

BÖLÜM 1

DİŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANILAN MEKANİK TEST YÖNTEMLERİ

İpek BALEVİ AKKESE¹

GİRİŞ

Protetik materyallerin bileşenleri, temel özellikleri ve yapıları arasındaki ilişkilerin bilinmesi, malzemelerin etkin klinik kullanımı açısından oldukça önemlidir. Dental materyallerin; ağız ve komşu dokularla olan uyumu, çiğneme kuvvetlerinin etkisi, renk uyumu, yüzey özellikleri ve kenar uyumunun değerlendirilmesi klinisyenlere klinik kullanımları hakkında bilgi vermektedir. Ayrıca bu malzemelerle ilişkili mine ve dentin gibi diş dokularına iletilen streslerin bilinmesi, hekim tarafından yapılan değişikliklerin izlenmesi ve bu bilgilerin yorumlanmasıyla ortaya çıkan veriler restorasyonun başarısını ve uzun dönemdeki ömrünü doğrudan etkilemektedir (1). Bu verileri elde edebilmek için diş hekimliğinde kullanılacak bazı mekanik test yöntemleri geliştirilmiştir (Şekil 1)(2).

1.BAĞLANMA DAYANIMI TESTLERİ

Uzun zamandır kullanılan materyallerin, yeni geliştirilen materyaller ile kıyaslanarak klinik başarılarını ve başarısızlıklarını değerlendirebilmek için bazı test yöntemleri geliştirilmiştir. Bağlanma dayanımı testleri adeziv ve adherent ara yüzeyindeki bağlantının kopmasına sebep olan en küçük kuvveti ölçmeye yarayan testlerdir (2). Bu dayanım, kopmanın yüzey alanı büyüklüğüne göre mikro ya da makro test yöntemleri olarak sınıflandırılabilir (3).

Kompozit esaslı materyallerin bağlanma dayanımlarını ölçmek amacıyla makaslama, çekme (tensile) mikrotensile (mikro çekme) ve gerinim testleri en çok kullanılan test yöntemleridir (4-6).

¹ Dr. Dt., Dişpoint Ağız ve Diş Sağlığı Polikliniği, balevi.ipek@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-4109-2023

Absorbe olan ışığın titreşim enerji seviyesi absorbsiyon miktarını, titreşim frekansı ise molekülün titreşim hareketini belirler. Moleküllerin bu titreşim enerji seviyeleri ve titreşim frekansları komşu ve kimyasal gruplara göre değişmektedir. Kompozit malzemelerde alifatik karbon çift bağları 1637 cm^{-1} , aromatik karbon çift bağları 1608 cm^{-1} ise dalga bandında titreşim oluştururlar. Bu dalga bandındaki değerler polimerler ve monomerler için ayrı ayrı belirlendikten sonra formüle yerleştirilir (113).

FTIR yönteminde küçük bir örnekten analiz yapılabilmektedir. Ayrıca sonuçlar kısa bir sürede elde edilebilmekte ve karmaşık yapıların analizinde etkili sonuçlar verebilmektedir (116).

SONUÇ

Diş hekimliğinde tercih edilecek olan restoratif materyalin uzun ömürlü olarak kullanılabilmesi belli faktörlere bağlıdır. İlk olarak seçilen materyalin üretici firma talimatlarına uygun olacak şekilde hangi bölgede ve hangi kalınlıkta kullanılacağı belirlenmelidir. Ağız içerisindeki restorasyonlar pek çok kuvvete, ısı ve renk değişimine maruz kalabilmektedir. Bu restorasyonun estetik ve mekanik olarak dayanımlarının sağlanıp, uzun süre ağızda sağlam bir şekilde ağızda kalabilmesi için mekanik test yöntemleri ile araştırılıp geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Braga RR, Meira JB, Boaro LC, et al. Adhesion to tooth structure: a critical review of “macro” test methods. *Dent Mater.* 2010;26(2):e38-e49.
2. Özcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent.* 2015;17(1):7-26.
3. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater.* 2010;26(2):e100-e21.
4. Tekçe N. İn vitro bağlanma dayanım testleri ile klinik çalışmalar arasındaki ilişki. *EÜ Dişhek Fak Derg.* 2013.
5. dos Santos DM, Monteiro RV, Athayde FRF, et al. In vitro and practical guide for the analysis of bond strength to ceramics. *Ceramics International.* 2023;49(11):17099-108.
6. Park J-H, Choi Y-S. Microtensile bond strength and micromorphologic analysis of surface-treated resin nanoceramics. *J Adv Prosthodont.* 2016;8(4):275-84.
7. Monteiro RV, Dos Santos DM, Bernardon JK, et al. Effect of surface treatment on the retention of zirconia crowns to tooth structure after aging. *J Esthet Restor Dent.* 2020;32(7):699-706.
8. Ersöz AE. *Farklı tam seramik alt yapı materyallerinin veneerlenmesinde kullanılan üst yapı seramiğinin makaslama kuvvet dayanımına karşı direncinin karşılaştırılması ve liner uygulamasının bağlantıya etkisi.* Ankara: Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2013.
9. Behr M, Rosentritt M, Bettermann K, et al. The influence of electron beam irradiation on the shear bond strength of glass-reinforced frameworks and veneer composites. *J Mater Sci Mater Med.* 2006;17:659-65.
10. Al-Dohan HM, Yaman P, Dennison JB, et al. Shear strength of core-veneer interface in bi-layered ceramics. *J Prosthet Dent.* 2004;91(4):349-55.
11. Sakaguchi R, Ferracane J, Powers J. *Craig's restorative dental materials-e-book.* 13th ed. Elsevier Health Sciences; 2012.

12. Tuncer B. *Seramik ve Seramik Benzeri Materyallerin Titanyumla Adezyonunda Resin Simanın ve Yüzey İşlemlerinin Etkisinin İncelenmesi* [PhD]. Ankara: Hacettepe University; 2017.
13. Poitevin A, De Munck J, Van Landuyt K, et al. Critical analysis of the influence of different parameters on the microtensile bond strength of adhesives to dentin. *J Adhes Dent*. 2008;10(1).
14. Andrade AMd, Moura SK, Reis A, et al. Evaluating resin-enamel bonds by microshear and microtensile bond strength tests: effects of composite resin. *J Appl Oral Sci*. 2010;18:591-8.
15. El Zohairy A, De Gee A, De Jager N, et al. The influence of specimen attachment and dimension on microtensile strength. *J Dent Res*. 2004;83(5):420-4.
16. Nikzadjamani S, Zarrati S, Rostamzadeh M. Microtensile Bond Strength Between Zirconia Core and Veneering Porcelain After Different Surface Treatments. *J Dent*. 2017;14:303-12.
17. Yılmaz H, Nemli SK, Aydın C, et al. Effect of fatigue on biaxial flexural strength of bilayered porcelain/zirconia (Y-TZP) dental ceramics. *Dent Mater*. 2011;27(8):786-95.
18. Munoz A, Zhao Z, Paolone G, et al. Flexural Strength of CAD/CAM Lithium-Based Silicate Glass-Ceramics: A Narrative Review. *Materials*. 2023;16(12):4398.
19. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. *Phillips' science of dental materials*. Elsevier Health Sciences; 2012.
20. Hawsawi RA, Miller CA, Moorehead RD, et al. Evaluation of reproducibility of the chemical solubility of dental ceramics using ISO 6872: 2015. *J Prosthet Dent*. 2020;124(2):230-6.
21. Demirel M, Diken Türksayar AA, Donmez MB. Translucency, color stability, and biaxial flexural strength of advanced lithium disilicate ceramic after coffee thermocycling. *J Esthet Restor Dent*. 2023;35(2):390-6.
22. Bogna S, Alicia M, Anja L. Modern CAD/CAM silicate ceramics, their translucency level and impact of hydrothermal aging on translucency, Martens hardness, biaxial flexural strength and their reliability. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021;118:104456.
23. Öztürk C, Çelik E, Gönültaş F. Effect of different surface treatments on the biaxial flexural strength of zirconia ceramics. *J Prosthet Dent*. 2023;129(1):220. e1-. e5.
24. Okada R, Asakura M, Ando A, et al. Fracture strength testing of crowns made of CAD/CAM composite resins. *J Prosthodont Res*. 2018;62(3):287-92.
25. Deliktaş D, Ulusoy N. Farklı ışık cihazlarıyla polimerize edilen iki kompozit rezinin yüzey sertlikleri üzerine çeşitli likitlerin etkisi. Ankara: Ankara University 2006.
26. Sakaguchi R, Ferracane J, Powers J. *Craig's restorative dental materials*. 12th ed. 2019. 51-96 p.
27. Andersson M, Odén A. A new all-ceramic crown: a dense-sintered, high-purity alumina coping with porcelain. *Acta Odontol Scand* 1993;51(1):59-64.
28. Combe EC. *Notes on dental materials*. 1986.
29. Callister W, Rethwisch D. *Materials science and engineering an introduction*; 2018.
30. Garoushi S, Vallittu P, Shinya A, et al. Influence of increment thickness on light transmission, degree of conversion and micro hardness of bulk fill composites. *Odontology*. 2016;104:291-7.
31. Paravina RD, Powers JM. *Other appearance attributes. Esthetic color training in dentistry*. 2004.
32. Türel V. Restoratif dental materyallerin yüzey mekanik özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2015;25:77-82.
33. Yılmaz Z, Akal N. Diş hekimi kontrolünde olmayan (otc) beyazlatma ürünlerinin genç daimi diş minesinin renk, mikrosertlik, yüzey pürüzlülüğü ve morfolojisine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2019;29(1):33-43.
34. Linkevicius T, Valantiejene V, Alkimavicius J, et al. The effect of a polishing protocol on the surface roughness of zirconium oxide. *Int J Prosthodont*. 2020;33(2):217-23.
35. Ereifej N, Oweis Y, Eliades G. The effect of polishing technique on 3-D surface roughness and gloss of dental restorative resin composites. *Oper Dent*. 2012;38(1):E9-E20.
36. Turkun L, Turkun M. The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Oper Dent*. 2004;29(2):203-11.
37. Ayad MF, Johnston WM, Rosenstiel SF. Influence of dental rotary instruments on the roughness and wettability of human dentin surfaces. *J Prosthet Dent*. 2009;102(2):81-8.
38. Ersahan S, Sabuncuoglu FA. Effect of surface treatment on enamel surface roughness. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*. 2016;50(1):1.
39. Joniot S, Salomon JP, Dejou J, et al. Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing. *Oper Dent*. 2006;31(1):39-46.

40. Müller P, Andrieu S. Les surfaces solides: concepts et méthodes. *EDP Sciences*. 2005;10:11-2.
41. Jung M, Bruegger H, Klimek J. Surface geometry of three packable and one hybrid composite after polishing. *Oper Dent*. 2003;28(6):816-24.
42. Finke M, Jandt KD, Parker DM. The early stages of native enamel dissolution studied with atomic force microscopy. *J Colloid Interface Sci*. 2000;232(1):156-64.
43. Lippert F, Parker D, Jandt K. Toothbrush abrasion of surface softened enamel studied with tapping mode AFM and AFM nanoindentation. *Caries res*. 2004;38(5):464-72.
44. Lippert F, Parker DM, Jandt KD. In vitro demineralization/remineralization cycles at human tooth enamel surfaces investigated by AFM and nanoindentation. *J Colloid Interface Sci*. 2004;280(2):442-8.
45. Poggio C, Lombardini M, Vigorelli P, et al. The role of different toothpastes on preventing dentin erosion: an SEM and AFM study*. *Scanning*. 2014;36(3):301-10.
46. Goldstein JI, Newbury DE, Michael JR, et al. *Scanning electron microscopy and X-ray microanalysis*. 4 ed. New York: Springer; 2017. XXIII, 550 p.
47. Della Bona A, Anusavice KJ, Mecholsky Jr JJ. Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. *Dent Mater*. 2003;19(8):693-9.
48. Bona AD, Anusavice KJ, Hood JA. Effect of ceramic surface treatment on tensile bond strength to a resin cement. *Int J Prosthodont*. 2002;15(3).
49. Craig J, Powers J. *Restorative dental materials*: St. Louis: Mosby; 2002.
50. Adıgüzel Ö. Sonlu elemanlar analizi: derleme Bölüm I: dişhekimliğinde kullanım alanları, temel kavramlar ve eleman tanımları. *Dicle Dişhekimliği Dergisi*. 2010;11(1):18-23.
51. Ulusoy M, Ak A. *Diş hekimliğinde hareketli bölümlü protezler*. Ankara 2010. 687-9 p.
52. Geng J-P, Tan KB, Liu G-R. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *J Prosthet Dent*. 2001;85(6):585-98.
53. Barão V, Delben J, Lima J, et al. Comparison of different designs of implant-retained overdentures and fixed full-arch implant-supported prosthesis on stress distribution in edentulous mandible—a computed tomography-based three-dimensional finite element analysis. *J Biomech*. 2013;46(7):1312-20.
54. Erkmen E, Meriç G, Kurt A, et al. Biomechanical comparison of implant retained fixed partial dentures with fiber reinforced composite versus conventional metal frameworks: a 3D FEA study. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2011;4(1):107-16.
55. de Freitas Santos CM, Pellizzer EP, Verri FR, et al. Influence of implant inclination associated with mandibular class I removable partial denture. *J Craniofac Surg*. 2011;22(2):663-8.
56. Assunção WG, Barão VAR, Tabata LF, et al. Biomechanics studies in dentistry: bioengineering applied in oral implantology. *J Craniofac Surg*. 2009;20(4):1173-7.
57. Özkır S. *Düz ve eğimli yerleştirilmiş farklı implant tasarımları üzerine yapılan sabit restorasyonların fotoelastik stres analizi ile incelenmesi*. Ankara: Ankara Üniversitesi; 2007.
58. Aydın C, Yaluğ Ö, Yılmaz C, Demirel E. Metal destekli ve desteksiz porselen köprülerde fotoelastik yöntem ile kuvvet dağılımının incelenmesi. *Atatürk Uni Diş Hek Fak Derg*. 1995.
59. Sayın Özel G. *Total Dişsiz Çenelerde İmplant Destekli Overdenture Protezler İle İmplant Destekli Hareketli Bölümlü Protezlerin Kuvvet İletimi Yönünden Karşılaştırılması* [PhD]. Konya: Selcuk University; 2014.
60. Ulusoy M, Ak A. *Diş Hekimliğinde Hareketli Bölümlü Protezler*. Ankara: Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları; 2010. 96-120 p.
61. Sonugelen M, Artunç C. *Ağız Protezleri Ve Biomekanik*. İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları; 2002.
62. Karl M, Dickinson A, Holst S, Holst A. Biomechanical methods applied in dentistry: a comparative overview of photoelastic examinations, strain gauge measurements, finite element analysis and three-dimensional deformation analysis. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2009;17(2):50-7.
63. Going RE, Massler M, Dute HL. Marginal penetration of dental restorations by different radioactive isotopes. *J Dent Res*. 1960;39(2):273-84.
64. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, et al. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. *Oper Dent*. 1995;20(1):18-25.
65. Türkün Ş, Ergücü Z. Estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemlerin karşılaştırılması. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2004;21(2):143-51.

66. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, et al. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *Journal of endodontics*. 1995;21(3):109-12.
67. Delivanis PD, Chapman KA. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1982;53(4):410-6.
68. Landis JB, Ventura KL, Soltis DE, et al. Optical sectioning and 3D reconstructions as an alternative to scanning electron microscopy for analysis of cell shape. *Appl Plant Sci*. 2015;3(4):1400112.
69. Faria KOd, Silveira-Júnior CDd, Silva-Neto JPd, et al. Comparison of methods to evaluate implant-abutment interface. *Brazilian Journal of Oral Sciences*. 2013;12:37-40.
70. Elliott JC, Dover S. X-ray microtomography. *J Microsc*. 1982;126(2):211-3.
71. Rhodes J, Ford TP, Lynch J, et al. Micro-computed tomography: a new tool for experimental endodontology. *Int Endod J*. 1999;32(3):165-70.
72. Swain MV, Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci*. 2009;1(4):177-88.
73. Bentley MD, Ortiz MC, Ritman EL, et al. The use of microcomputed tomography to study microvasculature in small rodents. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2002;282(5):R1267-R79.
74. Scarano A, Valbonetti L, Degidi M, et al. Implant-abutment contact surfaces and microgap measurements of different implant connections under 3-dimensional X-ray microtomography. *Implant Dent*. 2016;25(5):656-62.
75. Liao C-W, Fuh L-J, Shen Y-W, et al. Self-assembled micro-computed tomography for dental education. *PLoS One*. 2018;13(12):e0209698.
76. Keklikoglou K, Faulwetter S, Chatzinikolaou E, et al. Micro-computed tomography for natural history specimens: a handbook of best practice protocols. *European Journal of Taxonomy*. 2019(522).
77. Braem M, Lambrechts P, Vanherle G. Clinical relevance of laboratory fatigue studies. *Journal of dentistry*. 1994;22(2):97-102.
78. Papacchini F, Toledano M, Monticelli F, et al. Hydrolytic stability of composite repair bond. *Eur J Oral Sci*. 2007;115(5):417-24.
79. Itinoche KM, Özcan M, Bottino MA, et al. Effect of mechanical cycling on the flexural strength of densely sintered ceramics. *Dent Mater*. 2006;22(11):1029-34.
80. Harada K, Shinya A, Gomi H, et al. Effect of accelerated aging on the fracture toughness of zirconias. *J Prosthet Dent*. 2016;115(2):215-23.
81. Roy M, Whiteside L, Katerberg B, et al. Phase transformation, roughness, and microhardness of artificially aged yttria-and magnesia-stabilized zirconia femoral heads. *J Biomed Mater Res A*. 2007;83(4):1096-102.
82. Ernst C-P, Canbek K, Euler T, et al. In vivo validation of the historical in vitro thermocycling temperature range for dental materials testing. *Clin Oral Investig*. 2004;8:130-8.
83. Gale M, Darvell B. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*. 1999;27(2):89-99.
84. Amaral FL, Colucci V, Palma-Dibb RG, et al. Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: a critical review. *J Esthet Restor Dent*. 2007;19(6):340-53.
85. Morresi AL, D'Amario M, Capogreco M, et al. Thermal cycling for restorative materials: does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2014;29:295-308.
86. Oblak C, Verdenik I, Swain MV, et al. Survival-rate analysis of surface treated dental zirconia (Y-TZP) ceramics. *J Mater Sci Mater Med*. 2014;25:2255-64.
87. Wiskott HW, Nicholls JJ, Belser UC, et al. Stress fatigue: basic principles and prosthodontic implications. *Int J Prosthodont*. 1995;8(2).
88. Zhang L, Wang Z, Chen J, et al. Zhou W, Zhang S. Probabilistic fatigue analysis of all-ceramic crowns based on the finite element method. *J Biomech*. 2010;43(12):2321-6.
89. Wassell R, McCabe J, Walls A. A two-body frictional wear test. *J Dent Res*. 1994;73(9):1546-53.
90. Steiner M, Mitsias ME, Ludwig K, et al. In vitro evaluation of a mechanical testing chewing simulator. *Dent Mater*. 2009;25(4):494-9.
91. Bulut AC, Atsü SS. Diş Hekimliğinde Restoratif Materyallerin Yaşlandırma İşlemleri Ve Çiğneme Simülörleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2016;26(1).

92. DeLong R. Intra-oral restorative materials wear: rethinking the current approaches: how to measure wear. *Dent Mater.* 2006;22(8):702-11.
93. Bayındır F, Wee A. The use of computer aided systems in tooth shade-matching. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi.* 2006;30(3):40-6.
94. Chen H, Huang J, Dong X, Qian J, et al. A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. *Quintessence Int.* 2012;43(8).
95. Chu SJ, Goldstein RE, Lee EA, et al. Stappert CF. Ronald E. *Goldstein's Esthetics in Dentistry:* John Wiley & Sons; 2018.
96. Turgut S, Bağış B. Diş hekimliğinde renk ve renk ölçüm yöntemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* 2012;5:65-75.
97. Burkinshaw S. Colour in relation to dentistry. Fundamentals of colour science. *Br Dent J.* 2004;196(1):33-41.
98. Okubo SR, Kanawati A, Richards MW, Childress S. Evaluation of visual and instrument shade matching. *J Prosthet Dent.* 1998;80(6):642-8.
99. Agrawal V, Kapoor S. Color and shade management in esthetic dentistry. *Univers Res J Dent.* 2013;3(3):120-7.
100. Hunt RWG, Pointer MR. *Measuring colour:* John Wiley & Sons; 2011.
101. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of dentistry.* 2010;38:e2-e16.
102. Blaes J. Today's technology improves the shade-matching problems of yesterday. *J Indiana Dent Assoc.* 2002;81(4):17-9.
103. Wee AG. Description of color, color replication process and esthetics. In: Rosenstiel S, Land M, Fujimoto J, editors. Contemporary fixed prosthodontics. 4 ed. St. Louis: Mosby Inc.; 2006. p. 710-2.
104. Ragain J. A review of color science in dentistry: shade matching in the contemporary dental practice. *J Dent Oral Disord Ther.* 2016;4(2):1-5.
105. Lagouvardos PE, Fougia AG, Diamantopoulou SA, Polyzois GL. Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Prosthet Dent.* 2009;101(1):40-5.
106. Goldstep F, Freedman G. *Color and Shade.* UK: Elsevier Mosby; 2012. 135-67 p.
107. Kim H-K. Evaluation of the repeatability and matching accuracy between two identical intraoral spectrophotometers: an in vivo and in vitro study. *J Adv Prosthodont.* 2018;10(3):252-8.
108. Basavanna R, Gohil C, Shivanna V. Shade selection. *International Journal of Oral Health Sciences.* 2013;3(1):26-31.
109. Passos SP, Kimpara ET, Bottino MA, et al. Effect of ceramic shade on the degree of conversion of a dual-cure resin cement analyzed by FTIR. *Dent Mater.* 2013;29(3):317-23.
110. Palta N, Secilmis A, Yazicioglu H. Effect of monolithic zirconia on the degree of conversion of two resin cements analyzed by FT-IR/ATR spectroscopy. *Journal of Adhesion Science and Technology.* 2016;30(9):972-82.
111. Shim JS, Han SH, Jha N, et al. Effect of irradiance and exposure duration on temperature and degree of conversion of dual-cure resin cement for ceramic restorations. *Oper Dent.* 2018;43(6):E280-E7.
112. Donmez MB, Yuçel MT. Effect of monolithic CAD-CAM ceramic thickness on resin cement polymerization: An in-vitro study. *Am J Dent.* 2019;32(5):240-4.
113. Fahmy YA, Abdelsattar GA, Zohdy MM. Degree of Monomer conversion for different resinous materials used to lute ceramic laminate veneers (in vitro study).
114. Jafarzadeh T-S, Erfan M, Behroozibakhsh M, et al. Evaluation of polymerization efficacy in composite resins via FT-IR spectroscopy and vickers microhardness test. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2015;9(4):226.
115. Moraes LGP, Rocha RSE, Menegazzo LM, et al. Infrared spectroscopy: a tool for determination of the degree of conversion in dental composites. *J Appl Oral Sci.* 2008;16:145-9.
116. Balevi Akkese İ, *Farklı tip ve kalınlıklardaki monolitik zirkonya seramiklerin rezin simanların polimerizasyon ve mikrosertliğine etkisi* [PhD]. Konya: Selcuk University; 2022.