis, así como en la remisión oportuna de pacientes asintomáticos a médicos especialistas.

CONSIDERACIONES GLOBALES

La cavidad oral es la región del cuerpo más frecuentemente observada mediante exámenes radiográficos. Las radiografías dentales, muy utilizadas en el diagnóstico y la planificación de tratamientos odontológicos, han mostrado ser un excelente y primer recurso para detectar modificaciones en la BMD y, así, para el diagnóstico de osteoporosis. Aunque la DXA es la técnica radiográfica de referencia para osteoporosis, las radiografías periapicales y panorámicas tienen algunas ventajas comparativas; están disponibles para todos los pacientes, cuestan menos, demoran menos tiempo y entregan menor dosis de radiación.

Sin embargo, para asegurar una buena predicción, es necesario el uso de equipos radiográficos calibrados, un buen posicionamiento del paciente, capacitación y calibración adecuada de técnicos radiólogos para la toma de imágenes y uso de índices radiomorfométricos. Asimismo, es crucial que la interpretación de anomalías radiográficas sea realizada por un odontólogo debidamente entrenado o por un radiólogo oral experimentado.

Para radiografías panorámicas, los índices radiométricos MCI y MCW son importantes evaluadores del estado de mineralización ósea, especialmente si se analizan en grupos de pacientes de alto riesgo, como lo son las mujeres posmenopáusicas. En radiografías periapicales, el parámetro de área es el indicado como predictor temprano de osteoporosis.

Los sistemas asistidos por computador, que aplican machine learning, son de gran utilidad en la identificación precoz de osteoporosis a partir de radiografías panorámicas, más aún para odontólogos carentes de experiencia. No obstante, como el diagnóstico de la osteoporosis debe ser confirmado por un médico especialista en el área, fundamentalmente vía DXA, se prevé que tales sistemas sirvan como alerta temprana para la remisión y no para diagnóstico confirmatorio.

Finalmente, se sugiere que los odontólogos generales actúen en su rutina clínica como inspectores primarios de signos indicativos de baja densidad mineral ósea, atendiendo a hallazgos clínicos relevantes como son la pérdida de dientes o la periodontitis, sobre todo en mujeres mayores de 40 años y adultos mayores de 60 años.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sharma S. Osteoporosis: detection using dental radiography. *J Dent Oral Sci* 2020 [acceso: 07/03/2021];2(3):1-7. Disponible en: <https://imagespub.com/article/Osteoporosis-Detection-Using-Dental-Radiography>

2. Clark P, Chico G, Carlos F, Zamudio F, Pereira RMR, Zanchetta J, et al. Osteoporosis in Latin America: panel expert review. *Medwave* 2013 [acceso: 07/03/2021];13(08):e5791-e5791. Disponible en: <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Enfoques/ProbSP/5791>

3. Graham J. Detecting low bone mineral density from dental radiographs: a mini-review. *Clin Cases Miner Bone Metab* 2015 [acceso: 07/03/2021];12(2):178-82. Disponible en: <http://www.ccmbm.com/common/php/portiere.php?ID=f5d20adb2f901985925a7efb6b5ed2e2>

4. Ribeiro RA, Santos C de B, Neto HT, Magalhaes VS, Costa C, Roman-Torres CVG. Correlation of bone density and loss of bone level in patients over 45 years of age. *Int J Radiol Radiat Ther* 2019 [acceso: 07/03/2021];6(2):60-3. Disponible en: <https://medcraveonline.com/IJRR/correlation-of-bone-density-and-loss-of-bone-level-in-patients-over-45-years-of-age.html>

5. Widyaningrum R, Lestari S, Jie F. Image analysis of periapical radiograph for bone mineral density prediction. *Int J Electr Comput Eng*

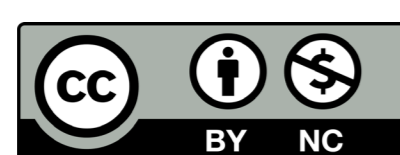
2018 [acceso: 07/03/2021];8(4):2083. Disponible en: <http://ijece.iaesco-re.com/index.php/IJECE/article/view/9836>

6. Sghaireen MG, Alam MK, Patil SR, Rahman SA, Alhabib S, Lynch CD, et al. Morphometric analysis of panoramic mandibular index, mental index, and antegonial index. *J Int Med Res* 2020 [acceso: 07/03/2021];48(3):030006052091213. Disponible en: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0300060520912138>

7. Meredith WJ, Massey JB. *Fundamental physics of radiology*. Manchester, UK: Elsevier; 1977 [acceso: 07/03/2021]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/C20130133028>

8. Hasan WK, Mahdi JT, Hameed AS. Measurement technique of linear and mass attenuation coefficients of polyester - Bentonite composite as gamma radiation shielding materials. *AIP Conference Proceedings*. 2019 [acceso: 07/03/2021];2144(1): 030018. Disponible en: <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.5123088>

9. Center for Nondestructive Evaluation (NDE). *Image Considerations and Radiographic Contrast*. Iowa State Univ. 2020 [acceso: 07/03/2021].



Disponible en: <https://www.nde-ed.org/NDETechniques/Radiography/producearadiograph.xhtml>

10. Guiglia R, Di-Fede O, Lo-Russo L, Sprini D, Rini GB, Campisi G. Osteoporosis, jawbones and periodontal disease. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2013 [acceso: 08/03/2021];18(1):e93-9. Disponible en: http://www.medicinaoral.com/pubmed/medoralv18_i1_p93.pdf

11. Kim O-S, Shin M-H, Song I-H, Lim I-G, Yoon S-J, Kim O-J, et al. Digital panoramic radiographs are useful for diagnosis of osteoporosis in Korean postmenopausal women. *Gerodontology* 2016 [acceso: 08/03/2021];33(2):185-92. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/ger.12134>

12. Tanaka R, Tanaka T, Yeung AWK, Taguchi A, Katsumata A, Bornstein MM. Mandibular radiomorphometric indices and tooth loss as predictors for the risk of osteoporosis using panoramic radiographs. *Oral Heal Prev Dent*. 2020 [acceso: 08/03/2021];18(1):773-82. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32895661/>

13. Devlin H, Allen P, Graham J, Jacobs R, Nicopoulou-Karayianni K, Lindh C, et al. The role of the dental surgeon in detecting osteoporosis: the OSTEODENT study. *Br Dent J*. 2008 [acceso: 10/03/2021];204(10):E16-E16. Disponible en: <http://www.nature.com/articles/sj.bdj.2008.317>

14. Erdogan Ö, Incki KK, Benlidayı ME, Şeydaoglu G, Kelekci S. Dental and radiographic findings as predictors of osteoporosis in postmenopausal women. *Geriatr Gerontol Int*. 2009 [acceso: 10/03/2021];9(2):155-64. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1447-0594.2009.00518.x>

15. Ayed M, Shafiq S, Diab H, Alahmari A, Divakar D. Assessing periapical dental radiographs as a screening parameter for early indications of

osteoporosis in postmenopausal periodontal patients and root surface evaluation using spectrochemical analysis. *Saudi Med J*. 2018 [acceso: 10/03/2021];39(7):719-24. Disponible en: <https://www.smj.org.sa/index.php/smj/article/view/smj.2018.7.22453>

16. Sozen T, Ozisik L, Calik Basaran N. An overview and management of osteoporosis. *Eur J Rheumatol*. 2017 [acceso: 10/03/2021];4(1):46-56. Disponible en: <https://eurjrhematol.org/en/an-overview-and-management-of-osteoporosis-132921>

17. Balto KA, Goma MM, Feteih RM, AlAmoudi NM, Elsamanoudy AZ, Hassanien MA, et al. Dental panoramic radiographic indices as a predictor of osteoporosis in postmenopausal Saudi women. *J Bone Metab*. 2018 [acceso: 10/03/2021];25(3):165. Disponible en: <https://synapse.koreamed.org/DOLx.php?id=10.11005/jbm.2018.25.3.165>

18. Horner K, Allen P, Graham J, Jacobs R, Boonen S, Pavitt S, et al. The relationship between the OSTEODENT index and hip fracture risk assessment using FRAX. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2010 [acceso: 10/03/2021];110(2):243-9. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S107921041000212X>

19. Tounta TS. Diagnosis of osteoporosis in dental patients. *J Frailty, Sarcopenia Falls*. 2017 [acceso: 10/03/2021];02(02):21-7. Disponible en: http://www.jfsf.eu/Article.php?AID=v02i02_021

20. Lee J-S, Adhikari S, Liu L, Jeong H-G, Kim H, Yoon S-J. Osteoporosis detection in panoramic radiographs using a deep convolutional neural network-based computer-assisted diagnosis system: a preliminary study. *Dentomaxillofac Radiol*. 2019 [acceso: 10/03/2021];48(1):20170344. Disponible en: <https://www.birpublications.org/doi/10.1259/dmfr.20170344>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Jorge Homero Wilches Visbal.

Investigación: Jorge Homero Wilches Visbal, Midian Clara Castillo Pedraza.

Redacción-revisión y edición: Jorge Homero Wilches Visbal, Midian Clara Castillo Pedraza.

Redacción-borrador original: Jorge Homero Wilches Visbal, Midian Clara Castillo Pedraza.

Supervisión: Fernando Daniel Saraví.

