

ORTODONTİ'DE SONLU ELEMENLAR ANALİZİNİN KULLANIMI

9. BÖLÜM

Taner ÖZTÜRK¹

GİRİŞ

Karmaşık ve farklı yapıdaki geometrik nesnelere herhangi bir kuvvet uygulandığında bu nesnelere meydana gelebilecek etki ve değişimlerin bilgisayarlar ile modellendiği matematiksel teknik, sonlu elemanlar analizi (SEA) olarak tanımlanmaktadır.^{1,2} Sonlu elemanlar analizi, 1960'lardan beri birçok mühendislik alanında başarıyla kullanılan bir sayısal analiz yöntemidir.³

Bir yapıya herhangi bir kuvvet uygulandığında yapı içerisinde deformasyon ve doğrudan ölçülemeyen gerilmeler oluşur. Bu durum olağandır ve bir materyalin yapısal işlevini yerine getirme şeklidir.⁴ Stomatognatik sistemi oluşturan karmaşık yapıların (ağız çevresi kasları, çiğneme kasları, kemikler, dişler vd.) biyomekaniğini anlamakta kullanılan SEA farklı diş hekimliği uygulamalarında kuvvet ve stres analizi amacıyla kullanılmaktadır.^{3,5} Ağız boşluğu karmaşık bir biyomekanik sistemdir ve araştırmaların çoğu oral biyomekanik sistemin özellikleri hakkında yeterli bilgi sağlayamayan in vitro deneyler şeklinde yapılmıştır.⁵ Dental yapı ve restoratif materyallerin davranış ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinde farklı mekanik testler kullanılmakta ancak bu

molar diş ile ilgili PDL, ataçmanlar ve dizayn edilen şeffaf plak ile ataçmansız, sadece bukkalde tek ataçman olan ve bukkalde üç ataçman olan üç farklı model elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda ataçman bulunan modellerde ataçmansız modele göre daha fazla diş hareketi elde edildiği ve en verimli sistemin tek ataçman bulunan 1,2° lik şeffaf plak modeli olduğu bildirilmiştir.

SONUÇ

Sonlu elemanlar analizinin, fizyolojik diş hareketini sağlamak için uygulanması gereken kesin kuvvetlerin belirlenmesine yardımcı olmasının yanında ortodonti ve kraniyofasiyal ortopedi alanında birçok yöntemin değerlendirilmesi için çok değerli bir yardımcı olduğu kanıtlanmıştır. Tedavi planlamasında, kemiğin yeniden şekillenmesinde, cihaz tasarımlarında, direnç ve rotasyon merkezinin belirlenmesi ve retraksiyon etkinliğinin incelenmesi gibi birçok konuda SEA'nin kullanımı diş hareketinin biyomekaniğinin anlaşılmasına yardımcı olmuştur.

Bu yöntemin en büyük avantajları tamamen non-invaziv ve doğru sonuçlar elde edilebiliyor olmasıdır. Diğer avantajları ise kolay yapılabilir, düşük maliyetli ve uygulanmasının az zaman alıyor olmasıdır. Ayrıca aparey ve kuvvet sistemlerinin tasarımı için birçok farklı alanda yeni fikirler SEA kullanılarak kolayca uygulanabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Konda P, Tarannum S. Basic principles of finite element method and its applications in orthodontics. J Pharm Biomed Sci. 2012;16:1-4.
2. Geramy A. Initial stress produced in the periodontal membrane by orthodontic loads in the presence of varying loss of alveolar bone: a three-dimensional finite element analysis. Eur J Orthod. 2002;24:21-33.
3. Piccioni MAR, Campos EA, Saad JRC, et al. Application of the finite element method in Dentistry. RSBO. 2013;10:369-377.
4. Raposo LH, Armstrong SR, Maia RR, et al. Effect of specimen gripping device, geometry and fixation method on microtensile bond strength, failure

- mode and stress distribution: laboratory and finite element analyses. *Dent Mater.* 2012;28:e50-e62.
5. Singh JR, Kambalyal P, Jain M, et al. Revolution in Orthodontics: Finite element analysis. *J Int Soc Prevent Communit Dent.* 2016;6:110-114.
 6. Gök F. (2019). 3 Farklı Distalizasyon Mekanizmasının Kuvvet Uygulama Noktalarına Göre Tüm Maksiller Dentisyondaki Distalizasyon Paterninin Sonlu Elemanlar Analizi İle İncelenmesi [Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi]. Ordu: Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi.
 7. Hughes TJ. (2012). *The finite element method: linear static and dynamic finite element analysis: (1st Edition)*. New York: Courier Corporation.
 8. Moaveni S. (2012). *Finite element analysis theory and application with ANSYS. (3rd Edition)*. India: Pearson Education.
 9. Shen T, Zhao B, Wang C, et al. Efficacy of different designs of mandibular expanders: A 3-dimensional finite element study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020;157:641-650.
 10. Melsen B. Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. *Angle Orthod.* 1999;69:151-158.
 11. Ammar HH, Ngan P, Crout RJ, et al. Three-dimensional modeling and finite element analysis in treatment planning for orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139:e59-e71.
 12. Kojima Y, Fukui H. Numerical simulation of canine retraction by sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005;127:542-551.
 13. McGuinness N, Wilson AN, Jones M, et al. Stresses induced by edgewise appliances in the periodontal ligament-a finite element study. *Angle Orthod.* 1992;62:15-22.
 14. Bobak V, Christiansen RL, Hollister SJ, et al. Stress-related molar responses to the transpalatal arch: A finite element analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997;112:512-518.
 15. Tamura N, Takaki T, Takano N, et al. Three-dimensional Finite Element Analysis of Bone Fixation in Bilateral Sagittal Split Ramus Osteotomy Using Individual Models. *Bull Tokyo Dent Coll.* 2018;59:67-78.
 16. Liu TC, Chang CH, Wong TY, et al. Finite element analysis of miniscrew implants used for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;141:468-476.
 17. Magesh V, Hari Krishnan P, Kingsly Jeba Singh D. Finite element analysis of slot wall deformation in stainless steel and titanium orthodontic brackets during simulated palatal root torque. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153:481-488.
 18. Moga RA, Cosgarea R, Buru SM, et al. Finite element analysis of the dental pulp under orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2019;155:543-551.
 19. Uysal C, Baloş Tuncer B, Tuncer C. Maxillary posterior intrusion with corticotomy-assisted approaches with zygomatic anchorage-a finite element stress analysis. *Prog Orthod.* 2019;20:8. Doi: 10.1186/s40510-019-0262-4

20. Buyuk SK, Guler MS, Bekci ML. Effect of arch wire size on orthodontic reverse closing loop and retraction force in canine tooth distalization : Three-dimensional finite element analysis. *J Orofac Orthop.* 2019;80:17-24.
21. Zeno KG, El-Mohtar SJ, Mustapha S, et al. Finite element analysis of stresses on adjacent teeth during the traction of palatally impacted canines. *Angle Orthod.* 2019;89:418-425.
22. Alkan Ö, Akkaya S. Vertikal çeneliğin mandibular kondil ve ramus üzerindeki biyomekanik etkilerinin ön açık kapanışı olan ve olmayan bireylerde sonlu elemanlar metodu ile incelenmesi. *Acta Odontol Turc.* 2020;37:48-53.
23. Kushwah A, Kumar M, Goyal M, et al. Analysis of stress distribution in lingual orthodontics system for effective en-masse retraction using various combinations of lever arm and mini-implants: A finite element method study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020;158:e161-e172.
24. Sidhu M, Chugh VK, Dmello K, et al. Evaluation of Stress Pattern Caused by Mini-Implant in Mandibular Alveolar Bone with Different Angulations and Retraction Forces: A Three-Dimensional Finite Element Study. *Turk J Orthod.* 2020;33:150-156.
25. Gurbanov V, Bas B, Öz AA. Evaluation of Stresses on Temporomandibular Joint in the Use of Class II and III Orthodontic Elastics: A Three-Dimensional Finite Element Study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2020;78:705-716.
26. Zadi ZH, Bidhendi AJ, Shariati A, Pae EK. A clinically friendly viscoelastic finite element analysis model of the mandible with Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2020; (Article in press) Doi: 10.1016/j.ajodo.2020.04.017
27. Cozzani M, Sadri D, Nucci L, Jamilian P, Pirhadirad AP, Jamilian A. The effect of Alexander, Gianelly, Roth, and MBT bracket systems on anterior retraction: a 3-dimensional finite element study. *Clin Oral Investig.* 2020;24:1351-1357.
28. Cortona A, Rossini G, Parrini S, et al. Clear aligner orthodontic therapy of rotated mandibular round-shaped teeth: A finite element study. *Angle Orthod.* 2020;90:247-254.