

El uso del análisis fractal en imaginología odontológica

Daniel Adrian Silva Souza¹, Frederico Sampaio Neves¹

¹ Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Odontologia, Departamento de Propedêutica e Clínica Integrada, Salvador, Bahia, Brasil.

Correspondencia:

Daniel Adrian Silva Souza: danieladrian.doc@gmail.com
Av. Araújo Pinho, 62 - Canela, Salvador - BA, Brasil, CEP: 40110-150.
ORCID: 0000-0003-3332-2156

Recibido: 10/12/22

Aceptado: 12/12/22

Publicado: 03/01/23

The use of fractal analysis in dental imaging

El análisis fractal (AF) es un método matemático por el cual las estructuras biológicas irregulares y complejas pueden ser evaluadas. El resultado cuantitativo de este método es definido como la dimensión fractal (DF). Fractal es derivado del latín “fractus”, que significa “fracturado” o “quebrado”. El método fractal es diferente de la geometría convencional y puede ser utilizado para evaluar las formas semejantes en varias escalas. En Odontología, el principal objetivo de los métodos de AF consiste en la evaluación del patrón óseo de los maxilares y de la morfología de la arquitectura trabecular por medio de exámenes de imagen, esta herramienta cuantitativa permite al radiólogo predecir la calidad del tejido óseo, es decir, la densidad mineral ósea (DMO) en determinada región de interés^{1,2}.

Para la realización del AF se debe utilizar un software específico que auxilie en la preparación y estandarización de la imagen. El software de dominio público más utilizado es el ImageJ (disponible en <https://imagej.nih.gov/ij/>). Luego de la adquisición de las imágenes en alta resolución, son realizados cortes en los límites deseados de las regiones de interés (ROI – *region of interest*) (Fig. 1A), en seguida, se realiza la duplicación de las ROI y remoción de variaciones en gran escala en el brillo con un filtro Gaussiano desfocado (sigma = 35 pixels, tamaño del kernel = 33x33) (Fig. 1B). A partir de ese momento, se continua para la sustracción del ROI de la imagen original, adición de 128 valores de gris para cada localización de pixel (Fig. 1C), binarización, erosión, dilatación, inversión y esqueletización de la imagen (Fig. 1D y 1E)³.

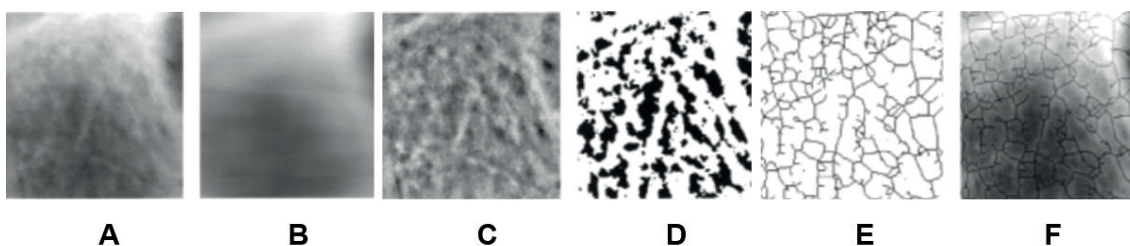


Figura 1. A: ROI del hueso trabecular de radiografía digitalizada de la región anterior de la maxila. B: Desenfoque de la región. C: Sustracción y adición de 128 valores de grises. D: Binarización. E: Esqueletización. F: Sobreposición de las imágenes A y E. Fuente: White & Rudolph (1999)

Concluido ese proceso, algunos métodos de cálculo de dimensión fractal, como densidad espectral de potencia, área de superficie de prisma triangular, método de la manta y escala de diferencia de intensidad o variograma pueden ser utilizados 3. El método de *box-counting* (conteo de cajas), considerado de fácil acceso, es el método usado con más frecuencia en Odontología 1.

La literatura actual presenta diversos estudios respecto al AF a través de exámenes como radiografías panorámicas, periapicales, interproximales, cefalométricas y tomografía computadorizada de haz cónico (TCHC), además, de exámenes menos utilizados en la Odontología, como microtomografía, ultrasonografía y sialografía. Imágenes radiográficas panorámicas pueden ser analizadas en diferentes áreas: hueso mandibular trabecular, hueso mandibular cortical y hueso condilar, en cuanto en radiografías periapicales y exámenes interproximales la posibilidad de realización del AF en la cresta ósea trabecular o áreas periapicales 4.

Más recientemente, el AF ha sido explorado en exámenes por TCHC, pero el número de estudios aún es limitado. La principal ventaja de la realización del AF en imágenes tridimensionales es su alta resolución y la posibilidad de evaluación precisa y de calidad ósea, eliminando factores como distorsión y sobreposición de imagen, observados en radiografías 2D 5,6. Otra posibilidad viable en la práctica clínica es la evaluación de la DF en imágenes por ultrasonografía, teniendo como objetivo, por ejemplo, la evaluación de tumores en glándulas salivales y en síndrome de Sjögren 7.

La investigación de la densidad mineral ósea es el principal objetivo del estudio de la mayoría de los trabajos publicados. Algunos autores sugieren que los valores de DF tienen una correlación positiva con el DMO, o sea, cuando hay pérdida de DMO la estructura trabecular se vuelve más compleja, resultando en un mayor número de fractales 2,8. Pacientes osteoporóticos tienden a presentar una disminución en la DMO, levantando la hipótesis de que a AF sería una herramienta útil en la evaluación de estos casos, mediante esto, Cavalcante *et al.* 6 (2022) realizaron una revisión sistemática de la literatura y metaanálisis, y entre los resultados obtenidos, resalta que la evaluación de la DF de la mandíbula presentó valores de sensibilidad y especificidad superiores a 70%, y su sensibilidad en el rastreamiento de la osteoporosis fue un parámetro mejor del que la especificidad, sugiriendo la viabilidad del uso de esta herramienta previa al triaje de pacientes con osteoporosis.

Dentro de las ventajas del uso del AF en Odontología, podemos citar la evaluación cuantitativa de las ROI en radiografías panorámicas como una herramienta de triaje para estabilidad primaria de implantes dentarios, disturbios sistémicos o locales, como osteogénesis imperfecta, insuficiencia renal crónica, anemia falciforme, periodontitis y desordenes temporomandibulares. Además de eso, la DF puede ser utilizada en endodoncia para el monitoreo de la regresión de lesiones periapicales y éxito de tratamiento endodóntico, en ortodoncia para evaluación de la DMO de pacientes sobre tratamiento

ortodóntico, en cirugía buco maxilofacial para acompañamiento de procesos de cicatrización ósea posintervención quirúrgica, entre otros 1.

La aplicación del AF viene aumentando y ha sido útil en la Odontología, no solo en estudios descriptivos de fenómenos patológicos, sino también como instrumento adyuvante de diagnóstico y pronóstico en diferentes situaciones clínicas en las diversas áreas del análisis. Con base en datos descritos previamente, sugerimos la incorporación de una herramienta que calcula la DF a los programas de imagen rutinariamente utilizados por el cirujano dentista y radiólogo, a fin de facilitar el acceso a esta herramienta y permitir que el profesional la explore aún más.

Referencias bibliográficas

1. Kato CN, Barra SG, Tavares NP, Amaral TM, Brasileiro CB, Mesquita RA, et al. Use of fractal analysis in dental images: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2020;49(2):20180457. DOI: 10.1259/dmfr.20180457.
2. Sanchez-Molina D, Velazquez-Ameijide J, Quintana V, Arregui-Dalmases C, Crandall JR, Subit D, et al. Fractal dimension and mechanical properties of human cortical bone. *Med Eng Phys.* 2013;35(5):576-82. DOI: 10.1016/j.medengphy.2012.06.024.
3. White SC, Rudolph DJ. Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88:628-35. DOI: 10.1016/S1079-2104(99)70097-1
4. Otis LL, Hong JS-H, Tuncay OC. Bone structure effect on root resorption. *Orthod Craniofac Res.* 2004;7:165-77. DOI: 10.1111/j.1601-6343.2004.00282.x
5. Kiljunen T, Kaasalainen T, Suomalainen A, Kortseniemi M. Dental cone beam CT: a review. *Phys Med.* 2015;31:844-60. DOI: 10.1016/j.ejmp.2015.09.004
6. Cavalcante DS, Silva PGB, Carvalho FSR, Quidute ARP, Kurita LM, Cid AMPL, et al. Is jaw fractal dimension a reliable biomarker for osteoporosis screening? A systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy studies. *Dentomaxillofac Radiol.* 2022;51(4):20210365. DOI: 10.1259/dmfr.20210365
7. Chikui T, Tokumori K, Yoshiura K, Oobu K, Nakamura S, Nakamura K. Sonographic texture characterization of salivary gland tumors by fractal analyses. *Ultrasound Med Biol.* 2005;31:1297-304. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2005.05.012
8. Law AN, Bollen AM, Chen SK. Detecting osteoporosis using dental radiographs: a comparison of four methods. *J Am Dent Assoc.* 1996;127(12):1734-42. DOI: 10.14219/jada.archive.1996.0134