

BÖLÜM 5

Ortodontik Biyomekanik ve Diş Hareketi

Derya DURSUN¹ Elif İpek KOMAR²

GİRİŞ

Ortodontik diş hareketi, uygulanan mekanik kuvvetlerin periodontal ligament (PDL) aracılığıyla alveolar kemik üzerinde başlattığı biyolojik yeniden şekillenme (remodeling) sürecine dayanmaktadır. Uygulanan kuvvetin etkisiyle alveolde basınç ve gerilim alanları olmak üzere iki farklı bölge ortaya çıkar. Basınç bölgelerinde osteoklastik aktiviteye bağlı kemik rezorpsiyonu, gerilim bölgelerinde ise osteoblastik aktiviteye bağlı yeni kemik formasyonu gerçekleşir. Bu çift yönlü biyolojik yanıt, dişin destek dokularıyla birlikte alveol içerisinde kontrollü bir biçimde yer değiştirmesini sağlar. Ortodontik hareket, yalnızca mekanik bir yer değiştirme süreci değil; aynı zamanda hücresel ve moleküler düzeyde çok basamaklı adaptif tepkileri içeren kompleks bir biyolojik olgudur. Periodonsiyumun yapısal özellikleri, uygulanan kuvvetin büyüklüğü, yönü ve süresi ile bireysel biyolojik faktörler, bu yanıtın niteliğini belirleyen temel unsurlardır.

Bu bölümde öncelikle ortodontik biyomekanik çerçevesinde diş destekleyen dokular, fizyolojik ve ortodontik diş hareketi, histolojik ve biyokimyasal mekanizmalar ele alınacaktır. Devamında, ortodontik diş hareketinin evreleri, optimal kuvvet kavramı ve kuvvetin biyolojik cevapla ilişkisi detaylandırılacak; ayrıca diş hareketini hızlandırmaya yönelik güncel cerrahi ve biyolojik yaklaşımlar özetlenecektir. Son olarak direnç merkezi ve moment-kuvvet ilişkisi çerçevesinde farklı diş hareket tipleri ile kuvvet sistemleri ele alınarak, klinik uygulamalar için gerekli temel bilimsel arka plan sunulacaktır.

5.1. Diş Destekleyen Dokular

Diş çevreleyen ve destekleyen dokular, periodonsiyum olarak tanımlanır. Bu yapılar, diş alveolar kemiğe bağlayarak çiğneme gibi fonksiyonel kuvvetlere karşı destek sağlar ve

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti AD., d_dursun83@hotmail.com, ORCID iD: 0000-0002-6592-9502

² Dt., Doktora Öğrencisi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti AD., elif.komar@hotmail.com, ORCID iD: 0009-0008-6648-4016

KAYNAKLAR

1. Lindhe J, Karring T, Lang NP. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. 4th ed. Oxford: Blackwell Publishing; 2003. p. 3–5.
2. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL, et al. *Orthodontics: Current Principles and Techniques*. 6th ed. St. Louis: Elsevier; 2017.
3. Perillo L, d'Apuzzo F, Illario M, Laino L, Di Spigna G, Lepore M, et al. Monitoring biochemical and structural changes in human periodontal ligaments during orthodontic treatment by means of micro-Raman spectroscopy. *Sensors*. 2020;20(15):4235. doi:10.3390/s20154235
4. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. *Contemporary Orthodontics*. 6th ed. St. Louis: Elsevier; 2019.
5. Nanci A. *Ten Cate's Oral Histology: Development, Structure, and Function*. 9th ed. St. Louis: Elsevier; 2017.
6. Shankar G. *Textbook of Orthodontics*. 1st rev ed. Hyderabad: Paras Medical Publisher; 2016.
7. Krishnan V, Davidovitch Z. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2006;129(4):469.e1–32. doi:10.1016/j.ajodo.2005.10.007
8. Wise GE, King GJ. Mechanisms of tooth eruption and orthodontic tooth movement. *Journal of Dental Research*. 2008;87(5):414–434. doi:10.1177/154405910808700509
9. Yıldırım E. Ortodontik diş hareketi: hücresel ve moleküler reaksiyonlar. Ankara: Iksad Publishing House; 2021.
10. Krishnan V, Davidovitch Z. Biological basis of orthodontic tooth movement: a historical perspective. In: Krishnan V, Kuijpers-Jagtman AM, Davidovitch Z, eds. *Biological Mechanisms of Tooth Movement and Craniofacial Adaptation*. 2nd ed. Hoboken (NJ): Wiley Blackwell; 2021. p. 1–18. doi:10.1002/9781119608912.ch1.
11. Ülgen M. Ortodontik Diş Hareketleri Histolojisi. *Ortodontik Tedavi Prensipleri*. Ankara: Ankara Üniv. Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları; 1999. s. 251–269
12. Asiry MA. Biological aspects of orthodontic tooth movement: A review. *Saudi Journal of Biological Sciences* 2018;25(6):1027–1032.
13. Younis LT, Masood M, Bahnasi FIE, Abd Rahman ANA, Abu Hassan MI. The role of components and molecules of periodontal ligament in orthodontic tooth movement. *Asian Journal of Dental Sciences*. 2019;2(1):40–51.
14. Montevicchi M, Marucci G, Pignataro B, Piana G, Bonetti GA, Checchi V. Bone modeling after orthodontic extrusion: a histomorphometric pilot study. *Journal of Clinical Medicine*. 2022;11(24):7329. doi:10.3390/jcm11247329.
15. Ross MH, Pawlina W. *Histology: A Text and Atlas: With Correlated Cell and Molecular Biology*. 7th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2015. p. 218–220.
16. Brudvik P, Rygh P. Root resorption after orthodontic treatment. *European Journal of Orthodontics*. 1993;15(2):134–143.
17. von Böhl M, Kuijpers-Jagtman AM. Hyalinization during orthodontic tooth movement: a systematic review on tissue reactions. *European Journal of Orthodontics*. 2009;31(1):30–36.
18. Wehrbein H, Yildizhan F. The remodelled alveolar bone after orthodontic tooth movement: a histological study. *European Journal of Orthodontics*. 2001;23(5):465–473.
19. Reitan K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. *American Journal of Orthodontics*. 1957;43(1):32–45.
20. Toms SR, Lemons JE, Bartolucci AF, Eberhardt AW. Nonlinear stress-strain behavior of periodontal ligament under orthodontic loading. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2002;122(2):174–179.
21. Nanda R, Uribe F, Yadav S. *Temporary Anchorage Devices in Orthodontics*. 2nd ed. St. Louis: Elsevier; 2021.

22. Chauhan S. Accelerated orthodontics- Different treatment modalities. *Journal of Dental Specialities*. 2024;10(1):12-20.
23. Meikle MC. The tissue, cellular, and molecular regulation of orthodontic tooth movement: 100 years after Carl Sandstedt. *European Journal of Orthodontics*. 2006;28(3):221-240.
24. Nakao K, Goto T, Gunjigake KK, Konoo T, Kobayashi S, Yamaguchi K. Intermittent force induces high RANKL expression in human periodontal ligament cells. *Journal of Dental Research*. 2007;86(7):623-628. doi:10.1177/154405910708600708
25. Nakamura I, Jimi E. Regulation of osteoclast differentiation and function by interleukin-1. *Vitamins and Hormones*. 2006;74:357-370.
26. Jiang C, Li Z, Quan H, Xiao L, Zhao J, Jiang C, et al. Osteoimmunology in orthodontic tooth movement. *Oral Diseases*. 2015;21(6):694-704.
27. Andrade I, Taddei SR, Souza PE. Inflammation and tooth movement: the role of cytokines, chemokines, and growth factors. *Seminars in Orthodontics*. 2012;18(4):257-269.
28. Yamaguchi M. RANK/RANKL/OPG during orthodontic tooth movement. *Orthodontics and Craniofacial Research*. 2009;12(2):113-119.
29. Nishijima Y, Yamaguchi M, Kojima T, Aihara N, Nakajima R, Kasai K. Levels of RANKL and OPG in gingival crevicular fluid during orthodontic tooth movement and effect of compression force on releases from periodontal ligament cells in vitro. *Orthodontics and Craniofacial Research*. 2006;9(2):63-70.
30. Atik E, Çiğer S. Effects of Drugs on Orthodontic Tooth Movement. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*. 2012;33(1):13-20. doi:10.5505/eudfd.2012.97759
31. Zahrowski JJ. Bisphosphonate treatment: an orthodontic concern calling for a proactive approach. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2007;131(3):311-320.
32. Igarashi K, Mitani H, Adachi H, Shinoda H. Anchorage and retentive effects of a bisphosphonate (AHBuBP) on tooth movement in rats. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1994;106(3):279-289.
33. Bartzela T, Turp JC, Motschall E, Maltha JC. Medication effects on the rate of orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009;135(1):16-26.
34. Sakuma Y, Li Z, Pilbeam CC, Alander CB, Chikazu D, Kawaguchi H, Raisz LG. Stimulation of cAMP production and cyclooxygenase-2 by prostaglandin E₂ and selective prostaglandin receptor agonists in murine osteoblastic cells. *Bone*. 2004;34(5):827-834.
35. Kale S, Kocadereli I, Atilla P, Aşan E. Comparison of the effects of 1,25 dihydroxycholecalciferol and prostaglandin E₂ on orthodontic tooth movement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2004;125(5):607-614.
36. Takano-Yamamoto T, Kawakami M, Yamashiro T. Effect of age on the rate of tooth movement in combination with local use of 1,25(OH)₂D₃ and mechanical force in the rat. *Journal of Dental Research*. 1992;71(8):1487-1492.
37. Kale S, Kocadereli İ. Farmakolojik ajanların ortodontik diş hareketi üzerine etkileri. *Türk Ortodonti Derneği Dergisi*. 2003;16(3):142-151.
38. Soma S, Iwamoto M, Higuchi Y, Kurisu K. Effects of continuous infusion of PTH on experimental tooth movement in rats. *Journal of Bone and Mineral Research*. 1999;14(4):546-554.
39. Tunçer NI, Özçırpıcı AA. Hızlandırılmış Diş Hareketi Alanında Cerrahi Destekli Teknikler. *Türkiye Klinikleri Journal of Orthodontics – Special Topics*. 2015;1(1):34-41.
40. Frost H. The regional acceleratory phenomenon: a review. *Henry Ford Hospital Medical Journal*. 1983;31(1):3-9.
41. Lee W, Karapetyan G, Moats R, Yamashita DD, Moon HB, Ferguson DJ, Yen SL. Corticotomy-assisted tooth movement accelerates tooth movement without compromising periodontal health. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2008;134(5):636-646.
42. Wilcko MT, Wilcko WM, Pulver JJ, Bissada NF, Bouquot JE. Accelerated osteogenic ortho-

- odontics technique: a 1-stage surgically facilitated rapid orthodontic technique with alveolar augmentation. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 2009;67(10):2149–2159.
43. Dibart S, Sebaoun JD, Surmenian J. Piezocision: a minimally invasive, periodontally accelerated orthodontic tooth movement procedure. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*. 2009;30(6):342–344.
 44. Teixeira C, Khoo E, Tran J, Chartres I, Liu Y, Thant L. Cytokine expression and accelerated tooth movement. *Journal of Dental Research*. 2010;89(10):1135–1141.
 45. Alikhani M, Raptis M, Zoldan B, Sangsuwon C, Lee YB, Alyami B. Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013;144(5):639–48.
 46. Altan BA, Sokucu O, Ozkut MM, Inan S. Metrical and histological investigation of the effects of low-level laser therapy on orthodontic tooth movement. *Lasers in Medical Science*. 2012;27(1):131–140.
 47. Burstone C. The biomechanics of tooth movement. In: Kraus BS, Riedel RA, eds. *Vistas in orthodontics*. Philadelphia: Lea & Febiger; 1962. p. 197–213.
 48. Tosun Y. *Sabit ortodontik apareylerin biyomekanik prensipleri*. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi; 1999.
 49. Carvalho CV, Bauer FPF, Romito GA, Pannuti CM, De Micheli G. Orthodontic extrusion with or without circumferential supracrestal fiberotomy and root planing. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*. 2006;26(1):87–93.