

## Bölüm 15

# TIP VE DIŞ HEKİMLİĞİ ALANLARINDA FRAKTAL ANALİZ YÖNTEMİ

Ayşe Tuğçe ÖZTÜRK KOCAK<sup>1</sup>

### GİRİŞ

“Esrarengiz harikalar, sonsuz tekrarlar sonucunda basit kurallardan türer.”

Benoit Mandelbrot

Matematik dehası Benoit Mandelbrot fraktal özelliğe sahip nesnelerin karmaşıklığının sayı ile ölçülebileceğini keşfetti. Kendisini bu alanda araştırmaya iten şeyin borsada fiyat dalgalanmaları eğrilerini incelemesi olduğunu belirten Mandelbrot bu alanda kitaplar yazdı(1-2). Karmaşıklığının nicel olarak ölçümü yani fraktal boyutunun hesaplanması finans, matematik, bilgisayar bilimleri, yapay zekâ, mimari, coğrafya, sanat ve tıp gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Tıpta ve dış hekimliğinde kullanımından bahsetmeden önce fraktaller ve fraktal boyutun hesaplanması konularına değinmeliyiz.

#### Fraktal nedir?

Fraktal kavramını anlamak için öncelikle öz benzerlik terimi hakkında düşünmek gerekir. Bir yapı farklı ölçeklerde kendi kendine benzer ise öz benzerdir yani bir yapının küçük parçaları bütününe benziyorsa onda öz benzerlik özelliği bulunduğunu gösterir. Mesela bir ağacın dalı ağacın bütününe benzer veya eğrelti otunun yaprağının küçük parçası yaprağın bütününe benzemektedir. Bu örneklerdeki gibi kendisinin birçok farklı boyutta kopyalarını içeren şekiller öz benzerdir. Fraktallar, öz benzerlik özelliği bulunan nesnelere (3).

Öklid geometrisinde, çizginin bir boyutu, karenin iki boyutu ve küpün üç boyutu vardır. Dolayısıyla noktanın fraktal boyutu 0, doğrunun 1, karenin 2, küpün ise 3'tür. Fraktal şekillerin boyutları ise tam sayı değil, kesirli sayılardır. Eğri ve düzlem ayrı ayrı hesaplanabilir ikisi karıştırılmaz. Ama aslında gerçekte karıştığını algılayabiliyoruz. Mandelbrot nesnelerin ve görünen algıladığımız gerçekliğin matematik ile bağlantısını, doğanın fraktal özelliklerini tanımlayarak açıkladı. Gerçekte algıladığımız nesnelere pürüzsüz şekle sahip değildir ve eğri olmayan

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Medipol Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi, dt.tugceozturk@gmail.com

Iqbal ve ark. (48), oral lökoplaki lezyonlarının malignite potansiyelini saptamada FB ölçümünün etkinliğini araştırdılar. Displazik değişim bulunan lökoplaki lezyonlarında FB değerini anlamlı olarak daha yüksek buldular ve fraktal analizin taramalarda kullanılabilir bir yöntem olduğunu belirttiler (48). Başka bir çalışmada oral kavite karsinomlarındaki anormal anjiogenezde vasküler alanın fraktal analiz ile ölçümü amaçlandı(49). Sonuç olarak karsinomdaki histolojik kesitlerden elde edilen vasküler alanın fraktal boyutu normal mukozadan anlamlı olarak daha yüksek bulundu (49).

### **Manyetik Rezonans Görüntüleme ve Ultrasound Görüntüleme Fraktal Analiz**

Tümörlerin morfolojik özelliklerini nicel olarak değerlendirilmek amacıyla Manyetik Rezonans görüntüleme (MRG) üzerinde fraktal analiz yöntemi kullanılmıştır (50). Park ve ark. (51), intrakranial bir neoplazi olan meningiomaların derecesini tahmin edip edemeyeceğini değerlendirmek için MGR görüntülerinden üç boyutlu FB ölçümü yaptılar. Yüksek dereceli meningiomaların düşük dereceli olanlara göre daha yüksek karmaşıklığa ve daha yüksek FB değerine sahip olduğunu gözlemlediler. Fraktal analiz yönteminin meningioma derecesini öngörmeye faydalı bir biyo belirteç olabileceğini belirttiler (51). Zaia (52), osteoporozlu hastalarda kemik iliği boşluklarını incelemek için MRG görüntülerinde lumbar vertebralardan ROI seçimi yaparak fraktal lakünerite analizi yaptı. Bu yöntemin kemikteki rezorptif değişimlerin ve patolojik fraktür riskinin değerlendirilmesinde uygun bir araç olduğunu söyledi(52).

Chikui ve ark.(53), tükürük bezi tümörlerinin sonografik özelliklerini ölçmek için ultrasound görüntüleme üzerinde fraktal analiz yöntemleri kullandılar. Pleomorfik adenomda FB değerlerinin diğer tümörlerden daha yüksek olduğunu belirttiler (53).

### **Sonuç**

Fraktal analiz yöntemi insan vücudundaki dokuların karmaşıklığını ve hacmini değerlendirmemizi sağlar, patolojilerin klinik seyrini araştırmada faydalı bir yöntemdir.

### **KAYNAKLAR**

1. Mandelbrot BB, Hudson RL. (Mis)Behaviour of Markets : A Fractal View of Risk, Ruin and Reward. Basic Books; 2006.
2. Mandelbrot BB. Fractals and Scaling in Finance. 1st ed. New York: Springer; 1997.
3. Feldman DP Chaos and Fractals. 1st ed. United Kingdom: Oxford University Press; 2012. 155–160 p.
4. Mandelbrot BB. The Fractal Geometry of Nature. 1st ed. W. H. Freeman and Company; 1982.

5. Kumar D. Fractals Applications in Biological Signalling and Image Processing. 1st ed. CRC Press; 2017. 1–20 p.
6. Tanabe N, Sato S, Suki B, Hirai T. Fractal Analysis of Lung Structure in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Frontiers in Physiology*. 2020 Dec 21;11. doi:10.3389/fphys.2020.603197
7. Gabriele A. Losa, Danilo Merlini, Theo F. Nonnenmacher, Ewald R. Weibel. *Fractals in Biology and Medicine*. Vol. IV. Berlin: Birkhäuser; 2005.
8. Korolj A, Wu HT, Radisic M. A healthy dose of chaos: Using fractal frameworks for engineering higher-fidelity biomedical systems. *Biomaterials*. 2019 Oct 1; 219:119363. DOI: 10.1016/j.biomaterials.2019.119363
9. West BJ. *Fractal Physiology and Chaos In Medicine*. 2nd ed. Singapore: World Scientific Publishing; 2013.
10. Esgiar AN, Chakravorty PK. Electrocardiogram Signal Classification Based on Fractal Features. 2004. DOI:10.1109/CIC.2004.1443025
11. Mishra AK, Raghav S. Local fractal dimension based ECG arrhythmia classification. *Biomedical Signal Processing and Control*. 2010 Apr 1;5(2):114–23. DOI:10.1016/j.bspc.2010.01.002
12. Boccia G, Dardanello D, Beretta-Piccoli M, Cescon C, Coratella G, Rinaldo N, et al. Muscle fiber conduction velocity and fractal dimension of EMG during fatiguing contraction of young and elderly active men. *Physiological measurement*. *Physiol Meas*. 2016 Jan;37(1):162-74. DOI: 10.1088/0967-3334/37/1/162
13. Raghavendra BS, Dutt DN, Halahalli HN, John JP. Complexity analysis of EEG in patients with schizophrenia using fractal dimension. *Physiological Measurement*. *Physiol Meas*. 2009 Aug;30(8):795-808. DOI: 10.1088/0967-3334/30/8/005
14. Akar SA, Kara S, Agambayev S, Bilgic V. Nonlinear analysis of EEG in major depression with fractal dimensions. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2015 Nov:7410–3. DOI: 10.1109/EMBC.2015.7320104
15. Paramanathan P, Uthayakumar R. Application of fractal theory in analysis of human electroencephalographic signals. *Computers in Biology and Medicine*. 2008 Mar 1;38(3):372–8. DOI: 10.1016/j.combiomed.2007.12.004
16. Bollen AM, Taguchi A, Hujuel PP, Hollender LG. Fractal dimension on dental radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*. 2001 Sep;30(5):270-5. DOI: 10.1038/sj/dmfr/4600630
17. Ergün S, Saraçoğlu A, Güneri P, Özpınar B. Application of fractal analysis in hyperparathyroidism. *Dentomaxillofac Radiol*. 2009 Jul;38(5):281-8. DOI: 10.1259/dmfr/24986192
18. 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 Nov;88(5):628-35. DOI: 10.1016/s1079-2104(99)70097-1
19. Ruttimann UE, Webber RL, Hazelrig JB. Fractal dimension from radiographs of periodontal alveolar bone. A possible diagnostic indicator of osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1992 Jul;74(1):98-110. DOI: 10.1016/0030-4220(92)90222-c
20. Baksi BG, Fidler A. Fractal analysis of periapical bone from lossy compressed radiographs: a comparison of two lossy compression methods. *J Digit Imaging*. 2011 Dec;24(6):993-8. DOI: 10.1007/s10278-011-9383-0
21. Geraets WGM, Verheij JGC, van der Stelt PF, Horner K, Lindh C, Nicopoulou-Karayianni K, et al. Osteoporosis and the general dental practitioner: reliability of some digital dental radiological measures. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2007 Dec;35(6):465-71. DOI: 10.1111/j.1600-0528.2006.00357.x
22. Oliveira ML, Pedrosa EFNC, Cruz AD, Haiter-Neto F, Paula FJA, Watanabe PCA. Relationship between bone mineral density and trabecular bone pattern in postmenopausal osteoporotic Brazilian women. *Clinical oral investigations*. 2013 Nov;17(8):1847-53. DOI: 10.1007/s00784-012-0882-2

23. Fazzalari NL, Parkinson IH. Fractal properties of subchondral cancellous bone in severe osteoarthritis of the hip. *Journal of bone and mineral research*. 1997 Apr;12(4):632-40. DOI: 10.1359/jbmr.1997.12.4.632
24. Wolski M, Podsiadlo P, Stachowiak GW. Directional fractal signature methods for trabecular bone texture in hand radiographs: data from the Osteoarthritis Initiative. *Medical physics*. 2014 Aug;41(8):081914. DOI: 10.1118/1.4890101
25. Kurşun-Çakmak EŞ, Bayrak S. Comparison of fractal dimension analysis and panoramic-based radiomorphometric indices in the assessment of mandibular bone changes in patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*. 2018 Aug;126(2):184-191. DOI: 10.1016/j.oooo.2018.04.010
26. Gulec M, Tassoker M, Ozcan S, Orhan K. Evaluation of the mandibular trabecular bone in patients with bruxism using fractal analysis. *Oral radiology*. 2021 Jan;37(1):36-45. DOI: 10.1007/s11282-020-00422-5
27. Öztürk Kocak AT, Göller Bulut D. Measurement of the trabecular bone structure of the TMJ region in patients with transverse maxillary deficiency: a CBCT fractal analysis study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 2021 Sep 1;132(3):352-60. DOI: 10.1016/j.oooo.2021.05.005
28. Sansare K, Singh D, Karjodkar F. Changes in the fractal dimension on pre- and post-implant panoramic radiographs. *Oral Radiology*. 2012 28:15-23. DOI:10.1007/s11282-011-0075-8
29. 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 endodontics*. 2002 Dec;94(6):763-7. DOI: 10.1067/moe.2002.128972
30. Ergün S, Saraçoğlu A, Güneri P, Özpinar B. Application of fractal analysis in hyperparathyroidism. *Dento maxillo facial radiology*. 2009 Jul;38(5):281-8. DOI: 10.1259/dmfr/24986192
31. Chen SK, Oviir T, Lin CH, Leu LJ, Cho BH, Hollender L. Digital imaging analysis with mathematical morphology and fractal dimension for evaluation of periapical lesions following endodontic treatment. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 2005 Oct;100(4):467-72. DOI: 10.1016/j.tripleo.2005.05.075
32. Yu YY, Chen H, Lin CH, Chen CM, Oviir T, Chen SK, et al. Fractal dimension analysis of periapical reactive bone in response to root canal treatment. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 2009 Feb;107(2):283-8. DOI: 10.1016/j.tripleo.2008.05.047
33. Uğur Aydın Z, Toptaş O, Göller Bulut D, Akay N, Kara T, Akbulut N. Effects of root-end filling on the fractal dimension of the periapical bone after periapical surgery: retrospective study. *Clinical oral investigations*. Sep;23(9):3645-3651. DOI: 10.1007/s00784-019-02967-0
34. Batioğlu F. Arka Üveitlerde Görüntüleme Yöntemleri. *Türkiye Klinikleri J Ophthalmol-Special Topics*. 2008;1(2):16-26.
35. Masters BR. Fractal analysis of the vascular tree in the human retina. *Annual review of biomedical engineering*. 2004;6:427-52.
36. Patton N, Aslam TM, MacGillivray T, Deary IJ, Dhillon B, Eikelboom RH, et al. Retinal image analysis: concepts, applications and potential. *Progress in retinal and eye research*. 2006 Jan;25(1):99-127. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2005.07.001
37. Uahabi KL, Atounti M. Applications of fractals in medicine. *Annals of the University of Craiova - Mathematics and Computer Science Series* 2015 Aug 13(1):167-74.
38. Cano-Fernández H, Gómez-Robles A. Assessing complexity in hominid dental evolution: Fractal analysis of great ape and human molars. *American journal of physical anthropology*. 2021 Feb;174(2):352-362. DOI: 10.1002/ajpa.24178

39. Umemori S, Tonami K, Nitta H, Mataka S, Araki K. The Possibility of Digital Imaging in the Diagnosis of Occlusal Caries. *International Journal of Dentistry*. 2010;1–4. DOI: 10.1155/2010/860515
40. Khorasani H, Zheng Z, Nguyen C, Zara J, Zhang X, Wang J, et al. A quantitative approach to scar analysis. *The American journal of pathology*. 2011 Feb;178(2):621-8. DOI: 10.1155/2010/860515
41. Lucchese A, Gentile E, Capone G, de Vico G, Serpico R, Landini G. Fractal analysis of mucosal microvascular patterns in oral lichen planus: a preliminary study. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*. 2015 Nov;120(5):609-15. DOI: 10.1016/j.oooo.2015.06.029
42. Nezafat NB, Ghoranneviss M, Elahi SM, Shafiekhani A, Ghorannevis Z, Solaymani S. Microstructure, micromorphology, and fractal geometry of hard dental tissues: Evaluation of atomic force microscopy images. *Microscopy Research and Technique*. 2019 Nov 1;82(11):1884–90. DOI: 10.1002/jemt.23356
43. Drummond JL, Thompson M, Super BJ. Fracture surface examination of dental ceramics using fractal analysis. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2005(6):586–9. DOI: 10.1016/j.dental.2004.12.002
44. Dey P, Rajesh L. Fractal dimension in endometrial carcinoma. *Anal Quant Cytol Histol* . 2004 Apr;26(2):113–6.
45. Oczeretko E, Juczevska M, Kasacka I. Fractal geometric analysis of lung cancer angiogenic patterns. *Folia Histochem Cytobiol*. 2001;39(2):75–6.
46. Yokoyama T, Kawahara A, Kage M, Kojiro M, Takayasu H, Sato T. Image analysis of irregularity of cluster shape in cytological diagnosis of breast tumors: cluster analysis with 2D-fractal dimension. *Diagnostic cytopathology* 2005 Aug;33(2):71-7. DOI: 10.1002/dc.20309
47. Goutzanis L, Papadogeorgakis N, Pavlopoulos PM, Katti K, Petsinis V, Plochoras I, et al. Nuclear fractal dimension as a prognostic factor in oral squamous cell carcinoma. *Oral oncology*. 2008 Apr;44(4):345-53. DOI: 10.1016/j.oraloncology.2007.04.005
48. 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. *Journal of Family Medicine and Primary Care* 2020;9(5):2448. doi: 10.4103/jfmpc.jfmpc\_159\_20
49. Goutzanis LP, Papadogeorgakis N, Pavlopoulos PM, Petsinis V, Plochoras I, Eleftheriadis E, et al. Vascular fractal dimension and total vascular area in the study of oral cancer. *Head & neck*. 2009 Mar;31(3):298-307. DOI: 10.1002/hed.20959
50. di Ieva A, le Reste PJ, Carsin-Nicol B, Ferre JC, Cusimano MD. Diagnostic Value of Fractal Analysis for the Differentiation of Brain Tumors Using 3-Tesla Magnetic Resonance Susceptibility-Weighted Imaging. *Neurosurgery* 2016 Dec;79(6):839-846. DOI: 10.1227/NEU.0000000000001308
51. Park YW, Kim S, Ahn SS, Han K, Kang SG, Chang JH, et al. Magnetic resonance imaging-based 3-dimensional fractal dimension and lacunarity analyses may predict the meningioma grade. *European Radiology* 2020 Aug 30(8):4615–22. DOI: 10.1007/s00330-020-06788-8
52. Zaia A. Fractal lacunarity of trabecular bone and magnetic resonance imaging: New perspectives for osteoporotic fracture risk assessment. *World journal of orthopedics*. 2015;6(2):221–35. DOI: 10.5312/wjo.v6.i2.221
53. Chikui T, Tokumori K, Yoshiura K, Oobu K, Nakamura S, Nakamura K. Sonographic texture characterization of salivary gland tumors by fractal analyses. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2005 Oct 1;31(10):1297–304. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2005.05.012