

BÖLÜM 17

ORAL VE MAKSİLLOFASİYAL CERRAHİDE FRAKTAL ANALİZ

Mehmet Sait ŞİMŞEK¹

GİRİŞ

Fraktal kavramı ilk kez 1977 yılında Mandelbrot tarafından ortaya atılmış olup, Latince’de “parçalanmış, kırılmış” anlamına gelen *fractus* sözcüğünden türetilmiştir (1,2). Öklidyen geometriyle tanımlanamayan, karmaşık ve düzensiz geometrik yapılara işaret eden bu terim, klasik geometrinin yetersiz kaldığı pürüzlü ve kırık yüzeylerin ölçülmesinde kullanılmaktadır (3). Fraktallar, farklı ölçeklerde tekrar eden desenlerin oluşturduğu, her bir parçası bütünün benzeri görünümünde olan matematiksel yapılardır. Bu özelliğe “kendine benzerlik” (*self-similarity*) adı verilir (4). Doğada eğrelti otları, mağara sarkıtları, tefoniler, bulutlar ve karnabahar fraktal yapılara örnek gösterilebilirken (5), matematikte Cantor Kümesi, Koch Kar Tanesi, Ters Kar Tanesi, Sierpinski Üçgeni ve Pascal Üçgeni bu kavrama karşılık gelmektedir(6). Biyolojik olarak akciğer pulmonerleri ve trabeküler kemik fraktal yapılara örnek gösterilebilir. Trabeküler kemik fraktal özellikleri sayesinde fraktal boyut (FB) ölçümü için uygundur. Yüksek metabolik aktivitesi, kemikteki fizyolojik ve patolojik değişikliklerin değerlendirilmesine katkı sağlar (7). Fraktal analiz (FA), şekil veya yapıların karmaşıklık derecesini ortaya koyan bir yöntemdir ve bu derecelendirme FB ile sayısal olarak ifade edilir. Farklı ölçeklerde incelendiğinde fraktal yapıların alan ve uzunluk ölçümleri değişkenlik göstermektedir. Ölçek küçüldükçe ayrıntılar artmakta ve FB yükselmektedir. Klasik geometrik formlardan farklı olarak fraktallar genellikle kesirli boyutlara sahiptir, ancak bazı durumlarda tam sayı değerleri de alabilirler. Kesirli boyut değerleri, incelenen yapının karmaşıklık düzeyini göstermektedir (8). Düşük FB değerleri yapının daha düzenli ve sade olduğunu, yüksek değerler ise yapının daha karmaşık bir morfolojiye sahip olduğunu işaret eder (9).

¹ Uzm. Dt., İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi, sait.simsek@inonu.edu.tr, ORCID iD: 0009-0003-4177-140X

larında FB daha yüksek olduğu saptanmış ve fraktal analizin normal, pre-malign ve tümöral dokuları ayırt etmede kullanılabileceği vurgulanmıştır (46). Displastik değişiklikler içeren lökoplaki vakalarında da FB'nin anlamlı derecede yüksek olduğu ve bu yöntemin noninvaziv bir tarama aracı olarak değerlendirilebileceği bildirilmiştir (47). Sánchez ve ark. (48) oral lökoplaki biyopsi görüntülerinde FA uygulayarak displazi bulunmayan, düşük dereceli ve yüksek dereceli gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Archana ve ark. (49) oral malignite tanısı olan ve mandibula ile maksillada kemik erozyonu saptanan 10 hastanın panoramik radyografilerini fraktal analizi ile incelemişlerdir. Bulgular, lezyonlu bölgelerdeki FB değerlerinin sağlıklı alanlardan anlamlı derecede düşük olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar, fraktal analizin oral malignitelerde kemik invazyonunun saptanmasında yenilikçi bir yöntem olabileceğini; ayrıca invazyonun boyutunun belirlenmesi ve cerrahi rezeksiyon sınırlarının planlanmasında klinisyene yardımcı olabileceğini rapor etmişlerdir.

Salwaji ve ark. (50) 15 oral skuamöz hücreli karsinom (OSKK) hastasından elde edilen biyopsileri değerlendirmiştir. Örneklerin bir kısmı transmisyon elektron mikroskobu, diğer kısmı ise hematoksilen-eozin boyaması ile incelenmiştir. Sonuçlarda, normal mukozaya kıyasla OSKK örneklerinde ortalama nükleer FB'nin anlamlı derecede yüksek olduğu saptanmış, bu da fraktal boyut analizinin kanser tanısında potansiyel bir araç olabileceğini düşündürmüştür.

SONUÇ

FA, biyolojik dokuların karmaşık morfolojisini nicel olarak değerlendirme imkânı sunan noninvaziv ve düşük maliyetli bir yöntemdir. Ağız, dış ve çene cerrahisinde yapılan çalışmalar, FA'nın kemik patolojilerinin tanı ve takibinde, cerrahi sonrası iyileşmenin izlenmesinde ve oral malignite gibi farklı klinik durumların değerlendirilmesinde değerli bilgiler sağladığını göstermektedir. Ancak bazı sonuçlardaki tutarsızlıklar, yöntemin standartlaştırılması ve klinik uygulamadaki yerinin netleştirilmesi için daha geniş örneklemli ve uzun dönemli çalışmalara ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

1. Sansare K, Singh D, Karjodkar F. Changes in the fractal dimension on pre-and post-implant panoramic radiographs. *Oral Radiol.* 2012;28:15–23.
2. Lopes R, Betrouni N. Fractal and multifractal analysis: a review. *Med Image Anal.* 2009;13(4):634–49.
3. Sparrow C. *The Fractal Geometry of Nature*. JSTOR; 1984.
4. Geraets WG, Van Der Stelt PF. Fractal properties of bone. *Dentomaxillofacial Radiology.* 2000;29(3):144–53.
5. Gülderen D. Fraktal geometri'nin plastik sanatlarda kullanımı. Marmara Üniversitesi, Güzel

- Sanatlar Enstitüsü, Resim Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 2017;1-119.
6. Heymans O, Fissette J, Vico P, Blacher S, Masset D, Brouers F. Is fractal geometry useful in medicine and biomedical sciences? *Med Hypotheses*. 2000;54(3):360-6.
 7. Jolley L, Majumdar S, Kapila S. Technical factors in fractal analysis of periapical radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2006;35(6):393-7.
 8. Güleç M, Taşöker M, Şener S. Tıpta ve diş hekimliğinde fraktal analiz. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2019;40(1):17-31.
 9. Smith Jr TG, Lange GD, Marks WB. Fractal methods and results in cellular morphology—dimensions, lacunarity and multifractals. *J Neurosci Methods*. 1996;69(2):123-36.
 10. Flook AG. The use of dilation logic on the quantimet to achieve fractal dimension characterisation of textured and structured profiles. *Powder Technol*. 1978;21(2):295-8.
 11. Kato CNAO, Barra SG, Tavares NPK, Amaral TMP, Brasileiro CB, Mesquita RA, et al. Use of fractal analysis in dental images: a systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2020;49(2):20180457.
 12. Southard TE, Southard KA, Jakobsen JR, Hillis SL, Najim CA. Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1996;82(5):569-76.
 13. Smith TG, Lange GD. Biological cellular morphometry-fractal dimensions, lacunarity and multifractals. *Fractals in biology and medicine*. 1998;30-49.
 14. Gumussoy I, Miloglu O, Cankaya E, Bayrakdar IS. Fractal properties of the trabecular pattern of the mandible in chronic renal failure. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2016;45(5):20150389.
 15. Demirbaş AK, Ergün S, Güneri P, Aktener BO, Boyacıoğlu H. Mandibular bone changes in sickle cell anemia: fractal analysis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2008;106(1):e41-8.
 16. Michels M, Morais-Faria K, Rivera C, Brandão TB, Santos-Silva AR, Oliveira ML. Structural complexity of the craniofacial trabecular bone in multiple myeloma assessed by fractal analysis. *Imaging Sci Dent*. 2021;52(1):33.
 17. Ruttimann UE, Webber RL, Hazelrig JB. Fractal dimension from radiographs of peridental alveolar bone: a possible diagnostic indicator of osteoporosis. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology*. 1992;74(1):98-110.
 18. Law AN, Bollen AM, Chen SK. Detecting osteoporosis using dental radiographs: a comparison of four methods. *The Journal of the American Dental Association*. 1996;127(12):1734-42.
 19. Bollen AM, Taguchi A, Hujoel PP, Hollender LG. Case-control study on self-reported osteoporotic fractures and mandibular cortical bone. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2000;90(4):518-24.
 20. Fazzalari NL, Parkinson IH. Fractal properties of cancellous bone of the iliac crest in vertebral crush fracture. *Bone*. 1998;23(1):53-7.
 21. Southard TE, Southard KA, Krizan KE, Hillis SL, Haller JW, Keller J, et al. Mandibular bone density and fractal dimension in rabbits with induced osteoporosis. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2000;89(2):244-9.
 22. Yaşar F. Osteoporotik kemik trabekül bulgularının radyografik, dijital analiz ve kemik mineral densite yöntemleriyle karşılaştırılması. 2002;
 23. Tosoni GM, Lurie AG, Cowan AE, Burleson JA. Pixel intensity and fractal analyses: detecting osteoporosis in perimenopausal and postmenopausal women by using digital panoramic images. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2006;102(2):235-41.
 24. Canturk F, Miloglu O, Gumussoy I, Dayanan R. The investigation of Radiographic Findings of mandibles on panoramic radiographs of patients with primary hyperparathyroidism using Fractal Analysis. *Eurasian J Med*. 2021;53(3):185.
 25. Türkmenoğlu A, Yüksel HT, Karahan AY. Evaluation of mandibular condyle trabecular structure in patients with rheumatoid arthritis using fractal analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2022;133(2):229-37.

26. Özden S, Cicek O. Assessment of the Mandibular Osseous Architecture in Cleft Lip and Palate Using Fractal Dimension Analysis: A Pilot Study. *J Clin Med*. 2024;13(23):7334.
27. Aktuna Belgin C, Serindere G. Evaluation of trabecular bone changes in patients with periodontitis using fractal analysis: A periapical radiography study. *J Periodontol*. 2020;91(7):933–7.
28. Updike SX, Nowzari H. Fractal analysis of dental radiographs to detect periodontitis-induced trabecular changes. *J Periodontal Res*. 2008;43(6):658–64.
29. Soltani P, Sami S, Yaghini J, Golkar E, Riccitiello F, Spagnuolo G. Application of fractal analysis in detecting trabecular bone changes in periapical radiograph of patients with periodontitis. *Int J Dent*. 2021;2021(1):3221448.
30. Hayek E, Aoun G, Geha H, Nasseh I. Image-based bone density classification using fractal dimensions and histological analysis of implant recipient site. *Acta Informatica Medica*. 2020;28(4):272.
31. Öztürk A, Arısan V. In Vitro Study Of Fractal Analysis Of Osteotomies Performed With Different Design Implant Drills In Low Density Bone Blocks. *Sağlık Bilimlerinde İleri Araştırmalar Dergisi*. 2023;6(2):160–5.
32. Karadağ I, Yılmaz HG. Evaluation of change in trabecular bone structure surrounding dental implants by fractal dimension analysis and comparison with radiomorphometric indicators: a retrospective study. *PeerJ*. 2022;10:e13145.
33. Soylu E, Coşgunarslan A, Çelebi S, Soydan D, Demirbaş AE, Demir O. Fractal analysis as a useful predictor for determining osseointegration of dental implant? A retrospective study. *Int J Implant Dent*. 2021;7:1–8.
34. Abdulhameed EA, Al-Rawi NH, Uthman AT, Samsudin AR. Bone Texture Fractal Dimension Analysis of Ultrasound-Treated Bone around Implant Site: A Double-Blind Clinical Trial. *Int J Dent*. 2018;2018(1):2672659.
35. Hadzik J, Kubasiewicz-Ross P, Simka W, Gębarowski T, Barg E, Cieśla-Niechwiadowicz A, et al. Fractal Dimension and Texture Analysis in the Assessment of Experimental Laser-Induced Periodic Surface Structures (LIPSS) Dental Implant Surface—In Vitro Study Preliminary Report. *Materials*. 2022;15(8):2713.
36. Mu TJ, Lee DW, Park KH, Moon IS. Changes in the fractal dimension of peri-implant trabecular bone after loading: a retrospective study. *J Periodontal Implant Sci*. 2013;43(5):209–14.
37. Lang MS, Miyamoto T, Nunn ME. Validity of fractal analysis of implants in individuals with healthy and diseased peri-implant mucosa. *Clin Oral Implants Res*. 2020;31(11):1039–46.
38. Kussaba II, Felipe BC, Poluha RL, Iwaki Filho L, da Silva MC, Iwaki LCV. Fractal analysis of the mandibular ramus in class II and III patients undergoing orthognathic surgery: Retrospective study trough Cone-beam Computed Tomography. 2024;
39. Çoban G, Öztürk T, Bilge S, Canger EM, Demirbaş AE. Evaluation of trabecular changes following advancement genioplasty combined with or without bilateral sagittal split osteotomy by fractal analysis: a retrospective cohort study. *BMC Oral Health*. 2023;23(1):160.
40. Heo MS, Park KS, Lee SS, Choi SC, Koak JY, Heo SJ, et al. Fractal analysis of mandibular bony healing after orthognathic surgery. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 2002;94(6):763–7.
41. Nair MK, Seyedain A, Webber RL, Nair UP, Piesco NP, Agarwal S, et al. Fractal analyses of osseous healing using tuned aperture computed tomography images. *Eur Radiol*. 2001;11(8):1510–5.
42. Ozturk G, Dogan S, Gumus H, Soylu E, Sezer AB, Yilmaz S. Consequences of Decompression Treatment With a Special-Made Appliance of Nonsyndromic Odontogenic Cysts in Children. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2022;80(7):1223–37.
43. Wijanarko AP, Srimawong P, Pornprasertsuk-Damrongsri S, Janhom A. Fractal analysis of subchondral cyst at mandibular condyle detected on panoramic radiograph in a group of Thai population. *Journal of Dentistry Indonesia*. 2022;29(2):78–83.
44. Tas A, Celebi E, Yilmaz ZÇ. Assesment of bone healing after surgical management of odontogenic cysts utilizing fractal analysis—a retrospective cross-sectional study. *PeerJ*. 2025;13:e19745.

45. Balkan EP, Paksoy CS, Bağış N. Fractal analysis of the effects on mandibular bone of botulinum toxin therapy of the masseter muscle in patients with bruxism. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2024;137(1):83–8.
46. Margaritescu C, Raica M, Pirici D, Simionescu C, Mogoanta L, Stinga AC, et al. Podoplanin expression in tumor-free resection margins of oral squamous cell carcinomas: an immunohistochemical and fractal analysis study. *Histology and histopathology*, Vol 25, no 6 (2010). 2010;
47. Iqbal J, Patil R, Khanna V, Tripathi A, Singh V, Munshi MAI, et al. Role of fractal analysis in detection of dysplasia in potentially malignant disorders. *J Family Med Prim Care.* 2020;9(5):2448–53.
48. Guerrero-Sánchez Y, Gómez García F, Chamorro-Petronacci CM, Suárez-Peñaranda JM, Pérez-Sayáns M. Use of the fractal dimension to differentiate epithelium and connective tissue in oral leukoplakias. *Cancers (Basel).* 2022;14(11):2697.
49. Archana M, Jayachandran S. Diagnostic application of fractal dimension analysis of bone invasion in oral malignancy—A preliminary retrospective study. *Ann Natl Acad Med Sci.* 2020;56(01):42–5.
50. Salwaji S, Ananthaneni A, Kuberappa PH, Bagalad B, Pasupuleti MK, Guduru VS. Fractal Analysis of Nuclear Architecture in Oral Squamous Cell Carcinoma by Using Transmission Electron Microscopy: An Original Research. *Meandros Medical And Dental Journal.* 2023;24(4):343–8.