



The Journal of Turkish Dental Research | Türk Diş Hekimliği
Araştırma Dergisi

Yıl / YEAR 2023

Cilt / Volume 2

Sayı / Issue 3

Eylül - Aralık
September - December

100

TÜRKİYE CUMHURİYETİ'NİN YÜZÜNCÜ YILI KUTLU OLSUN





The Journal of Turkish Dental Research

Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi

Cilt 2, Sayı 3, / Volume 2, Number 3, / Eylül, Aralık - September, December 2023

E-ISSN: 2822-4310



The Journal of Turkish Dental Research Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi



Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği
Fakültesinin bilimsel yayın organıdır.
The Official organ of Ondokuz Mayıs University
Faculty of Dentistry

Yılda 3 Kez Yayınlanır.
Published three times a year.

SAHİBİ/Owner Rektör/Rector

Prof. Dr. Yavuz ÜNAL

SORUMLU YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ Director of publications

Dekan/ Dean

Prof. Dr. Nilüfer ÖZKAN

YAYIM KURULU/ Editorial Board

EDİTÖR / Editor

Prof. Dr. Peruze ÇELENK

YARDIMCI EDİTÖR / Associate Editor

Prof. Dr. Duygu SARAÇ

ÜYELER / Executive Committee

Prof. Dr. Duygu SARAÇ

Prof. Dr. Nilüfer ÖZKAN

Prof. Dr. Aysun AVŞAR

Prof. Dr. Müge LÜTFİOĞLU

Prof. Dr. Nihan GÖNÜLÖL

Doç. Dr. Cangül KESKİN

Dr. Öğr. Üyesi Sabahat YAZICIOĞLU

DİL EDİTÖRÜ

Abdulatif Hajjismael AHMED

Kapak Tasarım, Sayfa Mizanpaj Kudret Kuşoğlu

İletişim Adresi / Correspondence

Adres: Körfez Mahalesi

OMÜ Caddesi, No: 65

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Diş Hekimliği Fakültesi

55200 ATA KUM/SAMSUN

Editör Tel: 0362 312 19 19 / 8153

dis_dergi@omu.edu.tr

Ulusal Süreli Yayındır.

E-ISSN: 2822-4310

BİLİMSEL DANIŞMA KURULU (alfabetik sıra ile) Advisory Board (in alphabetical order)

Ağız Diş ve Çene Cerrahisi

Prof. Dr. Mehtap MUĞLALI

Prof. Dr. Emel BULUT

Prof. Dr. Hasan Ayberk ALTUĞ

Prof. Dr. Dilek Aynur ÇANKAL

Doç. Dr. Nihat AKBULUT

Doç. Dr. Gürkan Raşit BAYAR

Ağız Diş ve Çene Radyolojisi

Prof. Dr. İlknur ÖZCAN

Prof. Dr. A. Berhan YILMAZ

Prof. Dr. A. Pınar SÜMER

Prof. Dr. E. Murat CANGER

Prof. Dr. Hüsnüye D. KOCASARAÇ

Endodonti

Prof. Dr. Cemil YEŞİLSOY

Prof. Dr. Hakan ARSLAN

Prof. Dr. Ali KELEŞ

Doç. Dr. Berivan Tuğba TÜRK

Doç. Dr. Cangül KESKİN

Ortodonti

Prof. Dr. Tülin TANER

Prof. Dr. Mehmet Alp TAVAS

Prof. Dr. Selim ARICI

Prof. Dr. Selma ELEKDAĞ TÜRK

Doç. Dr. İdil ALATLI BURT

Pedodonti

Prof. Dr. Şule BAYRAK

Prof. Dr. Işıl ŞAROĞLU SÖNMEZ

Prof. Dr. Aysun AVŞAR

Prof. Dr. Ayça Tuba ULUSOY YAMAK

Periodontoloji

Prof. Dr. İbrahim Alpdoğan KANTARCI

Prof. Dr. Nurcan BUDUNELİ

Prof. Dr. Elif Eser ACAREL

Prof. Dr. Burcu ÖZKAN ÇETİNKAYA

Doç. Dr. Ferda PAMUK ÖZER

Protetik Diş Tedavisi

Prof. Dr. Burak YILMAZ

Prof. Dr. Sadullah ÜÇTAŞLI

Prof. Dr. Yurdanur ŞANLI UÇAR

Prof. Dr. Bora BAĞIŞ

Prof. Dr. Murat YENİSEY

Prof. Dr. Şafak KÜLÜNK

Restoratif Diş Tedavisi

Prof. Dr. Füsün ÖZER

Prof. Dr. Eda GÜLER

Doç. Dr. Emel KARAMAN

Doç. Dr. Nurcan ÖZAKAR İLDAY

Dr. Öğr. Üyesi Tuğba MİSİLLİ

Dr. Öğr. Üyesi Özge Gizem CABADAĞ

The Journal of Turkish Dental Research

Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi

Yıl / Year 2023 | Cilt / Volume 2 | Sayı / Issue 3 | Eylül - Aralık, September - December

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALESİ / Research Article

Eklemeli Üretim Tekniği ile Üretilen Farklı Kimyasal Yapıya Sahip Hareketli Protez Yapay Dişlerinin Renk Stabilitesine Yüzey Bitirme ve Yaşlandırma İşlemlerinin Etkisi

The Effect of Surface Finishing and Ageing Processes on the Color Stability of Removable Denture Artificial Teeth with Different Chemical Structures Produced by Additive Manufacturing Technique..... 232

Azzahraa AL-OMIRI, Duygu SARAÇ

Sefalometrik Radyograflerin Analizlerinde Kullanılan Dijital ve Manuel Metotların Karşılaştırılması

Comparison of Digital and Manual Methods Used in the Analysis of Cephalometric Radiographs.....241

Ayla YILMAZ, Fethiye ÇAKMAK ÖZLÜ

SİSTEMATİK DERLEME ve OLGU SUNUMU / A Systematic Review and a Case Series

Kırık Diş Parçasının Yeniden Yapıştırılması: Sistematik Derleme ve Olgu Serisi

Reattachment of Fractured Tooth Fragments: A Systematic Review and a Case Series.....251

Kardelen BEŞKARDEŞ, Yeliz GÜVEN

DERLEME / Review

Üç Boyutlu Baskı Yöntemi ile Üretilen Protez Kaide Materyallerinin Üretim Yöntemleri, Mekanik ve Fiziksel Özellikleri

Manufacturing Methods, Mechanical and Physical Properties of Three-Dimensional Printed Denture Base Materials....266

Azzahraa AL-OMIRI, Duygu SARAÇ

Yapay Zekâ'nın Diş Hekimliği Pratiğine Kazanımları

Benefits of Artificial Intelligence to Dental Practice.....278

Cihan AKDOĞAN, Hatice ÖZDEMİR

Sabit Protetik Restorasyonlarda Marjinal Adaptasyonun In Vitro Ölçüm Yöntemleri

In Vitro Measurement Methods of Marginal Adaptation in Fixed Prosthetic Restorations.....288

Ferruh Semir SMAİL, Hüseyin Emir YÜZBAŞIOĞLU



The Journal of Turkish Dental Research
Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi

e-ISSN: 2822-4310, Cilt 2, Sayı 3, Eylül - Aralık 2023
Volume , Number 3, September - December 2023

**Eklemeli Üretim Tekniği ile Üretilen Farklı Kimyasal Yapıya Sahip
Hareketli Protez Yapay Dişlerinin Renk Stabilitesine
Yüzey Bitirme ve Yaşlandırma İşlemlerinin Etkisi**

The Effect of Surface Finishing and Ageing Processes on the Color Stability of
Removable Denture Artificial Teeth with Different Chemical Structures
Produced by Additive Manufacturing Technique

Eklemeli Üretim Tekniği ile Yapılan Yapay Dişlerinin Renk Stabilitesi

Azzahraa AL-OMIRI¹, Duygu SARAÇ²

¹ Dt., Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Samsun, Türkiye
Alzahra_ahmed@hotmail.com
ORCID: 0009-0008-9742-9677

² Prof. Dr., Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Samsun, Türkiye
dsarac@omu.edu.tr
ORCID: 0000-0003-1076-9334

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 22-12-2023

Kabul Tarihi / Accepted: 18-01-2024

Yıl / Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 2 | **Sayı – Issue:** 3 | **Sayfa / Pages:** 232-240

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Azzahraa AL-OMIRI

<https://doi.org/10.58711/turkishjdentres.vi.1408386>

Eklemler Üretim Tekniği ile Üretilen Farklı Kimyasal Yapıya Sahip Hareketli Protez Yapay Dişlerinin Renk Stabilitesine Yüzey Bitirme ve Yaşlandırma İşlemlerinin Etkisi

The Effect of Surface Finishing and Ageing Processes on the Color Stability of Removable Denture Artificial Teeth with Different Chemical Structures Produced by Additive Manufacturing Technique

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, eklemeli üretim tekniği ile üç boyutlu (3B) yazıcı ile üretilen hareketli protezlerde kullanılan farklı kimyasal yapıya sahip yapay dişlerin renk değişimine yüzey bitirme ve termal devirlendirme ile yaşlandırma işlemlerinin etkisini in vitro olarak incelemektir.

Gereç ve Yöntem: Bu çalışmada üç boyutlu yazıcı ile üretilen iki farklı yapay diş rezin materyali; metilmetakrilak (MMA) içermeyen (PowerResins Temp; DentaFab, Türkiye) ve metilmetakrilat oligomer içerikli (Flexcera™Smile; Desktop Health, Envision TEC™ systems, Almanya) kullanıldı. Her bir materyalden 15x10x3 mm boyutlarında 30 adet olacak şekilde, toplam 60 adet örnek hazırlandı. Örnekler farklı yüzey bitirme işlemleri uygulanması amacı ile iki gruba ayrıldı (n=15). Birinci grupta örneklere yüzey işlemi olarak farklı grenlerde silisyum karbür zımpara kâğıtları (VIBRATITE 996A, Çin) kullanılarak zımpara işlemi uygulandı. İkinci grupta ise 400 gritlik zımpara uygulamasının ardından pomza ile yüzey düzeltildi ve en son Evrensel Parlatma Pastası, (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) kullanılarak bitirme işlemi tamamlandı. Yüzey bitirme işlemlerinin ardından örneklerin birinci renk ölçümleri (T0) bir Spektrofotometre (VITA Easyshade® V, Almanya) kullanılarak yapıldı. Ardından örneklere 5.000 kez 5-55°C de termal devirlendirme yöntemi ile yapay yaşlandırma işlemi uygulandıktan sonra ikinci renk ölçümleri (T1) tamamlandı. Renk farklılıklarının (ΔE_{00}) belirlenmesinde CIE2000 formülü kullanıldı. Veriler iki yönlü varyans analiz kullanılarak istatistik olarak değerlendirildi ($p < 0.05$).

Bulgular: Üç boyutlu yazıcı ile üretilen iki farklı yapay diş materyali karşılaştırıldığında en yüksek renk değişimi ΔE_{00} değerleri MMA içermeyen yapay diş rezini ile elde edilmiştir ($p < 0.001$). Yüzey bitim işlemleri karşılaştırıldığında ise en yüksek ΔE_{00} değerlerin polisaj patı kullanılan gruptalarda elde edildiği görülmüştür: ($p < 0.018$).

Sonuç: Üç boyutlu yazıcı ile üretilen farklı kimyasal yapıya sahip hareketli protez yapay diş rezinlerinin termal devirlendirme sonrasında renk stabilitesi açısından materyalin ve yüzey bitirme işleminin etkili olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Termal devirlendirme, renk stabilitesi, 3 boyutlu yazıcı, eklemeli üretim yapay diş.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to evaluate color stability after thermal cycling of two different types of 3D printed denture teeth resin materials.

Material and Method: In this study, 60 (15x10x3) artificial tooth resin materials were produced with two different three-dimensional printers: PowerResins Temp (DentaFab, Turkey and Flexcera™ Smile, Desktop Health, Envision TEC™ systems, Germany). The final surface polishing of the samples was completed according to two methods and divided into two groups (n = 15). After the polishing process, the samples were artificially aged using a thermal cycle device for 5,000 cycles (5-55°C). A Spectrophotometer (VITA Easyshade® V, Germany) was used to measure color change values before (T0) and after (T1) thermal cycling. CIE2000 formula was used to determine ΔE values. Data were analyzed according to two-way analysis of variance statistics ($p < 0.05$).

Results: When two different artificial tooth materials produced with a 3D printer were compared, the highest color change ΔE_{00} values were obtained with MMA free artificial tooth resin ($p < 0.001$). When the surface finishing treatments were compared, it was seen that the highest ΔE_{00} values were obtained in the groups where polished using polishing paste ($p < 0.018$).

Conclusion: It has been observed that the material and surface finishing process are effective in terms of color stability after thermal cycling of removable denture artificial tooth resins with different chemical structures produced with a three-dimensional printer.

Keywords: Thermal cycle, color stability, 3-dimensional printer, additive manufacturing, denture teeth

Giriş

Son yıllarda dişsizlik oranı azalmış olsa da, yaşam kalitesinin artması ile birlikte yaşlı nüfusun oranı ve buna bağlı olarak hareketli protez ihtiyacı da artmıştır.¹ Diş, implant ve doku destekli hareketli protezler dişsiz hastaların tedavisinde sıklıkla tercih edilen tedavi yöntemleridir.²⁻⁴ Bu tedavi yöntemleri ile dişsiz bireylerin çiğneme fonksiyonu, fonetik ve estetiği yeniden düzenlenerek yaşam kalitesi iyileştirmektedir.⁵ Yapay dişler, hareketli protezlerin fonasyon, fonksiyon ve estetiğin sağlanması için önemli bir parçasıdır⁶ ve çeşitli materyallerden üretilmektedir.⁷ Yapay dişlerin yapımında en çok tercih edilen materyal rezin ya da modifiye rezinlerdir.⁸

Akrilikten üretilen yapay dişlerin aşınma sorunu, kötü boyutsal stabilitesi ve renk değiştirmesi gibi dezavantajlara sahip olmasına rağmen hafif olması, kaide materyaline kimyasal olarak bağlanması ve kolay okluzal uyumlama yapılması önemli avantajlardır.⁸⁻¹⁰ Porselen esaslı yapay dişlerin yüksek aşınma direnci, iyi boyutsal stabilite ve iyi estetik görünüme sahiptir.^{8,10} Porselen yapay dişler kaide materyaline mekanik olarak veya silanizasyon ile bağlanmaktadır, akrilik yapay dişlere göre daha kırılmalıdır ve zayıf darbe dayanımı sahiptir. Aynı zamanda yüksek aşınma direncine sahip oldukları için karşıt arktaki dişlerin, özellikle iyi polisaj uygulanmaması halinde, aşınmasına neden olmaktadır.^{8,10} Kompozit rezin esaslı yapay dişlerin ise, rezin matrix tipinin ve doldurucu materyallerinin renk stabilitesi üzerinde etkin rol oynadığı bildirilmiştir.¹¹

Estetik açıdan değerlendirildiğinde, renk stabilitesinin önemli kriterlerden biri olduğu bilinmektedir. Yapay dişlerin görünümü ve rengi de hareketli protezlerin estetiğinde önemli bir faktördür.¹² Bu nedenle protezlerin renklenmesi, hastanın memnuniyetsizliğine ve protezin değiştirilme ihtiyacına neden olabilmektedir.¹³ Uzun süreli klinik kullanım sonucunda, leke birikimi, materyalin bileşenlerinin çözünmesi, su emilimi, pigment bozulması ve artan yüzey pürüzlülüğü akrilik dişlerinin renk stabilitesini etkilemektedir.¹³⁻¹⁵ Bu nedenle yapay dişlerin hidrofobik içeriğinin artırılması, su emilimine ve renklenmeye karşı duyarlılığını azaltabilmektedir.¹¹

Son yıllarda dijital teknolojinin gelişmesiyle birlikte bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) ve üç boyutlu (3B) baskı diş hekimliğinde

yaygın olarak kullanılmaktadır.^{12,16,17} Dijital teknolojiler hareketli protezlerin üretiminde de popüler hale gelmiştir.^{14,17} Dijital teknolojinin en önemli avantajı kişiye göre tasarım ve üretim yapılmasıdır.¹⁸ Eklemeli üretim olarak da bilinen 3B baskı, protez dişlerini bir yazıcıda katman katman üretir ve katmanlar genellikle bir ultraviyole ışık (UV) kaynağı ile aralıklı olarak polimerize edilmektedir. Bu üretim tekniği eksiltme yöntemine göre daha hızlı ve düşük maliyetlidir.¹⁷⁻¹⁹ Geleneksel prefabrike akrilik dişlerin ve üç boyutlu baskı ile üretilmiş hareketli protez dişlerini renklenme açısından karşılaştıran çalışmalar sonucunda üç boyutlu üretilmiş dişlerin daha üstün renk stabilitesine sahip olduğu gösterilmiştir.^{12,19,20}

Bu çalışmanın amacı, eklemeli üretim tekniği ile üretilen, farklı kimyasal yapıya sahip hareketli protezlerde kullanılan yapay dişlerin, renk stabilitesine yüzey bitirme işlemlerinin ve termal devirlendirme ile yaşlandırma işleminin etkisini incelemektir.

Çalışmanın hipotezi, yapay dişlerin kimyasal yapısının ve yüzey bitirme işlemlerinin yaşlandırma sonrasında yapay dişlerin renk stabilitesini etkileyeceğidir.

Materyal ve Metot

Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada, eklemeli üretim teknolojisinin dijital ışık işleme yöntemi (DLP) kullanarak iki farklı yapay diş rezininden 30 adet olmak üzere toplam 60 adet örnek hazırlandı. Örnekler standart mozaik dilinde (STL) 15 mm x 10 mm x 3 mm boyutlarında tasarlandı. Örneklerin hazırlanacağı rezinlerin standardizasyonu amacı ile aynı renk (A1) kullanıldı. Çalışmada kullanılan yapay diş rezinleri ve üretim yöntemleri Tablo I'de görülmektedir.

Birinci grup yapay diş rezininden (PowerResins Temp, A1) önce örnekler dijital olarak tasarlanıp STL formatına dönüştürüldü. Ardından dilimleme yazılım programı (Novaplatom, Türkiye) kullanılarak 3B yazıcıda basılacak şekilde hazırlandı. Lee EH ve ark.²¹ 3B baskılı rezinlerin farklı katman kalınlığının ve baskı yönünün 3B baskılı rezin materyalinin renk stabilitesine etkisini inceledikleri çalışmada, renk stabilitesi açısından en az değişiklik gösteren grubun 100 µm katman kalınlığı ve 0° açısı ile üretilen grup olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle tasarlanan örnekler üretici talimatlarına uygun şekilde platforma paralel olarak 0° oryantasyon açısıyla yerleştirildi ve katman kalınlığı 100 µm olarak ayarlandı.

Table I. Çalışmada kullanılan yapay diş rezin materyalleri ve üretim cihazları

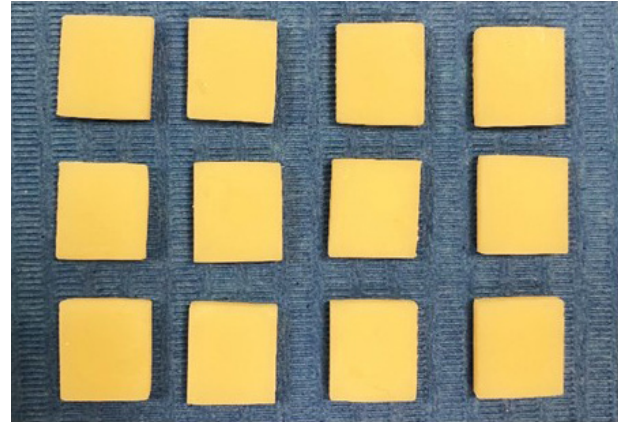
Ürün	Ana materyal	3B yazıcı	Dalga boyutu	Katman kalınlığı	Üretici firma	UV Kürleme Ünitesi
PowerResins Temp, A1	Yardımcı maddeler içeren akril ve metakril. (MMA içermez)	Sega Dental 3B yazıcı.	385nm-405nm	100µm	DentaFab, İstanbul, Türkiye	Twin Cure, MEDIFIVE, Güney Kore
Denture teeth Flexcera™ Smile, A1	Metakril monomer, Metakril oligomer, Diphenyl (2,4,6-trimetilbenzoyl) fosfinoksid	D4K Pro 3B yazıcı.	385nm	100µm	Desktop Health, Envision TEC™ systems, GmbH, Gladbeck, Almanya	PCA 2000, EnvisionTEC GmbH, Gladbeck, Almanya.

DLP teknolojisine sahip 3B yazıcı (Sega Dental 3B yazıcı; Dentafab, İstanbul, Türkiye) 385 nm dalga boyu ile 30 adet örnek üretildi. Örneklerin üretimi tamamlandıktan sonra yıkama işlemi etil alkol (>%90) ile ultrasonik yıkama cihazı (Twin Tornado, MEDIFIVE, Güney Kore) kullanarak 5 dakika boyunca yapıldı ve basınçlı hava ile kurutuldu. Daha sonra özel UV kürleme cihazı (Twin Cure, MEDIFIVE, Güney Kore) ile 20 dakika boyunca son polimerizasyon işlemi tamamlandı.

İkinci grup yapay diş rezininden (Denture teeth Flexcera™ Smile, A1) örnekler yine diğer rezin grubunda olduğu gibi dijital olarak tasarlandı ve STL formatına dönüştürüldü. Ardından dilimleme yazılım programı (Envision.1 slicing software, EnvisionTEC GmbH, Gladbeck, Almanya) kullanarak 3B yazıcıda basılacak şekilde getirildi. Platforma paralel olarak 0° oryantasyon açısıyla yerleştirilen örnekler DLP teknolojisine sahip 3B yazıcı (D4K Pro 3B yazıcı, EnvisionTEC GmbH, Gladbeck, Almanya) kullanılarak, 385 nm dalga boyu ve üretim katman kalınlığı 100µm olacak şekilde 30 adet örnek üretildi. Örneklerin yıkama işlemi (>%96) izopropil alkol banyosunda maksimum 5 dakika boyunca yapıldı ve basınçlı hava ile kurutuldu. Resin sıvısının tamamen uzaklaştırılması için ikinci defa (>%96) izopropil alkol banyosunda 2 dakika boyunca yıkandı ve basınçlı hava ile kurutuldu. Yıkanan örnekler tamamen kurutulduktan sonra UV kürleme cihazı (PCA 2000 Parts Curing Apparatus, Envisiontec GmbH, Gladbeck, Almanya) ile 30 dakika boyunca 37 °C'de son polimerizasyon işlemi gerçekleştirildi.

Her iki grubun örneklerinde bulunan destek yapıları

laboratuvarında tungsten karbid frezi kullanarak uzaklaştırıldı ve zımpara ile cilalandı (Şekil 1). Daha sonra bütün örneklerin boyutları dijital bir kumpas (Digimatic AOS, Mituyoto A.G., Japonya) ile kontrol edildi.

**Şekil 1.** Çalışmada hazırlanan örnekler

Yüzey İşlemleri

Her iki rezin grubunun örnekleri silisyum karbür zımpara kâğıdı ve geleneksel cilalama iki farklı cilalama yöntemini uygulanması amacı ile iki alt gruba (n=15) ayrıldı. Birinci grupta önce örneklerin silisyum karbür zımpara kâğıdı (VIBRATITE 996A, Çin) kullanılarak her iki geniş yüzeyi cilalandı. Ardından polisaj işlemi olarak su soğutmalı bir cihaz (Phoenix Beta; Buehler) kullanılarak sıra ile P800, P1200, P2000, P4000 gritlik zımpara kâğıtları her biri 5 saniye olacak şekilde uygulandı.²²

İkinci örnek grubunda ise geleneksel cilalama işlemi uygulandı.¹¹ İlk olarak su soğutmalı bir cihazda (Phoenix Beta; Buehler) 400 gren boyutlu silisyum karbür zımpara kâğıdı ile her iki geniş yüzey zımparalandı. Sonrasında pomza tozu (Pomza; İşler Dental, Türkiye) ile 2 dakika

süre ile cilalama cihazı (Universal cilalama makinası, BalkanMotor, İstanbul, Türkiye) kullanarak yine aynı yüzeyler cilalandı ve son işlem olarak bir cila patı (Universal Polishing Paste, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) ile yüzey cilalaması gerçekleştirildi.

Polisaj işlemleri bittikten sonra tüm örnekler %80 etanol ile 5 dakika süreyle dezenfekte edildi ve ardından steril gazlı bezle kurutuldu. Boyutlar dijital bir kumpas (Digimatic AOS, Mituyoto A.G., Japonya) ile kontrol edildi.

Tüm örneklerin yapay yaşlandırma işlemi termal devirlendirme cihazı (Dentester, Salubris Technicaer, Türkiye) kullanılarak, altı aylık bir oral kullanımı temsil eden 30 saniye daldırma süresi ve her banyo arasında 10 saniye transfer süresi olmak üzere, 5°C ile 55°C arasında 5000 devir şeklinde uygulandı.²³

Renk ölçümü

Örneklerin rengini ölçmek için bir spektrofotometre (VITA Easysshade® V, Almanya) kullanıldı; ilk renk ölçümleri (T₀) termal devirlendirme uygulamadan önce kaydedildi. Termal devirlendirme tamamlandıktan sonra örnekler distile su ile yıkandı ve steril gazlı bezle kurutuldu ardından ikinci (T₁) renk ölçümü yapıldı. Çalışmada CIE2000 (Commission Internationale d'Eclairage) sistemi kullanıldı. Her bir örnekten üç renk ölçümü yapıldıktan sonra ortalama L, a, b değerleri kaydedildi. Renk farklılığı (ΔE00) hesaplamasında aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\Delta E00 = \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H}{K_H S_H}\right)}$$

ΔL*, ΔC* ve ΔH*, ΔE00'deki bir çift numune için aydınlık (lightness), kroma (chroma) ve renk tonu (hue) farklılıklarıdır. RT, mavi bölgedeki renk ve renk tonu farklılıkları arasındaki etkileşimi açıklayan bir fonk-

siyondur.²⁴ Formülde belirtilen SL, SC ve SH renk yoğunluğu ve renk tonuna ait ağırlık fonksiyonlarını tanımlamaktadır. Ayrıca KL, KC ve KH aydınlık, renk yoğunluğu ve renk tonu için değerlendirilen parametrik faktörlerdir. CIE2000 ΔE renk farklılıklarının algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik sınırları son yıllarda yapılan çalışmalarla değerlendirilmiş ve belirlenmiştir.^{11,25,26} Bu çalışmada ΔE00= 0.8 algılanabilirlik eşiği ve ΔE00= 1.8 kabul edilebilirlik eşiği olarak kabul edildi.

İstatistiksel Analiz

Veriler IBM SPSS V23 ile analiz edildi. Normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk ve basıklık-çarpıklık değerlerine göre incelendi. Yapay diş rezin materyalleri ve cila yöntemlerine göre ΔE00 değerlerinin karşılaştırılmasında İki yönlü ANOVA kullanıldı. Analiz sonuçları ortalama ± sapma(s) şeklinde sunuldu. Önem düzeyi (p<0,05) olarak alındı.

SEM İncelemesi

Cilalama işlemlerinin 3B baskı yöntemi ile üretilen rezin yüzeyleri üzerindeki etkisini incelemek amacı ile her bir grubu temsil eden ve aynı işlemlerin uygulandığı örneklerin yüzeyleri önce vakum altında 200 Å altın-paladyum (Au-Pd) ile kaplandı ve 15,0 kV'de alan emisyon taramalı elektron mikroskobu (SEM; JSM-7001F; JEOL, Tokyo, Japonya) kullanılarak ×500 büyütme ile incelendi. Dijital fotoğrafları elde etmek için Semafore (JEOL, Tokyo, Japonya) sistemi kullanıldı.

Bulgular

Grupların ortalama renk farklılık değerleri ve istatistiksel analiz sonuçları Tablo II'de görülmektedir.

İstatistiksel analiz sonucunda termal devirlendirme sonrasında farklı yapay diş rezinlerinin ve farklı cila işlemlerinin, yapay dişlerin renk farklılığını etkilediği bulundu (p<0.001). Renk farklılığı açısından materyal-

Table II. İki yönlü Varyans analizi sonuçları ve grupların ortalama değerleri

Ürün	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P	KEK
Materyal	1	3.229.	3.229	12.300	0.001	0.180
Cila İşlemi	1	1.562	1.562	5.950	0.018	0.096
Materyal* Cila İşlem	1	0.071	0.071	0.270	0.606	0.005

F: İki Yönlü Varyans Analizi Test İstatistiği; KEK: Kısmi Eta Kare, Sd: Serbestlik derecesi, R²=%24,85, Düzeltilmiş R²=%20,82

Table III. Grupların karşılaştırmalı olarak ortalama değerleri ve standart sapmaları

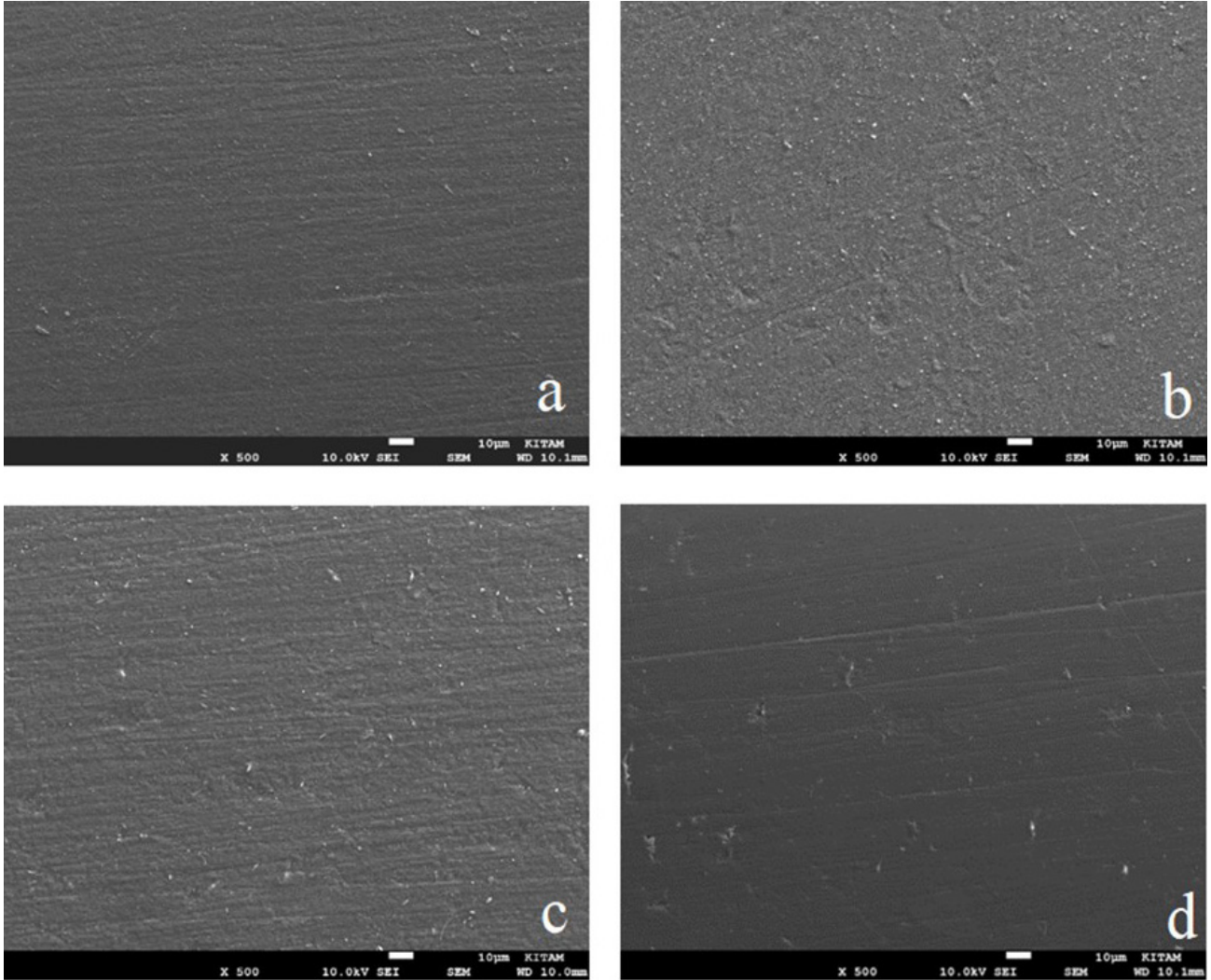
İşlem	Materyal		Toplam
	MMA içermeyen	MMA oligomer içeren	
Geleneksel Cila	2,20±0,67	1,66±0,47	1,93±0,63
Zımpara	1,81±0,48	1,41±0,39	1,61±0,47
Toplam	2,00±0,61	1,54±0,44	1,77±0,58

ler arasında anlamlı bir fark bulundu ($p= 0.001$). Metil metakrilat monomeri içermeyen rezin, MMA oligomer içeren rezine göre daha yüksek renk farklılığı değerleri göstermiştir. Benzer bir şekilde cila işlemleri arasında da istatistiksel bir fark bulundu ($p=0.081$).

Her iki rezin materyalinde de geleneksel cila yöntemi zımpara ile cila yöntemine göre daha yüksek renk

farklılığı göstermiştir, MMA içermeyen yapay diş rezini ortalama renk farklılığı değeri $2,20\pm0,67$ iken, MMA oligomer içerikli rezinin ortalama değeri $1,66\pm0,47$ olarak bulundu. Yüzey işlemlerinin renk farklılığı üzerine etkilerini gösteren grupların ortalama değerleri Tablo III' te görülmektedir.

Taramalı elektron mikroskop (SEM) ile elde edilen



Şekil 2. Taramalı elektron mikrografi analizi (x500); (a) Oligomer içerikli rezin zımpara ile cilalama; (b) Oligomer içerikli rezin geleneksel cilalama (Flexura™Smile, Desktop Health, Envision TEC™ systems, Almanya). (c) MMA içermeyen rezin zımpara ile cilalama; (d) MMA içermeyen rezin geleneksel cilalama (PowerResins Temp, DentaFab, Türkiye).

fotomikrografları incelendiğinde en düzgün yüzeyin sili-kon karbür zımpara kağıtları ile cilalama işleminin uygulanan örnekte elde edildiği görülmüştür (Şekil 2-a, c) Her iki polisaj yöntemi karşılaştırıldığında geleneksel cilalama yöntemi uygulanan gruplarda yüzeyler daha pürüzlü ve daha çok girinti içeren yüzeyler olduğu görülmüştür (Şekil 2-b, d).

Tartışma

Hareketli protezlerde bulunan yapay dişlerin renk stabilitesi hem protezlerin uzun ömürlü olması hem de hasta memnuniyeti açısından önemli bir faktördür. Renk değişikliği, estetik uyumsuzluk protezlerin yenilenmesinin başlıca nedenleridir.¹⁹

Akrilik rezinin renk değişikliği içsel ve dışsal faktörlerden kaynaklanabilmektedir. İçsel faktörler, rezinin matristeki yapısal değişiklikleri de dahil olmak üzere, akrilik rezinin renk bozulmasıyla ilişkilidir. Ayrıca, rezinlerin termal değişiklikler ve nem içeren fiziksel ve kimyasal koşullara maruz kalması sonucunda materyalin yaşlanması ile içsel renk değişikliği oluşmaktadır. Su emilim ve adsorpsiyon gibi dış faktörler, renk değişikliğini artırabilir.²⁷

Bu çalışmada örneklere altı aylık klinik kullanımı simüle etmek amacıyla ile 5.000 kez ile termal devirleme ile yaşlandırma işlemi uygulandı.²³ Yaşlandırma işlemi sırasında yapay diş rezin materyalinin sıcak ve soğuk su banyosuna maruz kalması termal stresleri taklit ederek protez polimerinin bozulmasına neden olabilir ve ısı stresi su emilimini artırarak emilen suyun protezi yumuşatması ile protez rezinin özelliklerinin bozulmasına neden olabilir.²⁸⁻³⁰ Tüm rezin materyallerin termal devirleme işleminden sonra artan su emilimini gösterdiği ve 3B baskılı ile üretilen rezin materyallerinde de aynı davranışın gözlemlendiği bildirilmiştir.^{31,32}

Su emilimi, rezinlerin fiziksel ve kimyasal yapısında bozulmalara neden olan, ayrıca renk stabilitesini etkileyen faktörlerden biridir. Su emilimi, çeşitli gıdalardan gelen pigmentlerin rezinin yapısına girmesini veya yapışmasını artıran neden olabilmektedir.²² Gad ve ark.³³ 3 boyutlu baskılı rezin gruplarının termal devirleme öncesinde ve sonrasında konvansiyonel yöntemlerle üretilen rezinlere göre su emiliminin önemli ölçüde arttığını bildirmiştir. Buna benzer olarak farklı çalışmalarda da 3B baskılı rezinlerin daha yüksek su emilim değerlerine

sahip olduğu bildirilmiştir.^{32,34,35} Su emilimindeki artışın polimerizasyon tekniği ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir.³³ Üç boyutlu yazıcı ile üretilen rezinlerin düşük polimerizasyon oranları, reaksiyona girmeyen monomerlerde artış olması ile sonuçlanır.³³ Buna ek olarak rezin içerisindeki çapraz bağ maddeleri, plastikleştirici maddeler, başlatıcılar veya çözünür materyaller gibi polimerize rezinlerinde bulunan ek bileşenler yüksek su emilimine neden olabilmektedir.³³ Su emilimini etkileyen diğer faktör ise 3B baskılı rezinlerinin baskı katmanları arasında emilen suyun interpolimerik boşluklara yayılması ve bunun sonucunda suda çözünürlüğünün artmasıdır.³³

Greil ve ark.³⁵ 3B baskılı rezininde oluşabilen renk ve yarı saydımlıktaki farklılığın sebebinin farklı monomer / oligomer tipi, monomer molekül ağırlığı, foto-başlatıcı tipi ve foto-polimerizasyon mekanizmasına sahip olmalarından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca üç boyutlu baskılı rezinlerinin formülasyonundaki farklı monomer içeriği, rezinin mekanik özelliklerindeki değişikliklerinin sebebi olduğu belirtilmiştir.³⁶

Renk stabilitesini etkileyebilecek başka bir faktör ise 3B baskılı rezinlerinin yüzey bozulmasıdır.³⁷ Yüzey bozulması materyalin içeriği ile ters orantılıdır. Üç boyutlu baskılı rezinler genellikle azaltılmış inorganik dolgu parçacıkları içerir, böylece üretim süreci sırasında malzemenin akışkanlığı artar ve daha pürüzsüz bir yüzey oluşturabilecek düşük viskozite sağlanır.³⁷ Buna karşın, azaltılmış dolgu içeriği, rezinin malzemesinin aşınma direncini azaltır ve yaşlanma süreci sırasında yüzeyin bozulmasına yol açmaktadır.³⁷

Yüzey bozulmasını arttıran başka bir faktör ise depolama sırasında dolgu parçacıklarının çökmesinin baskı sırasında heterojen katmanlar oluşturması ve böylece yetersiz polimerizasyona yol açabilmesidir. Bu faktör, 3B baskılı rezinlerinde gözlenen artan renk değişikliklerinin bir nedeni olabilir.²²

Assuncao ve ark.²⁷ yaptıkları çalışmanın sonucunda farklı yapay dişlerin benzer kimyasal yapılarına rağmen farklı renk stabilitesi gösterdiğini ve bunun nedeninin kimyasal yapıların içinde bulunan hidrofil yapıdaki monomerlerin ve farklı miktarda çapraz bağlayıcıların bulunması olduğunu bildirmişlerdir. Çeşitli çalışmalar, kompozit reçinelerin renk stabilitesinde rezin matrisinin tipinin önemli olduğu ve üretilen glikol dimetakrilat

(TEGDMA) içeren kompozit rezinlerin diglisidil eter metakrilat (bis-GMA) veya üretan dimetakrilat (UDMA) içeren kompozitlere göre daha fazla renk değişikliğinin kaydedildiğini bildirmiştir.³⁸

Şahin ve ark.¹¹ yaptıkları çalışmaya göre mikrodolurcu ile güçlendirilmiş PMMA esaslı yapay dişlerin grubu daha düşük renk değişimi değerleri gösterdiği ve bu sonucun yüksek derecede oluşan hidrofobik çapraz bağlanma ve dolgu içeriği ile daha az su emilimine yol açtığını açıklamışlardır.

Bu çalışmada MMA içermeyen yapay diş rezinin ortalama renk farklılığı değerlerinin ($\Delta E_{00}=2,00$) kabul edilebilirlik eşiğinin ($\Delta E_{00}= 1,8$) üstünde kalmaktadır ve diğer rezine göre daha fazla renklenme gösterdiği bulunmuştur. Bu sonucun yukarıda detaylı anlatılan rezinin polimerizasyon yöntemi ve kimyasal özellikleriyle ilgili olduğu düşünülmektedir. Fakat üretici firmaların rezinlerin kimyasal içeriklerinin ticari rekabeti açısından paylaşılması, net sonuçların verilememesine neden olmaktadır.

Ağız içi restorasyonların yüzey pürüzlülüğü, renklenme ve lekelenme oluşmasında önemli rol oynamaktadır. Yüksek yüzey pürüzlülüğü arttıkça lekelenmenin de arttığı bildirilmiştir.³⁹ Pürüzlü bir yüzey daha dağınık yansımaya izin verirken düz ve pürüzsüz bir yüzey aynasal yansımaya izin vererek, farklı renk algısına neden olabilir.^{27,40} Yüzeyin yeterli bir şekilde cilalanması, restorasyonun plak birikiminin azalmasını, leke oluşmamasını ve restorasyonun hızlı aşınmasını engelleyecek önemli bir etkidir.⁴¹ Bu çalışmada zımpara kağıtları ile cilalanmış grupta ortalama renk farklılığı değeri ($\Delta E_{00}=1,61$) iken geleneksel cilalama tekniği ile elde edilen ortalama renk farklılığı değeri ($\Delta E_{00}=1,93$) kabul edilebilir eşiğinin üstünde bulunmuştur. Zımpara kağıtları ile yapılan cilalama protokolü ile daha pürüzsüz bir yüzey elde edilmiştir. Bunun nedeni zımpara kâğıtları (p800-p4000) kalın partiküllerden, ultra ince partiküle doğru sıra ile uygulanması sonucunda yüzeydeki pürüzlerin veya yüzey düzensizliklerinin aşındırılarak düz bir yüzey oluşturulmasıdır. Bununla birlikte, geleneksel cilalama işleminde aşındırma miktarı daha az olurken, polisaj patı ise sadece düz yüzeylerin parlatılmasına yardımcı olmaktadır. Şahin ve ark.¹¹ yaptıkları çalışmada geleneksel cilalama ile cilalanan yapay diş grubu için en yüksek ΔE_{00} değeri elde

edilmiştir. Çalışmamızda yüzey işlemlerinin SEM incelemesinde zımpara ile cilalanmış yüzeylerin daha düzgün bir yüzeye sahip olduğu ve yüzey defektlerinin olmadığı görülmektedir (Şekil 2).

Üç boyutlu baskı yöntemi ile kullanılan rezinlerin kimyasal içerikleri ile ilgili detaylı bilgiler üretici firmalar tarafından paylaşılmamaktadır. Bu nedenle kimyasal yapının fiziksel özelliklere ne kadar etkili olması ile ilgili kesin sonuçlar verilememektedir. Ayrıca bu çalışmada in vitro koşullar kullanılması yine sınırlamalarımızı oluşturmaktadır.

Bu sınırlamalar dahilinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Üç boyutlu baskı yöntemi ile üretilen yapay rezin dişlerin yapısal farklılıkları renk farklılığı üzerinde etkili bulunmuştur.

2. Yüzey cilalama işlemleri arasında farklı gren boyutları içeren zımpara kağıtlarının sırası ile kullanımı sonucunda elde edilen yüzey daha düşük renk farklılığı oluşturmıştır.

3. Bu materyallerin in vivo şartlarda test edilmesi daha kesin sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

Kaynaklar

1. Al-Rafee M. The epidemiology of edentulism and the associated factors: A literature Review. *J Family Med Prim Care*. 2020;9(4):1841.
2. Messias A, Karasan D, Nicolau P, Pjetursson BE, Guerra F. Rehabilitation of full-arch edentulism with fixed or removable dentures retained by root-form dental implants: A systematic review of outcomes and outcome measures used in clinical research in the last 10 years. *J Clin Periodontol*. 2023;50(S25):38-54.
3. Xie Q, Ding T, Yang G. Rehabilitation of oral function with removable dentures - still an option? *J Oral Rehabil*. 2015;42(3):234-242.
4. Sivaramakrishnan G, Sridharan K. Comparison of implant supported mandibular overdentures and conventional dentures on quality of life: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled studies. *Aust Dent J*. 2016;61(4):482-488.
5. Ali Z, Baker S, Barabari P, Martin N. Efficacy of Removable Partial Denture Treatment: A Retrospective Oral Health-Related Quality of Life Evaluation. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2017;25(2):101-107.
6. Senih Çalikkocaoğlu. Tam Protezler Cilt 2. Özyurt yayınevi. 2021: 426-427
7. Nallaswamy D. Textbook of Prosthodontics. 2nd Edition. Jaypee Brothers Medical Publishers; 2017: 4
8. Yıldırım MP, Yanıkoğlu N, Atatürk FB, et al. Farklı Solüsyonlarda Bekletilen Akrilik Dişlerin Renklenme Düzeylerinin İncelenmesi. *EÜ Dişhek Fak Derg*.2012; 33(1): 32-37
9. Mudliar VL, Tieh MT, Aarts JM, Paras A, Choi JJE. Wear of Modern Denture Teeth—A Systematic Review. *Oral* 2022;2(1):95-111.
10. Anusavice KJ SCRHR. Phillip's Science of Dental Materials. In: 12th Ed. Elsevier Inc.; 2013:463.
11. Şahin O, Dede DÖ, Köroğlu A, Yılmaz B. Influence of surface sealant agents on the surface roughness and color stability of artificial teeth. *J Prosthet Dent*. 2015;114(1):130-137.
12. Dimitrova M, Chuchulska B, Zlatev S, Kazakova R. Colour Stability of 3D-Printed and Prefabricated Denture Teeth after Immersion in Different Colouring Agents—An In Vitro Study. *Polymers (Basel)*. 2022;14(15).
13. Al Taweel SM, Fouzan A Al, Al-Otaibi HN, Labban N, Alshehri HA. Thermal-cycling, simulated brushing, and beverages induced color changes and roughness of CAD/CAM poly (methyl methacrylate) denture resins. *Mater Res Express*. 2021;8(12): 125401.
14. Tieh MT, Waddell JN, Choi JJE. Optical Properties and Color Stability of Denture Teeth—A Systematic Review. *Journal of Prosthodontics*. 2022;31(5):385-398.
15. Barão VAR, Ogawa ES, Moreno A, Mesquita MF, Wee AG, Assunção WG. Long-term clinical evaluation of the color stability and stainability of acrylic resin denture teeth. *J Prosthet Dent*. 2015;113(6):628-635.
16. Shishehian A, Firouz F, Khazae S, Rajabi H, Farhadian M, Niaghiha F. Evaluating the color stability of 3D-printed resins against various solutions. *Eur J Transl Myol*. 2023;33(3):11493.
17. Dimitrova M, Corsalini M, Kazakova R, et al. Color Stability Determination of CAD/CAM Milled and 3D Printed Acrylic Resins for Denture Bases: A Narrative Review. *J of Compos Sci*. 2022; 6(7):201.
18. Shahrubudin N, Lee TC, Ramlan R. An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. In: *Procedia Manufacturing*. Vol 35. Elsevier. 2019:1286-1296.
19. Koh ES, Cha HS, Kim TH, Ahn JS, Lee JH. Color stability of three dimensional-printed denture teeth exposed to various colorants. *The J K Acad Prosthodont*. 2020;58(1):1.
20. Alfouzan AF, Alotiabi HM, Labban N, NejerAl-Otaibi H, Al Taweel SM, AlShehri HA. Color stability of 3D-printed denture resins: Effect of aging, mechanical brushing and immersion in staining medium. *J Adv Prosthodont*. 2021;13(3):160-171.
21. Lee EH, Ahn JS, Lim YJ, Kwon HB, Kim MJ. Effect of layer thickness and printing orientation on the color stability and stainability of a 3D-printed resin material. *J Prosthet Dent*. 2022;127(5):784.e1-784.e7.
22. Gruber S, Kamnoedboon P, Özcan M, Srinivasan M. CAD/CAM Complete Denture Resins: An In Vitro Evaluation of Color Stability. *J Prosthodont*. 2021;30(5):430-439.
23. Yao Q, Morton D, Eckert GJ, Lin WS. The effect of surface treatments on the color stability of CAD-CAM interim fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent*. 2021;126(2):248-53.
24. Manabe A, Kato Y, Finger WJ, Kanehira M, Komatsu M. Discoloration of coating resins exposed to staining

- solutions in vitro. *Dent Mater J*. 2009;28(3):338-343.
25. Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD. Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent*. 2010;38 Suppl 2: e57-64.
 26. Harorlı OT, Barutçigil C. Color recovery effect of commercial mouth rinses on a discolored composite. *J Esthet Restor Dent*. 2014;26(4):256-263.
 27. Assunção WG, Barão VAR, Pita MS, Goiato MC. Effect of polymerization methods and thermal cycling on color stability of acrylic resin denture teeth. *J Prosthet Dent*. 2009;102(6):385-392.
 28. Lin CT, Lee SY, Tsai TY, Dong DR, Shih YH. Degradation of repaired denture base materials in simulated oral fluid. *J Oral Rehabil*. 2000;27(3):190-198.
 29. Eliasson ST, Dahl JE. Effect of thermal cycling on temperature changes and bond strength in different test specimens. *Biomater Investig Dent*. 2020;7(1):16-24.
 30. Silva C de S, Machado AL, Chaves C de AL, Pavarina AC, Vergani CE. Effect of thermal cycling on denture base and autopolymerizing relines resins. *J Appl Oral Sci*. 2013;21(3):219-224.
 31. Gad MM, Fouda SM, Abualsaud R, et al. Strength and Surface Properties of a 3D-Printed Denture Base Polymer. *J Prosthodont*. 2022;31(5):412-418.
 32. Berli C, Thieringer FM, Sharma N, et al. Comparing the Mechanical Properties of Pressed, Milled, and 3D-Printed Resins for Occlusal Devices. *J prosthet dent*. 2020;124(6):780-786.
 33. Gad MM, Alshehri SZ, Alhamid SA, et al. Water Sorption, Solubility, and Translucency of 3D-Printed Denture Base Resins. *Dent J (Basel)*. 2022;10(3):42.
 34. Perea-Lowery L, Gibreel M, Vallittu PK, Lassila L V. 3D-Printed vs. Heat-Polymerizing and Autopolymerizing Denture Base Acrylic Resins. *Materials (Basel)*. 2021;14(19): 5781.
 35. Greil V, Mayinger F, Reymus M, Stawarczyk B. Water sorption, water solubility, degree of conversion, elastic indentation modulus, edge chipping resistance and flexural strength of 3D-printed denture base resins. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2023; 137:105565.
 36. Lin CH, Lin YM, Lai YL, Lee SY. Mechanical Properties, Accuracy, and Cytotoxicity of UV-Polymerized 3D Printing Resins Composed of Bis-EMA, UDMA, and TEGDMA. *J Prosthet Dent*. 2020; 123(2):349-354.
 37. Kessler A, Reymus M, Hickel R, Kunzelmann KH. Three-body wear of 3D printed temporary materials. *Dent Mater J*. 2019;35(12):1805-1812.
 38. Güler AU, Güler E, Yücel AC, Ertaş E. Effects of polishing procedures on color stability of composite resins. *J Appl Oral Sci*. 2009;17(2):108-112.
 39. Mutlu-Sagesen L, Ergün G, Ozkan Y, Bek B. Color stability of different denture teeth materials: an in vitro study. *J Oral Sci*. 2001;43(3):193-205.
 40. Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *J Dent*. 2004;32 Suppl 1:3-12.
 41. Rutkunas V, Sabaliauskas V, Mizutani H. Effects of different food colorants and polishing techniques on color stability of provisional prosthetic materials. *Dent Mater J*. 2010;29(2):167-176.



The Journal of Turkish Dental Research
Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi

e-ISSN: 2822-4310, Cilt 2, Sayı 3, Eylül - Aralık 2023
Volume , Number 3, September - December 2023

Sefalometrik Radyografilerin Analizlerinde Kullanılan Dijital ve Manuel Metotların Karşılaştırılması

Comparison of Digital and Manual Methods Used in the Analysis of Cephalometric Radiographs

Dijital ve Manuel Sefalometrik Analiz

Ayla YILMAZ¹, Fethiye ÇAKMAK ÖZLÜ²

¹ Dr., Özel Ortodontist, İstanbul, Türkiye
dtaylaylmz@gmail.com
ORCID: 0009-0003-9222-3163

² Doç. Dr., Ortodonti A.D., Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Samsun, Türkiye
fethiye.cakmakozlu@omu.edu.tr
ORCID: 0000-0002-1332-1378

Çıkar Çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmaları olmadığını beyan eder.
Yazar Katkıları: Veri toplama, araştırma, kaynaklar, yazma-orijinal taslak A. Y. ; proje yönetimi, metodoloji, yazma-inceleme ve düzenleme ve makalenin teslimi F.Ç.Ö.

Bu çalışma Dr. Ayla YILMAZ' ın 'Sefalometrik Radyografilerin Analizlerinde Kullanılan Dijital ve Manuel Metotların Karşılaştırılması' başlıklı uzmanlık tezinden hazırlanmıştır.

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 24-12-2023

Kabul Tarihi / Accepted: 18-01-2024

Yıl / Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 2 | **Sayı – Issue:** 3 | **Sayfa / Pages:** 241-250

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Fethiye ÇAKMAK ÖZLÜ

<https://doi.org/10.58711/turkishjdentres.vi.1407334>

Sefalometrik Radyografilerin Analizlerinde Kullanılan Dijital ve Manuel Metotların Karşılaştırılması

Comparison of Digital and Manual Methods Used in the Analysis of Cephalometric Radiographs

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı, dijital sefalometrik çizim ve konvansiyonel manuel çizim metotlarının, güvenilirlik ve tekrar edilebilirliğinin değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Üç yüz adet ortodontik tedavi öncesi dijital lateral sefalometrik radyograf çalışmaya dahil edilmiştir. Dijital çizim metodu Nemoceph Dental Studio NX Pro 10.4.2 çizim programı ile manuel çizim metodu ise dijital radyografların çıktuları üzerinde uygulanmıştır. Analiz için 24 anatomik nokta tanımlanmış ve 12 iskeletsel, 10 dişsel ve 3 yumuşak doku parametresi ölçülmüştür. Bütün ölçümler, rastgele seçilmiş 75 radyografi üzerinde, 1 ay aralıkla aynı araştırmacı tarafından tekrar yapılmıştır. Her bir metot için araştırmacı içi güvenilirlik ve metotlar arasında tüm ölçüm değerlerinin uyumunu belirlemek için Test-tekrar test ve sınıf içi korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Metotlar arası tekrar edilebilirlik Paired Sample T testi kullanılarak hesaplanmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak belirlenmiştir.

Bulgular: Her iki metot için araştırmacı içi güvenilirlik tüm ölçümlerde sınıf içi korelasyon katsayısı 0,90'ın üzerindedir (güçlü korelasyon). L1-NB açısı ($p=0,061$) ve Nasolabial açısı ($p=0,777$) haricinde açısal ve doğrusal ölçümlerin çoğunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmuştur. Metotlar arasında, Gonial açısı ($SKK=0,751$) ve Nasolabial açısı ($SKK=0,780$) haricinde tüm ölçümlerde iyi bir uyum gözlenmiştir.

Sonuç: Çalışmamızın sonuçlarına göre, dijital ve manuel sefalometrik analiz metotlarının her ikisinde de yüksek güvenilirlik bulunmuştur. İki metot arasında tekrar edilebilirlikler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmesine rağmen, farklılıkların çoğu klinik olarak anlamlı değildir.

Anahtar Kelimeler: Sefalometri; Dijital çizim; Manuel çizim; Güvenilirlik; Tekrarlanabilirlik.

ABSTRACT

Aim: The purpose of this study was to evaluate the reliability and reproducibility of digital cephalometric tracing and conventional hand-tracing methods

Material and Method: Three hundred pretreatment lateral cephalometric radiographs were included in the study. Pre-treatment digital cephalometric radiographs were traced using Nemoceph Dental Studio NX Pro 10.4.2 software programs and by hand tracing of the printouts. Twenty-four anatomic points were identified by the same investigator and 12 skeletal, 10 dental and 3 soft tissue parameters were measured. All measurements were repeated on the randomly selected 75 radiographs by the same investigator after 1 month interval. For each method, Test-retest and intraclass correlation coefficient (ICC) were calculated to determine the consistence of all measured values between intrainvestigator reliability and methods. The reproducibility between methods was calculated by paired t-test. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results: The intra-investigator reliability for all measurements were upon 0.90 ICC (strong correlation) for both methods. Significant differences between the two methods were observed for all angular and linear measurements except for L1-NB angle ($p=0,061$) and Nasolabial angle ($p=0,777$). Among these methods, good consistence was observed in all measurements except for the Gonial angle (ICC = 0.751) and Nasolabial angle (ICC = 0.780).

Conclusion: According to the results of this study, both methods of digital and manuel methods are highly reliable. Although there is a statistically significant difference between the reproducibility of the two methods, most of the differences are not clinically significant.

Keywords: Cephalometry; Manual tracing; Digital Tracing; Reliability; Reproducibility.

Giriş

Lateral sefalometrik radyografi; kafanın lateralden görüntülediği, sagittal ve vertikal ilişkilerle ilgili bilgi sağlayan ortodontik kayıtlardan biridir. Ortodontide diagnostik olarak, hastanın tedavi öncesi dental ve fasiyal ilişkilerinin değerlendirilmesinde, tedavi esnasında oluşan değişiklikleri incelemeye ve tedavi sonunda fasiyal büyüme ve diş hareketlerini belirlemede kullanılır.¹

Elde edilme yöntemine göre; kaset içerisine yerleştirilen röntgen filmlerinin kullanıldığı konvansiyonel sefalometrik radyografi ve sensör yardımıyla radyografik imaj elde etmeyi, bu imajı elektronik parçalara ayırmayı, bilgisayarda göstermeyi ve saklamayı sağlayan Dijital sefalometrik radyografi olarak ikiye ayrılırlar². Dijital radyografiler, verilerin daha hızlı işlenmesi, kimyasalların kullanımını ortadan kaldırması, elde edilen görüntüyü değiştirme ve geliştirme imkanı sunması³, depolama, taşıma ve başka merkezlere iletme kolaylığı⁴ gibi avantajlara sahiptir.

Sefalometrik radyografiler üzerinde yapılan sefalometrik analiz, doğru ölçüldüğünde ve diğer teşhis araçlarıyla birlikte yorumlandığında ortodontik diaagnozun önemli bir parçasıdır. Sefalometrik değerlendirmede, radyografi üzerinde belirli noktalar lokalize edilerek lineer ve açısal ölçümler yapılır. Bu ölçümlerle iskelet boyutunun ve formunun analizleri üretilir.¹ Bunun için, radyografin manuel olarak çizildiği geleneksel sefalometrik analiz metodu, direkt ve indirekt görüntüleme yöntemleriyle elde edilen dijital sefalometrik röntgenler üzerinde landmarkların manuel olarak belirlendiği dijital sefalometrik analiz metodu ve sefalometrik görüntü bilgisayara aktarıldıktan sonra bilgisayarın landmarkları otomatik olarak belirlediği, otomatik landmark tanımlanması yöntemleri kullanılır.⁵⁻⁷

Ölçümlerin tekrar edilebilir olması, analiz metotlarından herhangi birinin doğruluğunu değerlendirmede ön koşuldur. Literatürde, taranmış, dijitalize edilmiş ve dijital olarak elde edilmiş radyografilerin doğruluğunun, analog metotlarla karşılaştırıldığı çalışmalar mevcuttur.⁸⁻¹⁵ Klinik ortodontide, genellikle kullanılan sefalometrik çizim programlarının ve sefalometrik analizlerin etkinliğinin incelenmesine ve klinisyene uygun analiz programı ve analiz metodunu seçmesine olanak sağlayacak daha fazla değerlendirmeye ihtiyaç vardır. Bu

nedenle, bu çalışmanın amacı; doğrusal ve açısal sefalometrik ölçümlerin, Nemoceph Dental Studio NX Pro 10.4.2 sefalometrik analiz programı ile dijital çizim metodu ve geleneksel olarak manuel çizim metodunun karşılaştırılması ve gözlemci içi tekrar edilebilirliğin değerlendirilmesidir. Çalışmamızın H0 hipotezi; 'Dijital çizim metodu ve manuel çizim metodu ile elde edilen ölçümler arasında bir uyum yoktur.' olarak oluşturulmuştur.

Gereç ve Yöntem

Bu çalışma için Bülent Ecevit Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 11.05.2016 tarih ve 2016/141 sayılı etik kurul onayı alınmıştır. Çalışma materyali, Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı Kliniğinde tedavisi devam eden ve/veya biten hastalardan elde edilen 2000 lateral sefalometrik radyografi arasından 300 adedinin seçilmesiyle oluşturulmuştur. Örneklerin çalışmaya dahil edilme kriterleri;

- Tüm lateral sefalometrik radyografiler aynı cihaz kullanılarak alınmış olması,
- Bireylerin, ortognatik cerrahi geçmişi olmaması,
- Daimi dişlenme döneminde olmaları,
- Röntgeni alınan hastada kraniofasiyal deformite ve asimetri bulunmaması,
- Gömülü, eksik diş ve herhangi bir patolojik durum bulunmaması,
- Ortodontik tedavi öncesi alınmış radyografiler olması,
- Anatomik noktaların belirlenmesini etkileyecek kalın yumuşak doku, netlik sorunu ya da artifakt olmaması olarak sıralanmıştır.

Örnek seçiminde hasta yaşı ve cinsiyet ayrımı uygulanmamıştır.

Radyografilerin tümü, Bülent Ecevit Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda aynı röntgen cihazı (Gendex-9200 DDE, Orto Ralix) kullanılarak çekilmiştir. Radyografilerin çekimi için 72 kV ve 7mA güç ayarında ışınlama yapılmıştır.

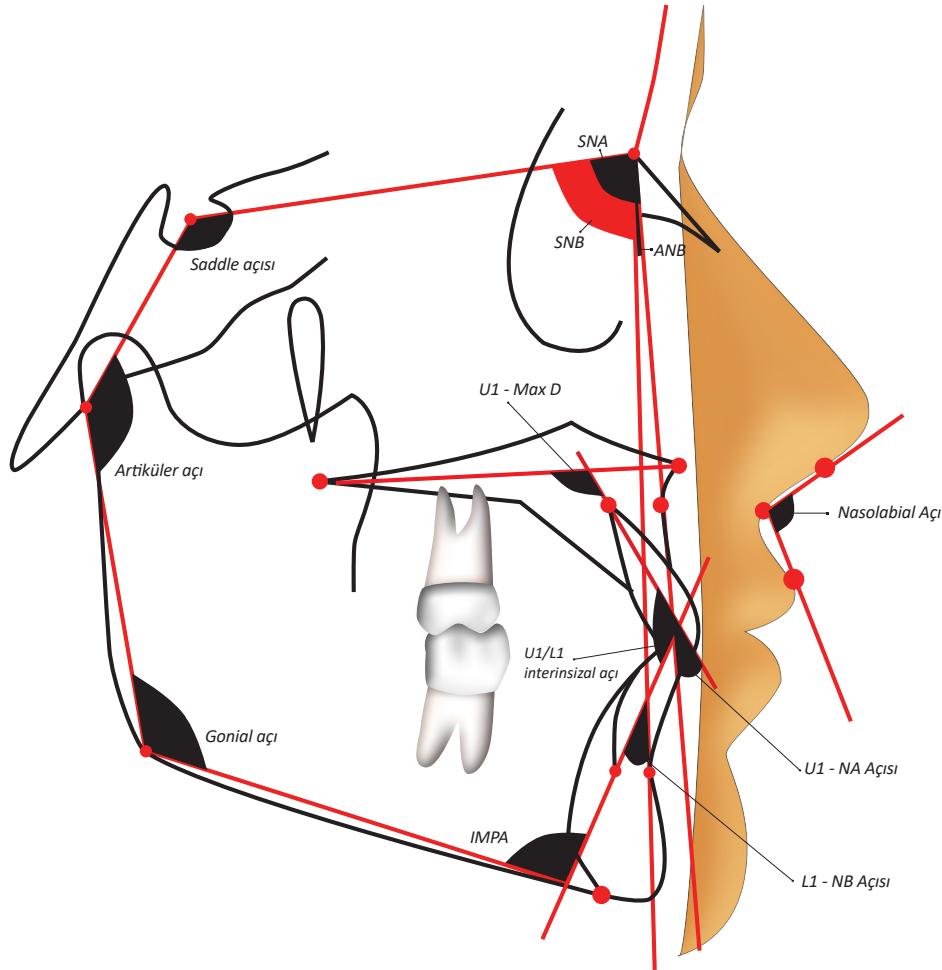
Lateral sefalometrik radyografi çekimlerinde hastanın baş pozisyonu; kafasının sol tarafı film kasetine karşı olacak şekilde, mid sagittal düzlemi yere dik ve film kasetine paralel olacak şekilde ayarlanmaktadır. Hastanın kafası, kulak, orbita ve nasion noktalarından sefalostatlar yardımıyla sabitlenmektedir. Dişler oklüzyonda iken

film çekilmektedir.

Tüm kayıtlar dijital ortamda “BMP” formatında dosyalar olarak arşivlenmiştir. Manuel metotta kullanılacak olan dijital radyografiler, Adobe Photoshop programı ile normal sefalometrik film boyutlarına getirilmiş, A4 büyüklüğünde kağıda, yazıcı ile basılmıştır. Röntgen kasetinin sağ köşesinde bulunan cetvel ile hem dijital hem de manuel çizim yapılırken, lineer ölçümlerde kalibrasyon yapılmıştır.

Nemoceph NX 2006 (Madrid, İspanya) model çizim

programı kullanılarak dijital rayograflar üzerinde landmarklar tanımlanmıştır. Manuel çizim metodu için yazıcı (hp Laser Jet Pro 400 m401 dn) ile çıktısı elde edilen röntgen filmleri üzerine yarı şeffaf asetat çizim kağıdı (G&H Wire Company) yerleştirilerek, 0,3 mm kalınlığındaki çizim kalemi (rotring Tikky 0,35) ile çizim yapılmıştır. Ölçümler cetvel ve açıölçer kullanılarak yapılmıştır. Bütün ölçümler tek bir araştırmacı tarafından (AY) gerçekleştirilmiştir (Şekil).



Şekil. Çalışmamızda kullanılan sefalometrik ölçümler: SNA açısı; SN ve NA doğruları arasında yer alan açıdır. SNB açısı; SN ve NB doğruları arasında yer alan açıdır. ANB açısı; SNA ve SNB açılarının farkı. U1-NA açısı; üst kesici uzun eksenine ile NA doğrusu arasında yer alan açıdır. L1-NB açısı; alt kesici uzun eksenine ile NB doğrusu arasında yer alan açıdır. U1- Maksiller düzlem açısı. IMPA; alt kesici dişin uzun eksenine ile mandibular düzlem arasında oluşan açıdır. U1/L1- interinsizal açı; alt ve üst kesici diş uzun eksenleri arasında oluşan açıdır. Nasolabial açı; Columella, Subnasal ve Labiale superior arasında oluşan açıdır. Saddle açısı; Nasion, Sella ve Articulare noktaları arasındaki açıdır. Artiküler açı; Sella, Articulare ve Gonion noktaları arasındaki açıdır. Gonial açı; Articulare, Gonion ve Menton noktaları arasında kalan açıdır. SN/ GoGn açısı; Gonion- Gnathion noktaları arasındaki doğru parçası ile ön kafa kaidesi arasında oluşan açıdır. SN/ Oklüzal düzlem; ön kafa kaidesi ile oklüzal düzlem arasında kalan açıdır. SN/ ANS-PNS; ön kafa kaidesi ile maksiller düzlem arasında kalan açıdır. ANS- PNS/ GoMe açısı; maksiller ve mandibular düzlem arasında kalan açıdır.

Metot Hatası

Rastgele seçilen 75 radyografin hem dijital hem de manuel çizimleri ilk çizimlerden 1 ay sonra tekrarlanarak metot hatası hesaplanmıştır.

İstatistiksel Değerlendirme:

Dijital ve manuel çizim değerlerinin kendi içerisinde sınıf içi korelasyonunun ölçülebilmesi için Test-tekrar test yöntemi kullanılmış, bu yöntemle tüm hastalara ilişkin radyografi çizimleri karşılaştırılarak kabul düzeyleri saptanmıştır.

Dijital ve manuel çizim sonuçları arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığının saptanması için Paired Sample T testi kullanılmış ve bu tekniklerle elde edilen değerler arasındaki farklılıklar istatistikî olarak yorumlanmıştır.

Dijital ve manuel çizim sonuçlarının uyumluluğunun saptanması amacıyla sınıf içi korelasyon katsayıları saptanmış, ortalama ile standart sapma değerleri belirlenmiş ve her iki çizim sonucunda elde edilen değerler arasındaki değişim oranları tespit edilmiştir.

Bulgular**Ölçümlerin Ölçümcü İçi Güvenirliğinin****Değerlendirilmesi**

Test-tekrar test yöntemi kullanılarak elde edilen

sonuçlar Tablo 1'de yer almaktadır. Manuel çizim metodu analiz değerlerinin tümünün sınıf içi korelasyon katsayısının 0,923 ile 0,991 arasında değiştiği ve kabul düzeyinin yüksek olduğu, dijital çizim metodu ile yapılan analiz değerlerinin tümünün sınıf içi korelasyon katsayısının 0,914 ile 0,993 arasında değiştiği ve kabul düzeyinin yüksek olduğu saptanmıştır.

Dijital ve manuel çizim metotlarıyla yapılan analizlerin karşılaştırılması

Sefalometrik çizim değerlerine yönelik analizler Tablo 2'de sunulmuştur. L1- NB° ve Nasolabial açı° değerleri haricindeki diğer tüm ölçümler çizim tekniğine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir.

Dijital ve manuel çizim metoduyla ölçülen sefalometrik çizim değerleri arasındaki sınıf içi korelasyon değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Gonial açı° ve Nasolabial açı° haricindeki ölçülen değerlerin tümü için sınıf içi korelasyon katsayısı 0,809 ile 0,977 arasında değiştiği ve kabul düzeyinin yüksek olduğu, Gonial açı° ve Nasolabial açı° değerlerinin ise sınıf içi korelasyon katsayısının 0,700'den yüksek olduğu ve kabul edilebilir uyumluluğa sahip olduğu saptanmıştır.

Table I. Ölçümcü içi güvenilirlik

	Elle Çizim		Nemoceph Çizim	
	SKK	% 95 GA	SKK	% 95 GA
SNA°	0,987	(0,979 – 0,992)	0,981	(0,970 – 0,988)
SNB°	0,991	(0,986 – 0,994)	0,991	(0,986 – 0,994)
ANB°	0,955	(0,929 – 0,972)	0,950	(0,921 – 0,969)
Wits (mm)	0,986	(0,978 – 0,991)	0,993	(0,989 – 0,995)
SGo (mm)	0,987	(0,980 – 0,992)	0,989	(0,982 – 0,993)
NMe (mm)	0,982	(0,972 – 0,989)	0,978	(0,966 – 0,986)
Saddle açısı°	0,975	(0,960 – 0,984)	0,963	(0,942 – 0,977)
Artiküler açı°	0,929	(0,887 – 0,955)	0,955	(0,929 – 0,972)
Gonial açı°	0,959	(0,936 – 0,974)	0,914	(0,864 – 0,946)
SN-GoGn°	0,977	(0,963 – 0,985)	0,989	(0,983 – 0,993)
Max.D-Mand.D°	0,986	(0,977 – 0,991)	0,988	(0,980 – 0,992)
SN-Max.D°	0,977	(0,963 – 0,985)	0,979	(0,967 – 0,987)
U1-Max.D°	0,961	(0,944 – 0,978)	0,985	(0,976 – 0,990)
U1-NA°	0,976	(0,963 – 0,985)	0,992	(0,987 – 0,995)
U1-NA (mm)	0,941	(0,907 – 0,963)	0,961	(0,939 – 0,976)
IMPA°	0,985	(0,976 – 0,991)	0,986	(0,977 – 0,991)
L1-NB°	0,981	(0,970 – 0,988)	0,985	(0,976 – 0,990)
L1-NB (mm)	0,968	(0,949 – 0,980)	0,983	(0,973 – 0,989)
SN-Okl.D°	0,977	(0,963 – 0,986)	0,981	(0,971 – 0,988)
Overjet (mm)	0,974	(0,959 – 0,984)	0,992	(0,987 – 0,995)
Overbite (mm)	0,981	(0,970 – 0,988)	0,978	(0,965 – 0,986)
U1-L1°	0,978	(0,964 – 0,986)	0,985	(0,977 – 0,991)
Üst Dudak Prot. (mm)	0,951	(0,921 – 0,969)	0,982	(0,971 – 0,988)
Alt Dudak Prot. (mm)	0,980	(0,969 – 0,988)	0,983	(0,973 – 0,989)
Nasolabial Açı°	0,923	(0,878 – 0,952)	0,959	(0,935 – 0,974)

Table II. Elle ölçüm ve Nemoceph çizim programı ile yapılan ölçümlerin karşılaştırılması.

	Elle Çizim	Nemoceph Çizim	E / N
	Ortalama±SD	Ortalama±SD	p
İSKELETSEL ÖLÇÜMLER			
SNA°	78,38±4,10	78,86±3,74	0,000
SNB°	75,71±3,84	76,00±3,67	0,000
ANB°	2,67±2,46	2,82±2,34	0,027
Wits (mm)	0,11±3,34	0,73±3,32	0,000
SGo (mm)	72,55±5,69	73,95±5,61	0,000
NMe (mm)	113,52±7,09	112,96±6,99	0,000
Saddle açısı°	125,18±6,28	127,75±5,78	0,000
Artiküler açı°	144,65±7,03	142,25±7,70	0,000
Gonial açı°	125,48±8,90	124,69±8,08	0,000
SN-GoGn°	33,22±5,41	33,84±5,27	0,000
Max.D-Mand.D°	25,99±5,07	24,06±4,96	0,000
SN-Max.D°	10,36±3,44	9,82±3,22	0,000
DIŞSEL ÖLÇÜMLER			
U1-Max.D°	113,33±8,17	110,68±7,70	0,000
U1-NA°	24,85±7,83	22,02±7,64	0,000
U1-NA (mm)	6,29±2,34	4,76±2,62	0,000
IMPA°	95,13±7,32	95,52±7,68	0,015
L1-NB°	26,26±6,35	26,51±6,49	0,061*
L1-NB (mm)	5,66±2,13	4,94±2,33	0,000
SN-Max.D°	18,24±4,41	17,25±4,30	0,000
Overjet (mm)	3,07±2,28	3,80±3,30	0,000
Overbite (mm)	2,81±2,00	2,34±1,91	0,000
U1-L1°	126,24±10,78	128,59±10,77	0,000
YUMUŞAK DOKU ÖLÇÜMLERİ			
Üst Dudak Prot. (mm)	-1,21±2,11	-1,45±2,14	0,000
Alt Dudak Prot. (mm)	0,04±2,36	-1,41±2,44	0,000
Nasolabial Açı°	108,69±10,35	108,84±10,48	0,777*
* p>0.05			

Table III. Elle ölçüm ve Nemoceph çizim programı ile elde edilen değerlerin karşılaştırılmasında sınıf içi korelasyon katsayıları ve değişim yüzdeleri.

	Elle Çizim / Nemoceph Çizim		
	SKK	% 95 GA	Değişim Katsayısı
SNA°	0,955	(0,944 - 0,964)	2,1
SNB°	0,974	(0,967 - 0,979)	1,6
ANB°	0,941	(0,926 - 0,953)	42,4*
Wits (mm)	0,942	(0,927 - 0,953)	180,6*
SGo (mm)	0,966	(0,957 - 0,973)	2,8
NMe (mm)	0,974	(0,967 - 0,979)	2,0
Saddle açısı°	0,909	(0,886 - 0,927)	2,8
Artiküler açı°	0,809	(0,761 - 0,848)	4,1
Gonial açı°	0,751	(0,687 - 0,801)	3,6
SN-GoGn°	0,977	(0,972 - 0,982)	4,9
Max.D-Mand.D°	0,975	(0,969 - 0,980)	6,5*
SN-Max.D°	0,952	(0,940 - 0,962)	16,4*
U1-Max.D°	0,955	(0,943 - 0,964)	3,0
U1-NA°	0,938	(0,923 - 0,951)	29,5*
U1-NA (mm)	0,884	(0,855 - 0,908)	74,6*
IMPA°	0,966	(0,957 - 0,973)	2,9
L1-NB°	0,966	(0,957 - 0,973)	10,1*
L1-NB (mm)	0,972	(0,965 - 0,978)	59*
SN-OkI.D°	0,953	(0,941 - 0,963)	12,0*
Overjet (mm)	0,975	(0,968 - 0,980)	30,6*
Overbite (mm)	0,966	(0,958 - 0,973)	64,5*
U1-L1°	0,969	(0,961 - 0,975)	3,0
Üst Dudak Prot. (mm)	0,923	(0,903 - 0,938)	209,7*
Alt Dudak Prot. (mm)	0,954	(0,942 - 0,963)	102,7*
Nasolabial Açı°	0,780	(0,724 - 0,824)	8,0*

Tartışma

Sefalometrik radyografiler üzerinde yapılan analizler büyümenin incelenmesinde, maloklüzyonların teşhisinde, tedavinin takibi ve sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılır.

Sefalometrik analizlerin doğru bir şekilde yapılması temeldir. Son yıllara kadar, konvansiyonel manuel çizim metodu, sefalometrik analiz için doğru bir şekilde yapılmasında en iyi yöntem olarak kabul edilmiştir. Günümüzde ise bilgisayar yazılım programlarının yaygın bir şekilde kullanılması, dijital analiz yöntemlerini manuel yöntemle karşılaştırma ve tutarlılıklarını değerlendirme ihtiyacı oluşmuştur. Mevcut çalışmalar dijital ve manuel çizim metodlarını güvenilirlik (aynı objenin iki ölçümü arasındaki uyum) ve tekrar edilebilirlik (iki metodun iki ölçümü arasındaki uyum) açısından karşılaştırmışlardır.¹⁶ Güvenilirlik, ölçümlerin sürekli olarak tekrar edilebilir olması anlamına gelmektedir. Maloklüzyon gibi düzensizliklerin ya da hastalıkların teşhisinde kullanılan çeşitli teknolojilerin güvenilirliğinin yüksek olması gerekir.¹⁷

Seçilen yöntemin manuel mi yoksa dijital mi olduğuna bakılmaksızın, doğruluk, kesinlik ve yüksek tekrar edilebilirlik oranının elde edilmesi açısından, hem analiz hem de çizim aşamalarında hataların en az seviyede tutulması gereklidir.¹⁸ Analizde yapılan hataların majör kaynağı olarak görülen landmark tanımlaması, operatör deneyiminden büyük oranda etkilenmektedir. İki farklı araştırmacı tarafından yapılan analizler arasındaki hata oranı, genelde, tek araştırmacının yaptığı analizdeki hata oranından daha yüksektir.¹² Çalışmamızda, hataları en az seviyeye indirmek amacıyla, tüm landmark tanımlamaları, çizimler ve ölçümler tek bir araştırmacı tarafından uygulanmıştır.

Daha önceki çalışmalar landmark tanımlanmasını değerlendirirken, son zamanlarda yapılan çalışmalar sefalometrik ölçümlere odaklanmıştır.^{11,19} Çalışmamızda da landmark tanımlanması yerine, sefalometrik çizim sonucu elde edilen ve tedavi planlaması için kullanılan ölçümler tercih edilmiştir.

Mevcut çalışmalarda, manuel çizim, dijital radyografilerin 1:1 oranda yüksek çözünürlükte çıktıları alınarak uygulanmıştır. Çalışmamızda kullanılan radyografilerin tümü direkt dijital radyografilerdir. Elle çizim yapılabilmesi için çıktıları alınmıştır. Dijital görüntünün çıktısının

alınması aşamasında, hafif genişlemeler gözlenmesine rağmen, farklılıklar minimaldir.

Mevcut diğer çalışmaların sonuçlarına göre lineer parametrelerdeki ölçüm farklılıkları açışal ölçümlerden daha fazladır. Ayrıca kalibrasyonun yapılmaması değerlerde farklı sonuçlar elde edilmesine neden olabilir.^{14,20} Mevcut çalışmada her iki metotta da görüntüler üzerindeki cetvel ile kalibrasyon yapılmıştır.

Yapılan araştırmalarda, kullanılan yöntemlerin daha iyi değerlendirilmesi için birden fazla parametrenin kullanılması tavsiye edilmektedir.²¹ Gelen ve ark.²² 21 anatomik nokta, Sayınsu ve ark.¹² 9 dişsel, 21 iskeletsel ve 3 yumuşak dokuda olmak üzere toplam 33 adet ölçüm, Naoumova²³ 25 anatomik nokta ve Polat-Özsoy ve ark.²⁴ 26 anatomik nokta kullanarak ölçüm yapmışlardır. Bu çalışmada ise 12 iskeletsel, 10 dişsel ve 3 yumuşak doku parametresi değerlendirilmiştir.

İşeri ve ark.²⁵ geleneksel yöntem ile bilgisayar yöntemini karşılaştırdıkları çalışmalarında iki yöntemin tekrar edilebilirlik katsayısını değerlendirmişler ve tüm parametrelerin istatistiksel olarak önemli düzeyde tekrarlanabilir olduğunu ortaya koymuşlardır. Buna karşın, Sarı ve arkadaşlarının Quick Ceph programı, Joe Dijital ve manuel çizim tekniğini karşılaştırdıkları çalışmalarında Porion ve Orbitale noktalarının oluşturduğu Frankfurt düzlemi ve Nasolabial açıda önemli farklılıklar tespit etmişlerdir.²⁶

Diğer çalışmalar ise, çizim metodları arasında, keser pozisyonları ve keser açılarıyla ilgili ölçümlerin zorluklarından bahsetmişlerdir.²⁷

Sekiguchi ve Savara²⁸, nasofrontal suturun net bir şekilde görülmediği durumlarda nasion noktasının tanımlanmasının zor olacağını göstermişlerdir. Ayrıca, Posterior Nasal Spina (PNS) ve Anterior Nasal Spina (ANS) noktalarının belirlenmesindeki hatalardan söz etmişlerdir. Bununla birlikte, oklüzal düzlem belirlenirken molarların kapanış fazlalıkları arasındaki süperpozisyonu nedeniyle hatalar olabileceğini belirtmişlerdir ve overbite ölçümünün tekrarlama katsayısının düşük olmasını bu duruma bağlamışlardır.²⁸

Santoro ve ark.²⁰ ve Chen ve ark.²⁹ gonion noktasının tanımlanmasının, kötü belirlenmiş anatomik sınırlar, çift görüntü ve midsagittal düzlemden uzak bir lokalizasyon nedeniyle zor olduğunu vurgulamışlardır.

Manuel metotta, farklı referans düzlemler oluşturularak elde edilen gonion, gnation gibi noktalar ve kurvatürün en derin noktası referans alınarak belirlenen nasolabial açı gibi ölçümler farklı sonuçlar verebilmektedir.²⁰ Bu çalışmalarla uyumlu olarak, bizim çalışmamızda da gonial açı° ve nasolabial açı° haricindeki tüm ölçümlerin sınıf içi korelasyon katsayısının 0,809 ile 0,977 arasında değiştiği ve kabul düzeyinin yüksek olduğu, gonial açı° ve nasolabial açı° değerlerinin ise sınıf içi korelasyon katsayısının sırasıyla 0,751 ve 0,780 olduğu ve kabul edilebilir uyumluluğa sahip olduğu saptanmıştır.

Manuel ve dijital çizim yöntemlerinde tekrarlanan ölçümler arasında SKK; sırasıyla, 0,923 ile 0,991 ve 0,914 ile 0,993 arasında ve kabul düzeyinin yüksek olması, çalışmacının ölçümleri doğru bir şekilde tekrarlamakta zorlanmadığını ve landmarkların her bir metotta kolayca tanımlanabildiğini göstermektedir. Bu bulgular, ölçümlerde yüksek güvenilirlik gösteren daha önceki çalışmalarla uyumludur.^{20,22,23,29}

Santoro ve ark.²⁹ geleneksel yöntem ve Dolphin sefalometrik çizim programlarını karşılaştırmışlar ve tekrar edilebilirliği diğer çalışmalarda olduğu gibi yüksek bulunurken, metotlar karşılaştırıldığında ise ölçülen 13 parametrenin 6'sında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur. Araştırmacı, klinik olarak bu farklılığın önemini az olduğunu bildirmiştir.

Bruntz ve ark.³⁰ yaptıkları çalışmada, orijinal radyografik film, dijital görüntü ve görüntünün film olarak yeniden çıkarılması ile elde edilen röntgenler üzerinde, manuel ve dijital çizim (Dolphin Imaging Software) yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Orijinal filmler ve dijital görüntüleri arasında Frankfurt horizontal(FH)- oklüzal düzlem, U1- FH, fasiyal düzlem, y-aksı açısı, FMA, FH-NA ölçümlerinde, dijital görüntü ve çıktıları karşılaştırıldığında ise y-aksı açısı, FMA ve FH-NA ölçümlerinde anlamlı farklılık bulunmuştur. Ancak bu farklılıkların, klinik olarak anlamlı fark oluşturmadığını belirtmişlerdir.

Sayinsu ve ark.¹² 33 sefalometrik ölçüm yaptıkları çalışmalarında, gözlemci içi ve gözlemciler arası güvenilirliği oldukça yüksek bulmuşlardır. Rutin kullanım ve bilimsel çalışma amacıyla bilgisayarlı sefalometrik çizim programlarının tercih edilebileceğini bildirmişlerdir.

Polat-Özsoy ve ark.²⁴ ise, direkt dijital radyografiler ve

radyografilerin çıktıları üzerinde bilgisayarlı sefalometrik analiz programlarının ve geleneksel yöntemin tekrar edilebilirliği ve güvenilirliğini değerlendirmişler ve özellikle C Gn, Go, Po, ANS, L1 Apeks ve Me ile ilgili sefalometrik ölçümlerde metotlar arasında istatistiksel fark bulmuşlardır. Çelik ve ark.¹⁸ çalışmalarında, elle çizim ve 2 farklı dijital çizim (Vistadent 2.1 AT ve Jiffy Orthodontic Evaluation (JOE)) yöntemlerini karşılaştırmışlar ve Nasolabial açı, ANS-Me, APFH, L1-NB, Nperp-Pog, Go-Me ve U1-NA ölçümlerinde fark bulmuşlardır. Ancak bilgisayarlı sefalometrik analizlerin kullanıcı dostu ve zaman kazandırıcı özellikleri dolayısıyla geleneksel sefalometrik analiz yöntemine göre tercih edilebileceğini belirtmişlerdir.

Naoumova ve Lindman²³ genel olarak, dijital sefalometrik ölçümlerde daha büyük değişkenlik bulmuşlardır. İki metot arasında Gn', Li, Si, ve Ii – Li ölçümleri istatistiksel olarak anlamlı bulmuşlardır ancak klinik olarak kabul edilebilir olduğunu belirtmişlerdir.²³

Uysal ve ark.³¹ çalışmalarında, radyografik filmler ve filmlerin taranmış görüntüleri ile elle çizim ve dijital çizim (Dolphin Imaging Software) yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Araştırmacı içi tekrar edilebilirlik yüksek olduğu halde, metotlar karşılaştırıldığında Na[⊥]A, Na[⊥]Pog, ve U1-NA ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulmuşlardır. Bilgisayar destekli çizim programlarının analizde hataları artırmadığını ve geleneksel yöntemine göre süre avantajı sağladığı için klinisyenler için faydalı olacağını öne sürmüşlerdir.

Chen ve ark.²⁰ dijitalize edilmiş ve konvansiyonel radyografilerle yaptıkları çalışmada tüm iskeletsel ve dental ölçümlerde anlamlı farklılık bulmuşlardır. Bu farklılıkları landmark tanımlanmasıyla açıklanmışlardır. Çalışmamızda tüm radyografiler karşılaştırıldığında, manuel ve dijital yöntemler arasında L1-NB° ve Nasolabial açı değerleri haricindeki diğer tüm ölçümlerin çizim tekniğine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği saptanmıştır. Her iki metotta gözlemci içi tekrar edilebilirlik (güvenilirlik) yüksek olmasına rağmen, konvansiyonel ve dijital değerlerdeki uyumsuzluklar bazı anatomik yapıların çıktısı alınmış görüntü üzerinde farklı yorumlanmasından kaynaklanabilir. Dijital çizim yöntemleri görüntünün iyileştirilmesiyle bazı landmarkların daha net belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca ma-

manuel çizim metodunda bazı noktalar referans düzlemler oluşturularak belirlenebilirken, dijital çizimde bu mümkün olmamaktadır.

Gregston ve ark.⁸ ortodontide, tedavi kararı ve sınıflamalarda kullanılan pek çok parametrede 2° ya da 2 mm'lik değişimin klinik olarak anlamlı bir farklılık oluşturmadığını vurgulamışlardır. Bu çalışmadaki her iki metotla elde edilen ölçümlerin ortalamalarına baktığımızda, aradaki farkın parametrelerin çoğunda 2° ya da 2 mm'den küçük olduğu görülmektedir.

Sonuç

Bu çalışmanın sonuçlarına göre;

1. Yokluk hipotezi, Gonial açı° ve Nasolabial açı° değerleri için kabul edilmiştir, diğer tüm ölçümler için reddedilmiştir.

2. Nemoceph Dental Studio NX Pro 10.4.2 analiz programı ile dijital olarak yapılan ve konvansiyonel olarak manuel yapılan sefalometrik analiz metotlarının her ikisinde de yüksek güvenilirlik bulunmuştur.

3. Dijital ve manuel çizim metotları arasında parametrelerin çoğunda istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Ancak bu fark klinik olarak kabul edilebilir düzeydedir.

Kaynaklar

1. Phulari B. An atlas on cephalometric landmarks: JP Medical Ltd; 2013.
2. Brennan J. An introduction to digital radiography in dentistry. *Journal of Orthodontics*. 2002;29(1):66-9.
3. Carlos Quintero J, Trosien A, Hatcher D, Kapila S. Craniofacial imaging in orthodontics: historical perspective, current status, and future developments. *The Angle Orthodontist*. 1999;69(6):491-506.
4. Näslund E, Kruger M, Petersson A, Hansen K. Analysis of low-dose digital lateral cephalometric radiographs. *Dentomaxillofacial Radiology*. 1998;27(3):136-9.
5. Houston W. The analysis of errors in orthodontic measurements. *American journal of orthodontics*. 1983;83(5):382-90.
6. Midtgård J, Björk G, Linder-Aronson S. Reproducibility of cephalometric landmarks and errors of measurements of cephalometric cranial distances. *The Angle Orthodontist*. 1974;44(1):56-61.
7. Rudolph D, Sinclair P, Coggins J. Automatic computerized radiographic identification of cephalometric landmarks. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1998;113(2):173-9.
8. Gregston MD, Kula T, Hardman P, Glaros A, Kula K, editors. A comparison of conventional and digital radiographic methods and cephalometric analysis software: I. hard tissue. *Seminars in Orthodontics*; 2004: Elsevier.
9. Macri V, Wenzel A. Reliability of landmark recording on film and digital lateral cephalograms. *The European Journal of Orthodontics*. 1993;15(2):137-48.
10. Nimkarn Y, Miles P. Reliability of computer-generated cephalometrics. *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery*. 1995;10(1):43-52.
11. Ongkosuwito E, Katsaros C, Van't Hof M, Bodegom J, Kuijpers-Jagtman A. The reproducibility of cephalometric measurements: a comparison of analogue and digital methods. *The European Journal of Orthodontics*. 2002;24(6):655-65.
12. Sayinsu K, Isik F, Trakyali G, Arun T. An evaluation of the errors in cephalometric measurements on scanned cephalometric images and conventional tracings. *The European Journal of Orthodontics*. 2007;29(1):105-8.
13. Liu J-K, Chen Y-T, Cheng K-S. Accuracy of computerized automatic identification of cephalometric landmarks. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2000;118(5):535-40.
14. Chen Y-J, Chen S-K, Chung-Chen Yao J, Chang H-F. The effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized cephalometry. *The Angle orthodontist*. 2004;74(2):155-61.
15. Oliver RG. Cephalometric analysis comparing five different methods. *British Journal of orthodontics*. 1991;18(4):277-83.
16. Power G, Breckon J, Sherriff M, McDonald F. Dolphin Imaging Software: an analysis of the accuracy of cephalometric digitization and orthognathic prediction. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2005;34(6):619-26.
17. Kublashvili T, Kula K, Glaros A, Hardman P, Kula T, editors. A comparison of conventional and digital radiographic methods and cephalometric analysis software: II. Soft tissue. *Seminars in Orthodontics*; 2004: Elsevier.
18. Celik E, Polat-Ozsoy O, Toygar Memikoglu TU. Comparison of cephalometric measurements with digital versus conventional cephalometric analysis. *The European Journal of Orthodontics*. 2009;31(3):241-6.
19. Sandler P. Reproducibility of cephalometric measurements. *British journal of orthodontics*. 1988;15(2):105-10.
20. Chen YJ, Chen SK, Chang HF, Chen KC. Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. *The Angle orthodontist*. 2000;70(5):387-92.
21. Hagemann K, Vollmer D, Niegel T, Ehmer U, Reuter I. Prospective study on the reproducibility of cephalometric landmarks on conventional and digital lateral headfilms. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*. 2000;61(2):91-9.
22. Geelen W, Wenzel A, Gotfredsen E, Kruger M, Hansson L. Reproducibility of cephalometric landmarks on conventional film, hardcopy, and monitor-displayed images obtained by the storage phosphor technique. *The European Journal of Orthodontics*. 1998;20(3):331-40.
23. Naoumova J, Lindman R. A comparison of manual traced images and corresponding scanned radiographs digitally traced. *The European Journal of Orthodontics*. 2009;31(3):247-53.
24. Polat-Ozsoy O, Gokcelik A, Toygar Memikoglu TU. Differences in cephalometric measurements: a comparison

- of digital versus hand-tracing methods. The European Journal of Orthodontics. 2009;31(3):254-9.
25. İşeri H, Açıkbaş A, Yılmaz O. Bilgisayar metodu ve geleneksel metod ile yapılan sefalometrik ölçümlerin hassasiyet, tekrarlanabilirlik ve zaman açısından değerlendirilmesi. Türk Ortod Derg 1992;5: 1-6.
 26. Sarı Z, Başçiftçi FA, Uysal T, Malkoç S. Üç farklı sefalometrik film çizim yönteminde araştırmacılar ve tekniklerin karşılaştırılması. Türk Ortod Derg 2002;15(2):99-107.
 27. Baumrind S, Frantz RC. The reliability of head film measurements: 1. Landmark identification. American journal of orthodontics. 1971;60(2):111-27.
 28. Sekiguchi T, Savara BS. Variability of cephalometric landmarks used for face growth studies. American journal of orthodontics. 1972;61(6):603-18.
 29. Santoro M, Jarjoura K, Cangialosi TJ. Accuracy of digital and analogue cephalometric measurements assessed with the sandwich technique. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2006;129(3):345-51.
 30. Bruntz LQ, Palomo JM, Baden S, Hans MG. A comparison of scanned lateral cephalograms with corresponding original radiographs. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2006;130(3):340-8.
 31. Uysal T, Baysal A, Yagci A. Evaluation of speed, repeatability, and reproducibility of digital radiography with manual versus computer-assisted cephalometric analyses. The European Journal of Orthodontics. 2009;31(5):523-8.



The Journal of Turkish Dental Research
Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi

e-ISSN: 2822-4310, Cilt 2, Sayı 3, Eylül - Aralık 2023
Volume 2, Number 3, September - December 2023

Kırık Diş Parçasının Yeniden Yapıştırılması: Sistemik Derleme ve Olgu Serisi

Reattachment of Fractured Tooth Fragments: A Systematic Review
and a Case Series

Kırık Diş Parçasının Yeniden Yapıştırılması

Kardelen BEŞKARDEŞ¹, Yeliz GÜVEN²

¹Dr. Dt İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti ABD,
İstanbul, Türkiye
kardelencan_93@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-5939-7597

²Doç. Dr. İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti ABD,
İstanbul, Türkiye
yguven@istanbul.edu.tr
ORCID: 0000-0002-4637-6025

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Sistemik Derleme ve Olgu Sunumu / A Systematic Review and a Case Series

Geliş Tarihi / Received: 07-09-2023

Kabul Tarihi / Accepted: 08-12-2023

Yıl / Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 2 | **Sayı – Issue:** 3 | **Sayfa / Pages:** 251-265

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Kardelen BEŞKARDEŞ

<https://doi.org/10.58711/turkishjdentres.vi.1356947>

Kırık Diş Parçasının Yeniden Yapıştırılması: Sistematik Derleme ve Olgu Serisi

Reattachment of Fractured Tooth Fragments: A Systematic Review and a Case Series

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı reataçman restorasyonlarının restoratif ve biyolojik başarılarının sistematik bir şekilde değerlendirilmesi ve ön diş kuron kırığı sonrası reataçmanı gerçekleştiren beş olguyu içeren bir olgu serisinin sunulmasıdır.

Gereç ve Yöntem: PubMed, Scopus, Web of Science ve Ebsco veri tabanlarında 'dental trauma', 'dental injury', 'crown fracture', 'dental reattachment', 'fragment reattachment', 'fragment bonding' anahtar kelimeleri kullanılarak son on yıl içerisinde İngilizce ve Türkçe dillerinde yayınlanmış olan ve kuron kırığı görülen daimi ön dişlerde kırık parçanın yeniden yapıştırılması ile ilgili çalışmalar taranmıştır. Olgu serisinde ise 5 olguda gözlenen 2 komplike ve 4 komplike olmayan kuron kırığının, reataçman tekniği ile tedavisi bildirilmiştir.

Bulgular: Tarama sonucunda, üç prospektif klinik çalışma ve yedi olgu bildirimini derleme için seçilmiştir. Sistematik derlemeye dahil edilen 266 dişin 92'inde (%34,5) komplike kuron kırığı, 174'ünde (%65,5) komplike olmayan kuron kırığı gözlenmiştir. Olguların %83,4'ü basit yapıştırma tekniğini ile restore edilmiştir, diğer olgularda ise mine bizotaji (%14,3), iç dentin oluşu (%1,5), vertikal retatif oluk (%0,4) preparasyonları uygulanmıştır. Sistematik derlemeye dahil edilen olguların %73,7'si takip süreleri boyunca başarılı olarak bildirilmiştir. Olgu serisinde sunulan 5 reataçman restorasyonu içerisinde, kırık parçanın uzun süre ağız dışında kuru halde saklandığı ve kırık hattının dişeti sınırına kadar uzandığı bir komplike kuron kırığı olgusunda reataçman restorasyonu başarısız olmuşken, diğer olguların 1 yıllık takibinde herhangi bir patolojiye rastlanmamıştır.

Sonuç: İncelenen araştırmaların sınırları dahilinde, kırık parçanın saklanma koşulları, rehidratasyon uygulamaları, parçanın yapıştırılmasında kullanılan materyal, kırığın tipi, parçanın boyutu, diş ve kırık parça üzerinde yapılan preparasyonlar gibi faktörlerin restorasyonun başarısı üzerinde etkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Diş yaralanmaları; Diş restorasyonu

ABSTRACT

Aim: One of the treatment modalities for crown fractures in anterior teeth is reattachment of the fractured tooth fragment. Despite the existence of various reported techniques for this procedure, a consensus on the most clinically effective approach is yet to be established. The objective of this study is to systematically evaluate the restorative and biological outcomes of reattachment restorations and to present a case series comprising five cases of reattachment of the fractured segments in crown fractures.

Material and Methods: A literature search was carried out in April 2023 using the keywords 'dental trauma', 'dental injury', 'crown fracture', 'dental reattachment', 'fragment reattachment', 'fragment bonding' across the PubMed, Scopus, Web of Science and Ebsco databases. The search was subsequently updated in June 2023. The present study encompassed case reports, prospective and retrospective clinical studies, as well as in vivo studies published in English and Turkish languages within the past ten years, focusing on the reattachment of fractured segments in permanent anterior teeth affected by crown fractures.

Results: Three retrospective clinical studies and seven case series were selected for this review.

Conclusion: Within the limitations of the examined research, it was concluded that factors such as the storage conditions of the fractured fragment, rehydration techniques, the bonding material employed for fragment reattachment, fracture type, fragment size, tooth preparations, and fragment preparations may significantly influence the success of the restoration.

Keywords: Tooth fractures; Tooth injuries; Dental restoration

Giriş

Diş travmaları, çocuklar ve ergenlerin yaşam kalitesini etkileyen, özellikle maksiller ön dişler söz konusu olduğunda olumsuz sosyal, psikolojik ve fonksiyonel sonuçlar doğuran bir halk sağlığı sorunu olarak kabul edilmektedir. Kuron kırıklarının tedavisinde, direkt kompozit rezin restorasyonlardan indirekt seramik restorasyonlara kadar uzanan farklı tedavi yaklaşımları uygulanabilmektedir. Adeziv diş hekimliğindeki gelişmeler, travmatik diş yaralanmaları sonucu kırılan bir diş parçasının yapıştırılmasını mümkün kılmış ve bu şekilde “reataçman” yani “kırık diş parçasının yeniden yapıştırılması” kavramı ortaya çıkmıştır. Travma sonucu kırılan diş parçası, kırılan parçanın sağlam ve kalan diş dokusuna uyumlu olduğu durumlarda ve kırık hattı diş eti altına uzanmıyor ise yeniden yapıştırılabilir.¹

Bu konuyla ilgili ilk olgu raporu Chosack ve Eidelman tarafından 1964 yılında yayınlanmıştır.² Komplike ve komplike olmayan kuron kırığı olgularının her ikisinde de kullanılabilen reataçman tekniği düşük maliyetli ve hızlı sonuç alabilmeyi sağlamanın yanı sıra orijinal anatominin ve rengin korunduğu bir restorasyon seçeneği sunar.³ Bu tekniğin dezavantajı ise görece yüksek bir başarısızlık oranına sahip olması, tedavi tekrarı veya kompozit restorasyon ile değiştirilmesi ile sonuçlanabilmesidir.¹

Travma sonucu kırılan diş parçası, ağız dışında geçen sürede dehidrate olması nedeniyle opak bir görünüm alır ve adeziv sistemlerle kurduğu bağlantının direnci zayıflar. Bunu önlemek için kırık parça hemen yapıştırılmalı, eğer hemen yapıştırma mümkün değil ise kurumayı önlemek için kırık parça uygun bir solüsyon içerisinde saklanmalıdır.³

Reataçman olgularında başarı oranını yükseltmek amacıyla farklı teknik ve materyalleri içeren çok sayıda çalışma ve olgu bildirimleri yapılmıştır. Yöntemlerin başında diş veya kırık parçanın ön hazırlık yapılmadan yapıştırılması yani basit yapıştırma tekniği yer almaktadır. Parçalar arasındaki bağlantıyı güçlendirmek veya kırık hattını maskeleyerek estetiği artırmak amacıyla bazı hazırlıklar yapılabilmektedir.

1. Mine bizotajı: Kırık dişin kesici kenarında veya kırık parçada minenin 45°'lik açıyla aşındırılması şeklinde yapılan mine bizotajı, mine prizmalarının kaldırılma-

sını sağlayarak bağlantı için gerekli mine yüzey alanını artırmaktadır.⁴⁻⁶ Ayrıca, kırık hattını maskelemek amacıyla da uygulanmaktadır.^{3,7}

2. “V” şeklinde iç mine oluğu: Labial yüzeyde yani dişin görünen yüzeyinde yapılan mine bizotajının estetiği ve parçalar arasındaki uyumu olumsuz yönde etkileyebildiği belirtilmektedir.^{6,7} Bunu önlemek amacıyla, mine bizotajının hem kalan diş dokusu hem de kırık parçanın, yine labial yüzeyinde ancak iç tarafında yapıldığı olgu bildirimleri bulunmaktadır.^{5,6}

3. İnternal dentin oluğu: Retansiyonu artırmak için yapılan uygulamalardan biri de kırık parçanın dentin dokusunda elmas frez kullanarak oluklar hazırlanmasıdır. Bu uygulamanın, dentinde küçük oluklar açılmasından, dentinin büyük kısmının veya tamamının çıkarılmasına kadar uzanan varyasyonları bildirilmiştir.⁸ İnternal dentin olukları, bağlantı yüzeyini genişleterek, bağlantı kuvvetlerinin artırılmasını sağlarken, pulpa koruyucu kaside materyallerine ve yapıştırmada kullanılan kompozit rezinlere yer rezervi sağlamaktadır. Bu durumun özellikle reataçman restorasyonu öncesinde vital pulpa tedavilerinin uygulandığı olgularda avantaj sağladığı belirtilmektedir. Bununla birlikte, dentin oluğu hazırlanmasıyla ara bağlayıcı olarak kullanılan kompozit materyalin kütlesi artacağından, hazırlanan oluğun boyutu ve kullanılan materyalin rengine bağlı olarak diş renginde değişiklik meydana gelebilir. Bu yöntemin kullanıldığı durumlarda restorasyonun estetik başarısı için uygulama öncesi kompozit materyalin renk seçiminin doğru yapılmasının kritik önem taşıdığı vurgulanmaktadır.^{4,5}

4. Eksternal Chamfer (Diş oluk): Kırık parçanın yapıştırılmasından önce mine ve dentinde yapılan hazırlık işlemleri diş ile kırık parça arasında uyumun bozulmasına ve doğru pozisyonda yerleştirilememesine sebep olabilir. Bunu önlemek amacıyla kırık parçanın hiçbir hazırlık yapılmadan yapıştırılmasını takiben kırık hattı boyunca chamfer tipi bir basamak hazırlanması veya kırık hattı üzerinde vertikal oluklar açılması ve uygun renkte bir kompozit rezin ile doldurulması önerilmektedir.^{5,6}

5. Overkontur: Kırık parçanın yapıştırılması sonrasında kırık hattının maskelemesi için, kırık hattı üzerindeki minede yaklaşık 2,5 mm genişlikte yüzeysel bir aşındırma yapılması ve bu alanın uygun renkte bir kompozit rezin ile restore edilmesi önerilmektedir. Bu teknik,

basit yapıştırma tekniğinde kırık hattı boyunca biriken gerilimin, daha geniş bir diş yüzeyine dağılmasını sağlamaktadır.^{4,6}

Bu çalışmanın amacı reataçman restorasyonlarının restoratif ve biyolojik başarılarının sistematik bir şekilde değerlendirilmesi ve kırık parçanın yeniden yapıştırıldığı 6 kuron kırığı içeren bir olgu serisinin sunulmasıdır.

Olgu serisi

Bu olgu serisinde yaşları 8 ile 11 arasında değişen ve İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı kliniklerine travma sonucu orta keser dişte kuron kırığı şikâyeti ile başvuran 5 hastanın tedavileri sunulmaktadır. Olguların ikisinde komplike kuron kırığı görülmüş ve reataçman uygulaması öncesi parsiyel pulpotomi gerçekleştirilmiştir. Komplike kuron kırıklarında lokal anestezi uygulanmış, komplike olmayan kuron kırıklarında reataçman tedavisi için lokal anesteziye ihtiyaç oluşmamıştır. Kırık parçalar, travma sonrası kuru kaldıkları süreye bağlı olarak farklı sürelerde salin solüsyonunda bekletilerek rehidrate edilmişlerdir.

Restorasyonun retansiyonunu artırmak amacıyla kırık parçalarda silindirik formda elmas bir frez kullanılarak iç dentin olukları hazırlanmıştır. Yapıştırma öncesi diş ve kırık parça %0,2'lik klorheksidin ile temizlenip, %37'lik ortofosforik asit ile ayrı ayrı pürüzlendirilmiştir.

Yıkama ve hava spreyi ile kurutma sonrası bir üniversal adeziv bonding (Single Bond Universal, 3M ESPE, Seefeld, Almanya) uygulanmıştır. Bonding ajanı hava spreyi ile inceltilmiş ve kalınlık yapmaması için kırık parça dişe yerleştirilmeden önce ışıkla polimerize edilmemiştir. Parçalar arası bağlayıcı olarak nanohibrid yapıda kompozit rezin (Filtek™ Z550, 3M ESPE) kullanılmıştır. Kullanılacak olan kompozit materyalin rengini belirlemek için uygulama öncesinde, farklı renklerde kompozit küçük parçalar halinde diş üzerine konarak renk seçimi yapılmış, bu parçalar renk seçiminden sonra yüzeyden temizlenmiştir.

Kırık parça dişe yerleştirildikten sonra, konumunun doğruluğu bir ağız aynası yardımıyla farklı açılardan bakılarak kontrol edildikten sonra, fazla kompozit, ağız spatülü gibi düz bir alet veya diş ipi ve matris bantları kullanılarak temizlenmiştir. Kırık parçanın, diş ile eşleştiğinden emin olduğunda vestibül ve lingual yüzeylerden 20 saniye mavi led ışık tutularak polimerize edil-

miştir. Bitirme işlemlerinde kalından inceye doğru giden farklı grenlerde cila diskleri (Kerr OptiDisc, Kerr, Bioggio, İsviçre) kullanılmıştır. Hastalara, ön dişleri ile sert yiyecekleri ısırılmaları, tırnak yememeleri, çiğnemede ağrı, termal hassasiyet veya renk değişimi durumlarında diş hekimine başvurmaları söylenmiştir. Hastalar işlem sonrası 2. ve 6. haftalarda kontrole çağırılmış, klinik muayeneleri yapıp, periapikal radyografileri alınmış ve 1 yıl boyunca takip edilmiştir. Uzun süreli takipte pulpa canlılığı, periodontal ligamentteki değişimler, kırık fragmanın retansiyonu, diş rengi ve formu değerlendirilmiştir. Olgular, uygulanan tedavi ve sonuçları ile birlikte Tablo-1'de özetlenmiştir.

Olgu-1 ve Olgu-3'te parsiyel pulpotomi, Olgu-2'de pulpa kuafajı uygulanmıştır. Bu olgularda pulpa tedavisi sırasında kullanılan materyallere yer sağlamak ve büyük boyuttaki kırık parçanın retansiyonunu artırmak amacıyla iç dentin oluşu hazırlanmıştır (Resim-1d, Resim-3d).

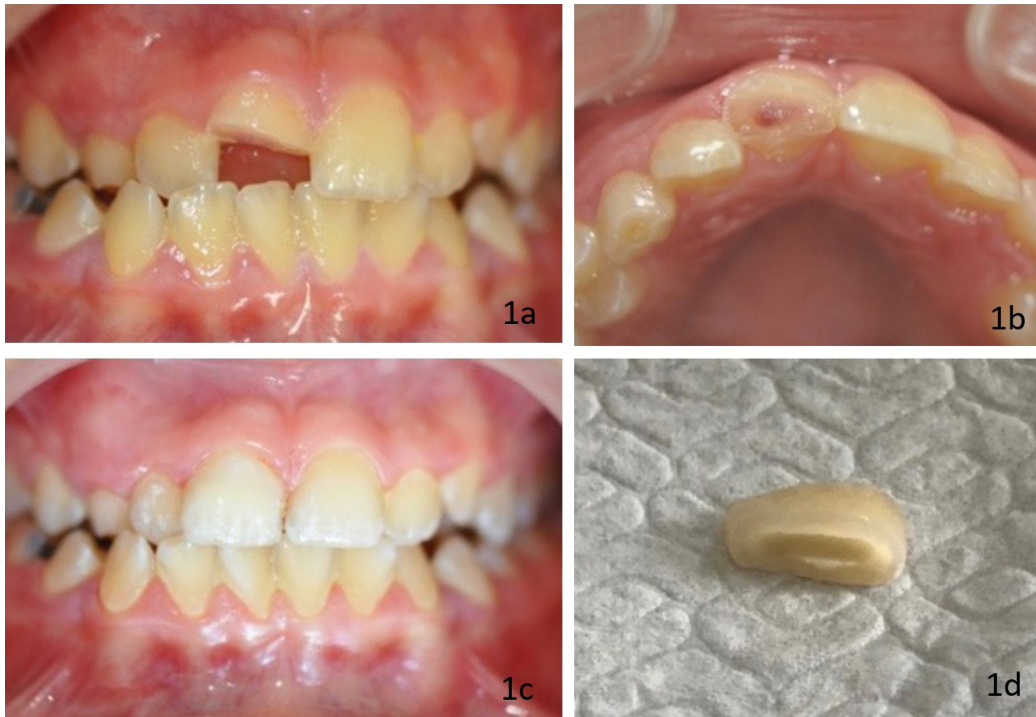
Olgu-1'de parçanın yapıştırılmasından sonra kırık hattında oluşan renk farkını maskelemek için kırık hattı boyunca dış mine oluşu hazırlanmış ve kompozit (G-aenial, GC Dental, Hindistan) ile doldurulmuştur.

Olgu-2'de kırık diş parçası çok parçaya ayrılmıştır (Resim-2c), kırık parçalar öncelikle kendi aralarında birleştirilmiş ve tek bir parça halinde dişe yapıştırılmıştır. Tek parça haline getirilen kırık parçada internal dentin oluşu hazırlanarak, kuafaj materyaline yer sağlanmıştır (Resim-2d).

Olgu-3 bu serinin komplikasyon ile sonuçlanan tek olgudur. Kliniğe travmadan 26 saat sonra başvuran hastada, kırık parça bir peçete içerisinde kuru halde getirilmiştir. İşlemden 2 hafta sonraki kontrolde pulpa ve periapikal dokularda herhangi bir patoloji saptanmamış ve restorasyonun sağlam olduğu gözlenmiştir. Hasta 2 ay sonra tekrar eden travma sonrası ağrı şikâyeti ile kliniğe başvurmuştur. Desimante olan kırık parça hasta tarafından bulunamamıştır. Dişe kanal tedavisi uygulanıp kök kanalına fiber post yerleştirilmiş ve kompozit ile restorasyon tamamlanmıştır. Reataçman restorasyonunun başarısızlığı, hipomineralize minedeki düşük adezyon (Resim 3b), kırık parçanın boyutu (Resim 3c, 3d), ağız dışında kuru kaldığı sürenin uzunluğu ve kırık hattının diş etine kadar uzanması ile ilişkilendirilebilir.

Table I. Olgu sunumlarının özeti

	Yaş	Cinsiyet	Diş no	Kırık özellikleri	Endodontik tedavi	Saklama koşulları	Rehidratasyon	Teknik	Takip	Sonuçlar	
										Restoratif başarı	Biyolojik başarı
Olgu 1	11	Erkek	11	Komplike kuron kırığı	Parsiyel pulpotomi (NeoMta, NuSmile, NeoMTA Plus)	Süt içerisinde 4 saat	Salin (prosedür süresince)	İç dentin oluğu, V şekilli dış mine oluğu	18 ay	Restorasyonun başarısı takip süresince devam etmiştir.	Pulpa sağlığı ve kök gelişimini etkileyen herhangi bir patolojiye rastlanmamıştır.
Olgu 2	8	Kız	22	Komplike olmayan kuron kırığı	Pulpa kuafajı (Dycall.)	Süt içerisinde 2 saat	Salin (prosedür süresince)	İç dentin oluğu	12 ay	Restorasyonun başarısı takip süresince devam etmiştir.	Pulpa sağlığı ve kök gelişimini etkileyen herhangi bir patolojiye rastlanmamıştır.
Olgu 3	10	Erkek	11	Komplike kuron kırığı	Parsiyel pulpotomi (NeoMta Plus, NuSmile,	Kuru bir peçete içerisinde n 26 saat	Salin (24 saat)	İç dentin oluğu	13 ay	Kırık parça 2 ayın sonunda desimante olmuştur	Diş pulpa nekrozuna dair klinik semptomlar göstermiştir.
Olgu 4	9	Erkek	11	Komplike olmayan kuron kırığı	-	Kuru halde, 2saat	Salin (prosedür süresince)	İç dentin oluğu	12 ay	Restorasyonun başarısı takip süresince devam etmiştir.	Pulpa sağlığı ve kök gelişimini etkileyen herhangi bir patolojiye rastlanmamıştır.
Olgu 5	8	Kız	11, 21	Komplike olmayan kuron kırığı	-	Kuru halde, 1 saat	Salin (prosedür süresince)	İç dentin oluğu	15 ay	Restorasyonun başarısı takip süresince devam etmiştir.	Pulpa sağlığı ve kök gelişimini etkileyen herhangi bir patolojiye rastlanmamıştır.



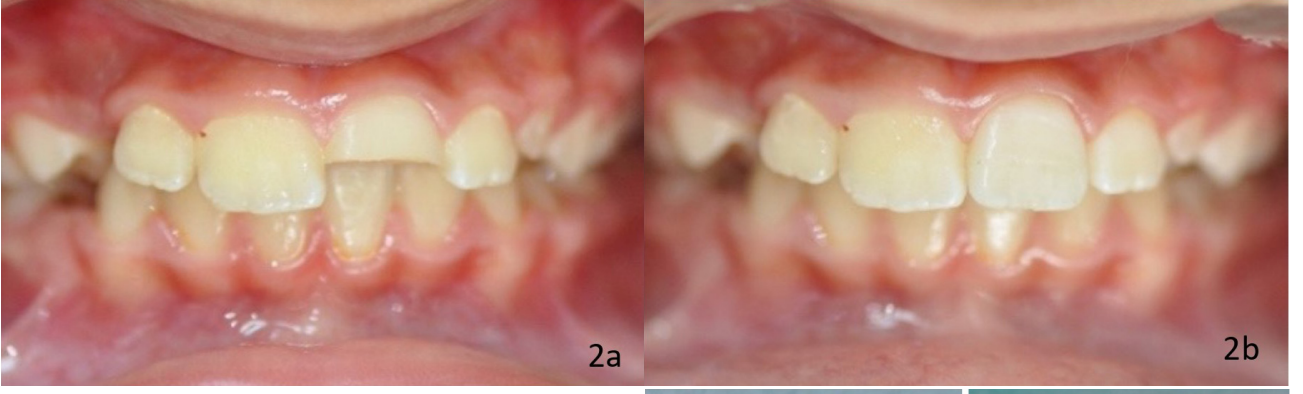
Resim1.

Olgu 1

1a ve 1b: Komplike kuron kırığı

1c: Reataçman restorasyonu

1d: İç dentin oluğu hazırlanmış kırık diş parçası



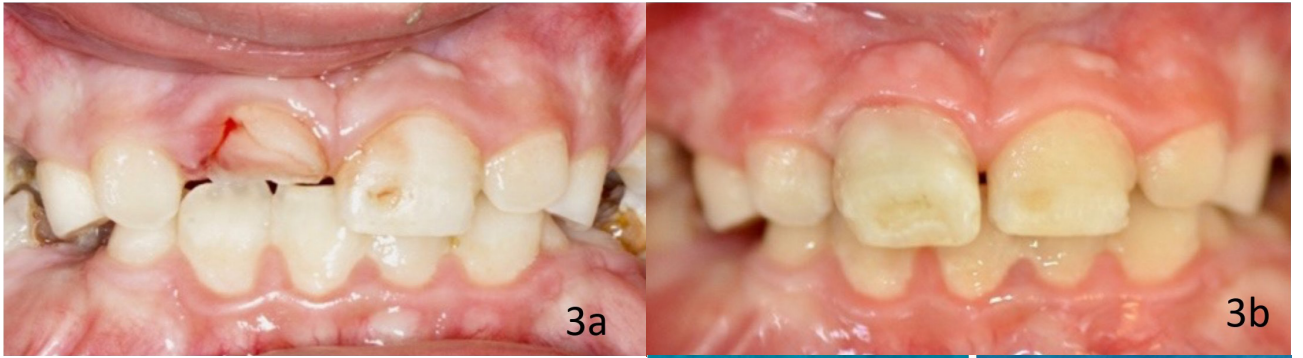
Resim 2.

Olgu 2

2a: Komplike olmayan kuron kırığı

2b: Reataçman restorasyonu

2c ve 2d: iki parça halinde kırık fragmanların birleştirilmesi



Resim 3.

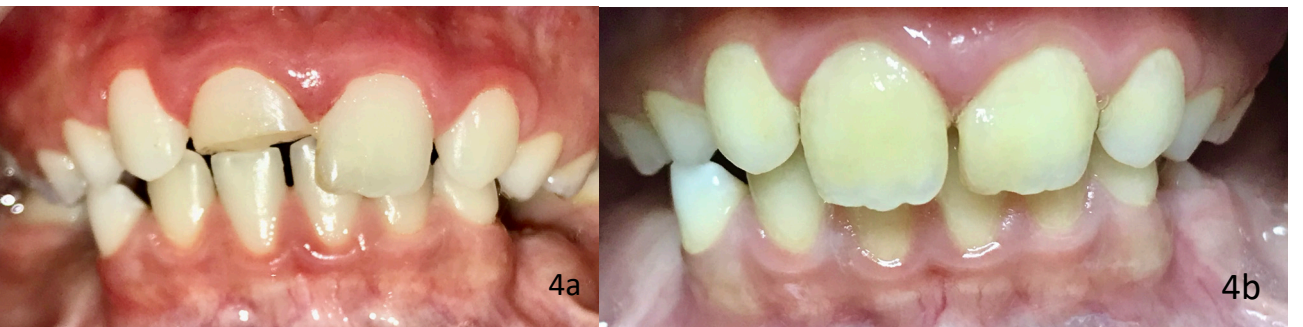
Olgu 3

3a: Mine hipoplazisi görülen bir dişte komplike kuron kırığı

3b: Kırık parçanın yapıştırıldığı restorasyon

3c: Kırık diş parçası

3d: İç dentin oluğu preparasyonu



Resim 4.

Olgu 4

4a: Komplike olmayan kuron kırığı

4b: Reataçman restorasyonu

4c: Kırık diş parçası

4d: İç dentin oluğu preparasyonu



Resim 5.

Olgu 5

5a: Komplike olmayan kuron kırıkları

5b: Reataçman restorasyonu

5c: Kırık diş parçaları

5d: İç dentin oluğu preparasyonu

Sistemik Derleme

Gereç ve Yöntem

Bu sistemik derleme PRISMA Bildirimi kontrol listesine (PRISMA Statement: Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) göre hazırlanmıştır.

Çalışmanın amacı, reataçman restorasyonlarının sağ kalım ve komplikasyon oranlarını belirlemeye yönelik çalışmaların gözden geçirilmesidir. Dahil edilen çalışmalarda restorasyon ömrü ile ilişkili olduğu bilinen kırık diş parçasının saklama koşulları, yeniden yapıştırma için kullanılan teknikler ve materyaller gibi parametreler değerlendirilmiştir. Sıfır hipotezi, yapıştırma tekniklerinin ve dental materyallerin, kırık parçaların dişlere bağlanması üzerinde hiçbir etkisinin olmadığıdır.

Araştırma sorusunun oluşturulmasında ve literatür taraması için anahtar kelimelerin belirlenmesinde 'PICOS stratejisi' izlenmiştir.

1. Katılımcılar (P): Travma sonucu kırılmış keser dişler

2. Müdahale (I): Reataçman restorasyonu ile kırık parçanın yeniden yapıştırılması

3. Karşılaştırma veya kontrol (C): Uygulanamaz

4. Sonuçlar (O): Kırık diş parçasının yeniden yapıştırılmasında kullanılan teknikler, materyaller ve restorasyonların sonuçları

5. Dahil edilen çalışma tasarımları (S): Klinik çalışmalar ve olgu bildirimleri

PubMed, Scopus, Web of Science ve Ebsco olmak üzere dört veri tabanında literatür taraması yapılmıştır.

Ayrıca gri literatür için Google Akademik arama motorunda tarama yapılmıştır. Nisan 2023'e kadar son on yıl içerisinde yayınlanmış İngilizce ve Türkçe dillerinde yayınlanan makaleler için tüm veritabanları taranmıştır. Tarama sırasında kullanılan anahtar kelimeler: 'dental trauma', 'dental injury', 'crown fracture', 'dental reattachment', 'fragment reattachment', 'fragment bonding'.

Bu incelemeye kuron kırığı görülen insan kalıcı ön dişlerinde kırık parçanın yeniden yapıştırılmasını bildiren olgu bildirimleri, vaka kontrol çalışmaları, kohort çalışmaları, kesitsel çalışmalar, klinik deneyler, retrospektif klinik araştırmalar ve in vivo çalışmalar dahil edilmiştir. Derlemeler, kişisel görüşler, kitap bölümleri ve konferans özetleri kapsam dışı bırakılmıştır. In vitro deneyler ve hayvan çalışmaları da hariç tutulmuştur. Kırık posterior dişler, süt dişleri ve post uygulaması ile kök kanalında destek alınan olgular çalışmaya dahil edilmemiştir. Ayrıca olgu bildirimleri en az bir yıl takip süresi olan çalışmalar ile kısıtlanmıştır.

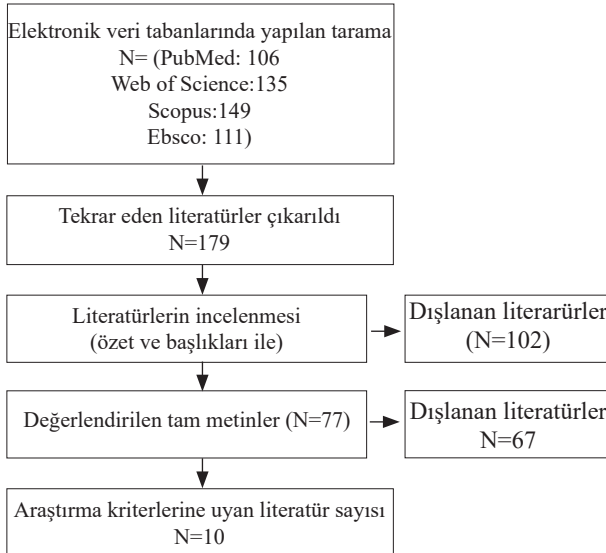
Dışlama kriterleri şöyledir: (i) derlemeler, mektuplar, kişisel görüşler, kitap bölümleri ve konferans özetleri; (ii) takip süresi bir yıldan kısa olan olgular (iii) ikiden az olguyu içeren bildirimler, (iv) kırık arka dişler; kırık süt dişleri, (v) kök kanalından destek alınarak yapılan restorasyonlar.

Tüm arama motorlarından elde edilen referanslar bir bibliyografi yazılımına (EndNote, Thomson Reuters, ABD) aktarılmış ve tekrar eden literatürler çıkarılmıştır. İlk olarak literatürlerin başlık ve özetleri okunarak araştırma kriterlerine uymayan yayınlar dışlanmıştır. Kalan literatürlerin tam metin okuması gerçekleştirilmiştir. Da-

hil edilme kriterlerine uyanlar, kırık parçanın saklama koşulları, rehidratasyon için kullanılan solüsyonlar, kırık parçada veya dişte yapılan preparasyonlar ve kullanılan materyaller ve restorasyonların başarısı başlıkları altında incelenerek veriler çıkarılmıştır.

Bulgular

Literatür taraması sonucunda toplam 502 literatüre ulaşılmıştır. Tekrar eden literatürler çıkarıldıktan sonra 179 literatür elde edilmiştir. Başlık ve özetlerin okunmasından sonra 102 literatür çalışmada dışlanmıştır. Kalan 77 literatürün tam metni okunmuş ve sonuç olarak yedisi olgu serisi ve üçü retrospektif klinik çalışma olmak üzere araştırma kriterlerini karşılayan toplam 10 çalışma dahil edilmiştir (Şekil-1). Dahil edilen tüm çalışmalar toplam 220 hastada, travma sonucu kırılmış ve reataçman restorasyonu ile tedavi edilmiş 266 dişi kapsamaktadır. Hastaların yaşları 6 ile 64 arasında değişmektedir. Erkek: kadın oranı 1,7'dir. Bir çalışmada hastaların cinsiyetleri bildirilmemiştir.



Şekil 1. Literatür taramasının akış şeması

Altı çalışmada kırık parçalar ağız dışında geçirdikleri sürede uğradıkları dehidratasyonu önlemek amacıyla bir solüsyon içerisinde bekletilmiştir. Rehidratasyon için üç çalışmada salin solüsyonu kullanılırken, bir çalışmada Hank'ın tampon çözeltisi kullanılmıştır. Bir olguda kırık parça salin solüsyonunda muhafaza edilmeden önce 30 dk boyunca topikal florid verniği ile muamele edilmiştir. Diğer bir çalışmada kırık parçalar rehidratasyon için basınçlı polimerizasyon cihazında 30 dakika süreyle 2 atm basınç altında bekletilmiştir.

Bu sistematik derleme komplike ve komplike olmayan kuron kırıklarını içermektedir. Olguların 92'inde

(%34,5) komplike kuron kırığı, 174'ünde (%65,5) komplike olmayan kuron kırığı görülmektedir.

Çalışmaya dahil edilen toplam 266 dişin 222'sinde (%83,4) basit yapıştırma tekniği uygulanmıştır. Diğer olgularda ise mine bizotajı (%14,3), iç dentin oluşu (%1,5), vertikal retatif oluk (%0,4) preparasyonları uygulanmıştır. (Tablo-III)

Çalışmaya dahil edilen literatürlerde kırık parçanın yapıştırılmasında ara bağlayıcı olarak en sık kullanılan materyal düşük viskoziteli akışkan kompozit (231/266 diş %86,8) olmuştur. Ayrıca şekillendirilebilir kompozit rezinler (%7,5), üniversal adeziv bonding ajanlar (%3,4) da bağlayıcı olarak kullanılan materyaller arasındadır. Çalışmaya dahil edilen 266 dişten 2'si hariç hepsi adeziv uygulamalar öncesinde asitle pürüzlendirme işlemine tabi tutulmuştur. Ayrıca bir olguda asitle pürüzlendirmeye ek olarak alümina oksit tozuyla kumlama yapılmıştır. Tüm çalışmalardan çıkarılan veriler Tablo-II ve Tablo-III'de özetlenmiştir.

Çalışmaya dahil edilen 266 restorasyondan 196'sı (%73,7) takip süreleri boyunca başarılı olarak bildirilmiştir. Buna göre, bu çalışmaya dahil edilen olguların başarısızlık oranı %26,3'tür. Basit yapıştırma tekniğinin kullanıldığı olgularda başarısızlık oranı %29,3 olarak bulunmuştur. Kırık parçanın reatansiyonunu artırmak için reataçman öncesi veya sonrasında herhangi bir preparasyonun yapıldığı olguların başarısızlık oranı ise %11,4'tür. Komplike kuron kırığı olgularında takip süresi boyunca komplikasyon görülme oranı %31,5'tir. Komplike olmayan olgularda ise bu oran %21,8'dir.

Table II. Dahil edilen çalışmalardan elde edilen verilerin özeti: demografik veriler, kırık tipi ve reataçman öncesinde uygulanan endodontik tedaviler

Yazar	Çalışma dizaynı	Olgu sayısı	Hasta yaşı, cinsiyeti	Diş no	Kırık tipi	Endodontik tedavi
Al-zubaidi, 2017 ²⁹	Olgu raporu	2	6, kadın	21	Komplike kuron kırığı	Cvek Parsiyel pulpotomi
			9, erkek	21	Komplike kuron kırığı	Cvek Parsiyel pulpotomi
Bissinger, 2021 ²⁸	Retrospektif klinik çalışma	109 hasta, 135 diş	Yaşları 6-64 arasında değişen 70 erkek, 39 kadın;	keser dişler	84 komplike olmayan kuron kırığı	
					51 komplike kuron kırığı	
Goyal, 2022 ²⁷	Olgu raporu	10 hastada, 13 diş	9, erkek	11	Komplike kuron kırığı	MTA pulpotomi
			8, erkek	11	Komplike kuron kırığı	MTA pulpotomi
			9, erkek	11	Komplike kuron kırığı	Direkt pulpa kuafajı
			14, erkek	21, 22	Komplike kuron kırığı	Pulpektomi
			10, erkek	11, 21	Komplike kuron kırığı	MTA pulpotomi
			8, erkek	11, 21	Komplike kuron kırığı	MTA apeksifikasyonu (21), Revaskülerizasyonu (11)
			9, erkek	21	Komplike olmayan kuron kırığı	MTA pulpotomi
			8, erkek	21	Komplike kuron kırığı	MTA pulpotomi
			8, kadın	11	Komplike olmayan kuron kırığı	-
			12, erkek	11	Komplike kök-kuron kırığı	Kök kanal tedavisi
Haupt, 2022 ¹⁸	Retrospektif klinik çalışma	49 hastada 59 diş	Ortalama yaş 16.5 37 erkek, 22 kız	Üst keser diş	19 komplike kuron kırığı, 40 komplike olmayan kuron kırığı	18 direkt pulpa kuafajı
Lo Guidince, 2018 ³⁰	Olgu raporu	9	5 erkek, 4 kız	Üst keser dişler	Komplike olmayan kuron kırığı	-
Marincák, 2021 ³¹	Olgu raporu	1 hasta, 2 diş	10, erkek	11	Komplike kuron kırığı	Parsiyel pulpotomi biodentin
				21	Komplike kök-kuron kırığı	Parsiyel pulpotomi MTA plus (Cerkamed, Stalowa Wola, Polonya)
Pavone, 2016 ³²	Olgu raporu	2	11	22	Komplike kök-kuron kırığı	Kök kanal tedavisi
			28, erkek	11	Komplike kuron kırığı	Kök kanal tedavisi
Radwanski, 2022 ³³	Olgu raporu	2 hasta, 3 diş	15, erkek	11, 21	Komplike kuron kırığı	Parsiyel pulpotomi
			21, erkek	11	Komplike kuron kırığı	Parsiyel pulpotomi
Sarapultseva, 2019 ¹⁹	Retrospektif olgu kontrol çalışması	36 diş, 32 hasta	7- 9 yaşlarında 18 erkek, 14 kız çocuk	Alt ve üst eser dişler	Komplike kuron kırığı	-
Silva, 2021 ³⁴	Olgu raporu	4 hasta, 5 diş	11, kadın	11, 21	Komplike olmayan kuron kırığı	-
			8, erkek	21	Komplike olmayan kuron kırığı	-
			9, erkek	11	Komplike olmayan kuron kırığı	-
			11, kadın	11	Komplike kök-kuron kırığı	Kök kanal tedavisi

Table III. Dahil edilen çalışmalardan elde edilen verilerin özeti: Tedavi stratejileri ve sonuçlar

Yazar	Olgu sayısı	Saklama solüsyonu	Rehidratasyon	Teknik	Kullanılan materyal	Takip süresi	Sonuç
Al-zubaidi, 2017 ²⁹	2	Kuru	Salin	İç dentin oluşu	37% fosforik asit jel (3M Espe), Akışkan kompozit (3M ESPE), Single Bond (3M ESPE)	2 yıl	Pulpada klinik veya radyografik patoloji saptanmamıştır. Kök formasyonu devam etmiştir. Restorasyon, kırık hattındaki renk değişimi nedeniyle kompozit veneer ile değiştirilmiştir.
		Kuru	Salin	İç dentin oluşu	37% fosforik asit jel (3M Espe), Akışkan kompozit (3M ESPE), Single Bond (3M ESPE)	3 yıl	Klinik veya radyografik semptomlarda patoloji saptanmamıştır. Restorasyonun başarısı takip süresince devam etmiştir.
Bissinger, 2021 ²⁸	109 hasta, 135 diş	belirtilmemiş	~30 dakika süreyle oda sıcaklığında ~2.0 atm basınçta sahip bir basınçlı polimerizasyon cihazında (Heraeus Palamat® elite, Heraeus Holding GmbH, Hanau, Almanya)	Basit yapıştırma	37% fosforik asit jel (Total Etch, Ivoclar Vivadent GmbH, Schaan, Liechtenstein), Adesiv bonding (Syntac Classic, Ivoclar Vivadent GmbH) Akışkan kompozit (Tetric Flow, Ivoclar Vivadent GmbH)	2 yıl	84 dişin 65'i (%77.4) reataçman restorasyonu ile başarılı olmuştur.
							51 dişin 34'ünde (%66.6) reataçman restorasyonu başarılı olmuştur. Komplike olmayan kuron kırıklarında, komplike kuron kırıklarına göre reataçmanın restoratif başarısı daha yüksektir.
Goyal, 2022 ²⁷	10	Kuru, 2 ay	Topikal flor verniği uygulaması + 72 saat salin solüsyonu	Bizotaj, dişte ve kırık parçadan vertikal oluklar	%37 fosforik asit, bonding ve akışkan kompozit	18 ay	Periyodik kontrollerde klinik veya radyografik patolojiye rastlanmamıştır. Radyografide apekte kapanma ile kök formasyonunun devam ettiği görülmüştür. Diş asemptomatik halde fonksiyonunu devam ettirmiştir. Yeniden birleştirilen parçanın rengi, ağız dışında kuru kaldığı sürenin uzun olmasına rağmen sağlam dişin rengine benzerdir.
		Kuru, 18 saat	Salin, 30 dk	İç dentin oluşu	%37 fosforik asit, bonding ve akışkan kompozit	30 ay	Restore edilen diş takip süresince klinik olarak asemptomatik kalmış ve restorasyon fonksiyonel ve estetik açıdan başarılı olmuştur.
		Kuru, 30dk	Salin, 15 dk	Basit yapıştırma	%37 fosforik asit, bonding ve akışkan kompozit	30 ay	Reataçman restoratif ve biyolojik açıdan başarılı bulunmuştur.
		Kuru, 7 gün	Salin 24 saat	Basit yapıştırma	%37 fosforik asit, bonding ve akışkan kompozit	18 ay	Kırık parça desimante olmuş ve yeniden yapıştırılmıştır. Pulpa sağlığı ve kök gelişimini etkileyen herhangi bir patolojiye rastlanmamıştır.
		Kuru, 13saat	Salin 24 saat	İç dentin oluşu	%37 fosforik asit, bonding ve akışkan kompozit	24 ay	Reataçman restoratif ve biyolojik açıdan başarılı bulunmuştur.
		Kuru, 13 gün	Salin, >24 saat	Basit yapıştırma	%37 fosforik asit, bonding ve akışkan kompozit	18 ay	Reataçman restoratif ve biyolojik açıdan başarılı bulunmuştur.

		Kuru, >24 saat	Salin 24 saat	Basit yapıştırma	%37 fosforik asit, bonding ve akışkan kompozit	20 ay	Reataçman restoratif ve biyolojik açıdan başarılı bulunmuştur.
		Kuru, 30 dk	Salin 30dk	Basit yapıştırma	%37 fosforik asit, bonding ve akışkan kompozit	18 ay	Reataçman restoratif ve biyolojik açıdan başarılı bulunmuştur.
		Süt, 27 gün	Salin ile yıkama	Mine bizotajı	%37 fosforik asit, bonding ve akışkan kompozit	24 ay	Pulpa sağlığı ve kök gelişimini etkileyen herhangi bir patolojiye rastlanmamıştır. Kırık hattında oluşan renklesme polisaj ile giderilmiş.
		2 gün diş etine bağlı	Ağız içinde	Basit yapıştırma	%37 fosforik asit, bonding ve akışkan kompozit	12 ay	Reataçman restoratif ve biyolojik açıdan başarılı bulunmuştur.
Haupt, 2022 ¹⁸	49 hastada 59 diş	-	-	Basit yapıştırma	43 olguda akışkan kompozit, 16 olguda şekillendirilebilir kompozit	2-5 yıl	59 Reataçman restorasyonunun 14'ü (%23) ilk bir yıl içerisinde olmak üzere toplam 24'ü (%40.7) başarısızlıkla sonuçlanmış. Bu oran kompozit restorasyonlar için %22.2 olarak tespit edilmiştir.
Lo Guidince, 2018 ³⁰	9	-	Salin	Basit yapıştırma	37% fosforik asit jel, 3 adımlı üniversal dental adeziv sistem (All-Bond, Bisco Dental Products, Itasca, ABD)	3 yıl	9 olgunun 2'sinde kırık parçanın desimantasyonu gerçekleşmiştir. Bir olguda marjinal kenar renklesmesi gözlenmiştir. Diğer 6 olguda tedaviler restoratif ve biyolojik olarak başarılı bulunmuştur.
Marinc'ák, 2021 ³¹	2	Minerali su	-	Basit yapıştırma	50 µm alüminyum oksit ile kumlama, 36% fosforik asit jel (DeTrey Conditioner 36, Dentsply Sirona GmbH), adeziv (Optibond FL, Kerr GmbH, Biberach, Almanya), akışkan kompozit (Filtek Ultimate flow, 3M ESPE GmbH, Seefeld, Almanya)	2 yıl	Takip süresi boyunca dişler asemptomatik seyretmiştir, termal duyarlılık testine pozitif yanıt alınmıştır. Restorasyonda veya dişte renk değişimi saptanmamıştır. Hasta ve ailesi estetik sonuçtan memnundur. Sondalama derinliği fizyolojik sınırlar içerisinde. Radyolojik muayenede patolojiye rastlanmamıştır.
		Ağızda		Kırık parçada kalan pulpa odası genişletilmiş (iç dentin oluşu)			
Pavone, 2016 ³²	2	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Basit yapıştırma	Isıtılmış kompozit	5 yıl	Takip süresi boyunca restorasyonun, estetik ve fonksiyon açısından başarılı olduğu gözlenmiştir.
				Basit yapıştırma sonrasında, indirekt porselen veneer			
	2	Süt, 2gün	-			1 yıl	

Radwanski, 2022 ³³		Kuru	Hank'ın tampon çözeltisi	Basit yapıştırma	36% fosforik asit jeli (DeTrey Conditioner 36, Dentsply Sirona GmbH, Bensheim, Almanya), self-etch adeziv (Clearfil™ Se Bond, Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japonya,) kompozit (Asteria, Tokuyama Dental Co, Tokyo, Japonya)		Radyolojik ve klinik kontrollerde pulpa canlılığının devam ettiğini görülmüş, herhangi bir patolojiye rastlanmamıştır. Termal uyaran testine bir yıl sonra alınan cevap pozitifdir.
Sarapultseva, 2019 ¹⁹	36 diş, 32 hasta	Belirtilmemiş	Belirtilmemiş	Lingual/palatinal bizotaj	Akışkan kompozit GransdioSO (VOCO GmbH, Cuxhaven, Almanya) 37% fosforik asit, bonding ajan Futurabond DC (VOCO GmbH).	5 yıl	Reataçman restorasyonlarında komplikasyonsuz başarılı tedavi oranı %88.9 olarak saptanmıştır. 5 yıllık gözlem süresi boyunca, kompozit restorasyonlarla kıyaslandığında komplikasyonların oluşumu açısından anlamlı bir fark yoktur (P > 0.05).
Silva, 2021 ³⁵	5 diş, 4 hasta	Belirtilmemiş	Su, 1 hafta	Basit yapıştırma	37% fosforik asit jeli, adeziv sistem (Ambar, FGM Dental Group, Joinville, Brezilya) Dual-cure rezin siman (Allcem, FGM Dental Group)	1- 4 yıl	Olguların tamamı takip süresince, kırık parçanın retansiyonu, kenar uyumu, renk uyumu, anatominin korunması, kenar renklemesi açısından başarılı bulunmuştur. Bir olguda, 4 yılın sonunda radyografik kontrolde periapikal lezyon saptanmış ve kök kanalı tedavisi uygulanmıştır. Diğer 4 dişte radyografik kontrollerde herhangi bir patolojiye rastlanmamıştır.

Tartışma

Reataçman olgularında uzun süre takipli ilk çalışmalardan biri, olguların sadece %25'inin yedi yıldan uzun sağ kalım gösterdiklerini bildirmiştir.⁹ Daha sonraki yıllarda adeziv sistemlerdeki gelişmeler ile birlikte reataçman olgularında daha yüksek başarı oranları saptanmaya başlanmıştır. 2010 yılında yapılan bir çalışmada 2 yıllık sağ kalım oranı %95 olarak bulunmuştur.¹⁰ Adeziv sistemlerdeki gelişmelerin reataçman tedavisinin sonuçları üzerindeki etkisi göz önünde bulundurularak, bu sistematik derlemeye yalnızca son 10 yıl içerisinde yayınlanan literatürler dahil edilmiştir.

Reataçman öncesi ve sonrası diş preparasyonu tekniklerinin bağlantı kuvvetine etkisi konusunda literatürde farklı görüşler mevcuttur. Bazı yazarlar reataçman öncesinde veya sonrasında yapılan diş preparasyonlarının kırılma direncini artırdığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte işlemin teknik hassasiyetini ve klinik fazın süresini azaltmak amacıyla tüm diş hazırlıklarını ortadan kaldıran basit yapıştırma tekniğini savunun klinisyenler de mevcuttur.^{8,11,12}

Garcia ve ark.'nın¹³ travmaya uğramış ön dişlerde en

etkili yeniden yapıştırma tekniklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirdikleri sistematik derlemede, diş fragmanlarının yeniden birleştirilmesinin, kompozit rezin uygulamalarına iyi bir alternatif olduğu ve reataçman sırasında, overkontur veya dentin oluklarının hazırlanması gibi teknikler yerine, yalnızca kompozit rezin kullanılarak yapılan birleştirmenin daha başarılı olduğu sonucunu bildirmişlerdir. Buna karşın, birçok in vitro deneyin sonucunda farklı preparasyonların kırık parçanın retansiyonunu artırdığı bildirilmiştir. Capp ve ark.¹⁴ reataçman öncesinde kırık parçanın içerisinde dentinin çıkarılmasının, restorasyonun kırılma dayanımını artırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Loguercio ve ark.¹⁵ da reataçman restorasyonlarında en büyük kuvvet geri kazanımının internal dentin oluşu hazırlanan parçaların yapıştırılmasıyla elde edildiğini belirtmişlerdir. Yıkılğan ve ark.¹⁶ reataçman restorasyonu yapılmış dişlerde preparasyon şekillerinin (palatinal yüzeyde yapılan uzun bir vertikal oluk, iki küçük oluk, palatinal lamina preparasyonları) bağlanma dayanımına etkilerini karşılaştırmışlar ve en yüksek bağlanma dayanımının iki küçük oluk hazırlanmasıyla gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Srilatha ve

ark.¹⁷ overkontur tekniğinin, sağlıklı dişe kıyasla kırılma direncinde %91,4'lük bir geri kazanım sağladığını bildirmişlerdir. Puşman ve ark.⁴ ise internal dentin oluşu tekniğinin overkontur veya basit yapıştırma tekniklerine göre daha yüksek bağlanma değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir.

Haupt ve ark.¹⁸ basit yapıştırma yönteminin uygulandığı reataçman restorasyonları ile kompozit restorasyonların başarılarını retrospektif bir klinik çalışma ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada reataçmanların %23'ü ilk bir yıl içerisinde olmak üzere toplam %40,7'si başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Bu oran kompozit restorasyonlar için %22,2 olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar kompozit restorasyonların daha yüksek sağ kalım oranına sahip olmasının, restorasyon kenarlarının bizotajı ve minedeki bağlanma yüzey alanının genişletilmesi ile ilişkili olduğunu ve reataçman restorasyonu sırasında yapılan diş hazırlıklarının restorasyonun sağ kalım oranını artırabileceğini belirtmişlerdir.¹⁸

Sarapultseva ve ark.¹⁹'ı retrospektif klinik çalışmalarında, vestibül ve palatinal yüzlerde mine bizotajı uygulanmış olgularda restorasyonların 5 yıllık sağ kalım oranının %88,9 olduğu saptanmış ve bu oranın kompozit restorasyonların başarı oranıyla (%94,5) benzer olduğunu vurgulamıştır. Chazine ve ark.²⁰'nin çalışmasında da vestibül ve palatinal yüzlerde yapılan bizotajın, makaslama bağlanma dayanımını anlamlı derecede artırdığı gözlenmiştir.

Bu sistematik derlemede, olguların yüksek çoğunluğunda (%83,4), kırık parçalar hiçbir diş hazırlığı yapılmaksızın basit yapıştırma yöntemiyle birleştirilmiştir. Basit yapıştırma yönteminin kullanıldığı olgularda başarısızlık oranı %29,3 olarak saptanırken, herhangi bir diş preparasyonunun yapıldığı olgularda başarısızlık oranı %11,4'tür. Bu sonuç, reataçman için yapılan preparasyonların, restorasyonun başarısını artırdığını bildiren in vitro araştırma sonuçlarını destekler iken^{4, 14-17} Garcia ve ark.¹³'ün sistematik derlemesinin sonucu ile çelişmektedir.

Kırık parçanın yeniden yapıştırılmasında ara bağlayıcı olarak farklı materyaller kullanılabilir. Bonding ajanları tek başına kullanılabileceği gibi, akışkan kompozit veya kompozit rezin ile birlikte de kullanılabilir. Bonding ajanlarının yanı sıra dual-cure veya self-cure yapıştırma simanları veya ışıkla sertleşen ya-

pıştırma simanları da uygulanabilmektedir.²⁰ Parçaların yeniden birleştirilmesi genellikle bir kompozit rezin ile gerçekleştirilmektedir.

Bhargava ve ark.¹² kırık parçaları bonding ajan, yapıştırıcı rezin siman ve nanopartikül yapıda kompozit uygulayarak birleştirmişler ve yapıştırma sonrası bağlantı kuvvetlerini değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak nano kompozitlerin daha iyi mekanik özelliklere sahip olmaları nedeni ile nano kompozit ile yapıştırılan dişlerin kırılmaya karşı daha yüksek direnç gösterdiğini bildirmişlerdir. Reis ve ark.¹¹ kırık parçanın hibrit bir kompozit ile yapıştırılmasının, akışkan kompozit ve yapıştırıcı rezin simanlara göre daha yüksek bağlantı kuvveti sağladığını bildirmişlerdir. Chazine ve ark.²⁰ ve Bruschi ve ark.²¹ ise materyal seçiminin restorasyonun başarısı üzerine etkili olmadığını belirtmişlerdir.

Nanokompozit ve hibrit kompozitler, üstün mekanik özellikleri sayesinde kırılmaya karşı daha yüksek direnç göstermektedirler. Akışkan kompozitler ise, düşük viskoziteleri sayesinde kırık parçanın kalan diş dokusuna daha iyi uyumlanmasına izin vermekte, bu nedenle özellikle parça boyutunun küçük olduğu durumlarda sıklıkla tercih edilmektedirler.^{8,11,12} Bu derlemede, dahil edilen olguların %86,8'inde kırık parçanın yapıştırılmasında düşük viskoziteli akışkan kompozit rezin, %7,5'inde yüksek viskoziteli şekillendirilebilir kompozit rezin kullanımının tercih edildiği saptanmıştır.

Kırık parça ağız dışında kuru şekilde saklandığı sürede nem kaybederek dehidrate olur ve rengi opaklaşır. Ayrıca dehidrate dentinin adeziv sistemlerle kurduğu bağlantı kalitesi de düşer. Bu nedenle ağız dışında kuru halde muhafaza edilmiş bir diş parçasının nemini geri kazanması için bir solüsyon içinde bekletilmesi önerilmektedir.²²⁻²⁵

Lokade ve ark.²² kuron-kök kırığı olan dişlerde, kırık parçanın yeniden yapıştırılmasından önce 15 dakikalık rehidratasyon sürecine maruz kalmasının, parçanın ayrılması için gereken kuvvetin artmasını sağladığını bildirmişlerdir.

Chaurasia ve ark.²³ rehidratasyon uygulamalarının, kırık parçanın rezin penetresyonunu anlamlı derecede etkilediğini, dentin tübülleri içerisine giren adezivin oluşturduğu 'rezin-tag'lerin sayısını, derinliğini ve genişliğini artırdığını bildirmişlerdir. Poubel ve ark.²⁴ farklı

sürelerde dehidratasyon ve rehidratasyon süreçlerinden geçirilmiş diş parçalarının kırılma dirençlerini incelemiş, dehidrate olmuş diş parçalarının daha düşük bağlanma kuvvetine sahip olduğunu ve 15 dakikalık rehidratasyonun bağlanma kuvvetini artırmak için yeterli olduğunu bildirmişlerdir. Dentin dokusu dehidratasyondan mineye göre daha fazla etkilenmektedir. Bu nedenle kırık parçanın içerisinden tüm dentin dokusunun çıkarılmasının yeniden birleştirilen diş parçalarının kırılma dayanımını artıracığını savunan yazarlar mevcuttur.¹⁴

Tüzüner ve ark.²⁵ kırık diş parçalarının 3 haftaya kadar kuru veya su, izotonik salin solüsyonu, süt, tükürük ve CPP-ACP solüsyonlarında saklanması, diş parçasının rengine etkisini incelemişlerdir. Kuru halde saklanan parçalar tüm zaman aralıklarında en yüksek, CPP-ACP solüsyonunda bekletilenler en düşük renk değişimini göstermiştir. Araştırmacılar reataçman ile optimum estetiğin sağlanması için CPP-ACP solüsyonun diş parçalarının saklanması için iyi bir seçenek olduğunu ve diş parçalarının 3 hafta süre ile tükürük veya sütte bekletilmesinin gözle görülür renk değişimiyle sonuçlanabileceğini bildirmişlerdir. Maia ve ark.²⁶ salinde, yapay tükürükte, musluk suyunda, sütte veya kuru halde 1 saat veya 24 saat saklanan diş parçalarının kırılma dirençlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, rehidratasyon için kullanılan solüsyonun kırılma direnci üzerinde etkili olmadığını saptamışlardır. Bir saatlik süre rehidratasyon için yeterli bulunmuştur. Kuru diş parçalarının kırılma direnci anlamlı derecede düşük iken, kırık parçanın rehidratasyonu, saklama solüsyonu ve süreden bağımsız olarak kırılma direncini artırmıştır.

Bu sistematik derlemede rehidratasyon için en sık kullanılan solüsyon izotonik salin solüsyonu olmuştur. Solüsyonun diş kliniklerinde kolay ulaşılabilir olmasının bu sonuçta etkili olduğu düşünülebilir. Goyal ve ark.²⁷ kırık parçanın yeniden yapıştırıldığı 12 kuron kırığı olgusunu içeren bir bildiri yayınlamışlardır. Tüm olgularda kırık parça ağız dışında kuru kaldığı süreye göre 15 dakikadan 72 saate kadar değişen sürelerde salin solüsyonunda bekletilmiştir. Kırık parçanın ağız dışında 2 ay kaldığı bir olguda salin solüsyonu öncesinde diş parçası 30 dakika topikal flor jeli ile muamele edilmiştir. Yazarlar yeniden birleştirilen parçanın renginin, ağız dışında kuru kaldığı sürenin uzunluğunu rağmen sağlam dişin rengine benzer olduğunu bildirmişlerdir.²⁷

Bissinger ve ark.²⁸ da yaptıkları retrospektif klinik çalışmada basit yapıştırma yöntemiyle reataçman restorasyonu yapılan komplike kuron kırıklarında başarı oranının %77,4, komplike kuron kırıklarında ise %66,6 olduğunu bildirmişlerdir. Bu sistematik derlemede de komplike kuron kırıklarında başarı oranının (%68,5), komplike olmayan kuron kırıklarına göre (%78,2) daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bu durum komplike kuron kırıklarında kırık parçanın daha büyük olması ve dolayısıyla parçaların ayrılma olasılığının da artması ile açıklanabilir. Bu sonuçlar, kırık parçanın dişe uyumunun mükemmel olması durumunda herhangi bir hazırlık yapılmasının gerekmediği ancak uyumun bozulduğu olgularda işlevi ve estetiği yeniden oluşturmak için ek hazırlıklar yapılması gerektiğini savunan araştırmalar ile uyumludur.^{6,13,27}

Sonuç

Kırık bir diş parçasının yeniden yapıştırılmasında hangi tekniklerin, materyallerin veya rehidratasyon solüsyonlarının daha başarılı sonuçlar verdiği birçok in vitro ve in vivo çalışmayla araştırılmış olsa da literatürde henüz bir fikir birliğinin oluşmadığı gözlenmektedir.

Ağız dışında uzun süre kuru kalmış bir diş parçasının nem kaybı sonucu adeziv bağlantı yeteneği azalmakta ve rengi opaklaşarak estetik bir restorasyon sağlamaktan uzaklaşmaktadır, bu nedenle yeniden yapıştırılmadan önce bir solüsyonda bekletilmesi önerilmektedir. İdeal rehidratasyon solüsyonu konusunda farklı görüşler literatürde yer almaktadır.

Kırık parçanın küçük ve diş ile uyumlu olduğu durumlarda, herhangi bir diş hazırlığı yapılmadan düşük vizkoziteli akışkan bir kompozit ile yapıştırılması sağlam bir restorasyon için yeterli görünmektedir. Bununla birlikte, kırık parçanın büyük olduğu veya dişe uygulanan pulpa tedavileri gibi nedenlerle parçalar arası uyumun bozulduğu, parçanın ağız dışında uzun süre kuru kaldığı olgularda dişte veya kırık parçada uygun preparasyon tekniklerinin kullanılması ile reataçman restorasyonunun başarısı artırılabilir.

Kırık bir diş parçasının yapıştırılmasında nasıl bir yol izleneceği, parçanın büyüklüğü, uyumu, ağız dışında kuru kaldığı süre, kırığın komplike olup olmadığı ve dişe uygulanan pulpa tedavileri göz önünde bulundurularak belirlenmeli ve her olguya özel olarak planlanmalıdır.

Kaynaklar

1. Slayton RL, Palmer EA. Permanent Tooth Crown and Root Fractures. Traumatic Dental Injuries in Children: A Clinical Guide to Management and Prevention. Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 77-110.
2. Chosack A, Eidelman E. Rehabilitation of a fractured incisor using the patient's natural crown. Case report. J Dent Child. 1964;31(1):19-21.
3. Soxman JA. Reattachment of permanent incisor enamel fragments. Handbook of Clinical Techniques in Pediatric Dentistry 2015. p. 157-61.
4. Pusman E, Cehreli ZC, Altay N, Unver B, Saracbası O, Ozgun G. Fracture resistance of tooth fragment reattachment: effects of different preparation techniques and adhesive materials. Dent Traumatol. 2010;26(1):9-15. doi: 10.1111/j.1600-9657.2009.00855.x. PMID: 20089057.
5. Reis A, Loguercio AD, Kraul A, Matson E. Reattachment of fractured teeth: a review of literature regarding techniques and materials. Oper Dent. 2004 ;29(2):226-33. PMID: 15088736.
6. Brambilla GP, Cavallè E. Fractured incisors: a judicious restorative approach--part 1. Int Dent J. 2007;57(1):13-8. doi: 10.1111/j.1875-595x.2007.tb00113.x. PMID: 17378345.
7. Bourguignon C, Arhakis A, Sigurdsson A, Kotsanos N. Dentoalveolar Trauma of Children and Adolescents. In: Kotsanos N, Sarnat H, Park K, editors. Pediatric Dentistry. Cham: Springer International Publishing; 2022. p. 363-413.
8. de Sousa APBR, França K, de Lucas Rezende LVM, do Nascimento Poubel DL, Almeida JCF, de Toledo IP, Garcia FCP. In vitro tooth reattachment techniques: A systematic review. Dent Traumatol. 2018;34(5):297-310. doi: 10.1111/edt.12414. PMID: 29888490.
9. Andreasen FM, Norén JG, Andreasen JO, Engelhardtson S, Lindh-Strömberg U. Long-term survival of fragment bonding in the treatment of fractured crowns: a multicenter clinical study. Quintessence Int. 1995;26(10):669-81. PMID: 8935108.
10. Yilmaz Y, Guler C, Sahin H, Eyuboglu O. Evaluation of tooth-fragment reattachment: a clinical and laboratory study. Dent Traumatol. 2010;26(4):308-14. doi: 10.1111/j.1600-9657.2010.00907.x. PMID: 20662883.
11. Reis A, Kraul A, Francci C, de Assis TG, Crivelli DD, Oda M, Loguercio AD. Re-attachment of anterior fractured teeth: fracture strength using different materials. Oper Dent. 2002;27(6):621-7. PMID: 12413229.
12. Bhargava M, Pandit IK, Srivastava N, Gugnani N, Gupta M. An evaluation of various materials and tooth preparation designs used for reattachment of fractured incisors. Dent Traumatol. 2010 Oct;26(5):409-12. doi: 10.1111/j.1600-9657.2010.00913.x. Erratum in: Dent Traumatol. 2010;26(6):532. PMID: 20831637.
13. Garcia FCP, Poubel DLN, Almeida JCF, Toledo IP, Poi WR, Guerra ENS, Rezende LVML. Tooth fragment reattachment techniques-A systematic review. Dent Traumatol. 2018;34(3):135-143. doi: 10.1111/edt.12392. Epub 2018;26. PMID: 29512861.
14. Capp CI, Roda MI, Tamaki R, Castanho GM, Camargo MA, de Cara AA. Reattachment of rehydrated dental fragment using two techniques. Dent Traumatol. 2009;25(1):95-9. doi: 10.1111/j.1600-9657.2008.00715.x. PMID: 19208019.
15. Loguercio AD, Mengarda J, Amaral R, Kraul A, Reis A. Effect of fractured or sectioned fragments on the fracture strength of different reattachment techniques. Oper Dent. 2004;29(3):295-300. PMID: 15195730.
16. Yikilgan İ, Guven N, Kedici Alp C, Tokar E, Topuz O, Kamak H. Efficacy of Palatal Applications on Fracture Resistance of Reattached Maxillary Central Incisors: An In Vitro Study. Appl Bionics Biomech. 2017;2017:9124545. doi: 10.1155/2017/9124545. Epub 2017 Dec 26. PMID: 29440865; PMCID: PMC5758857.
17. Srilatha JS, Chhasatia N, Rani P, Mathur E. Reattachment of fractured anterior teeth-determining fracture strength using different techniques: an in vitro study. J Contemp Dent Pract. 2012;13(1):61-5.
18. Haupt F, Meyerdercks C, Kanzow P, Wiegand A. Survival analysis of fragment reattachments and direct composite restorations in permanent teeth after dental traumatic injuries. Dent Traumatol. 2023;39(1):49-56. doi: 10.1111/edt.12789. Epub 2022 Sep 18. PMID: 36116107.
19. Sarapultseva M, Sarapultsev A. Long-term results of crown fragment reattachment techniques for fractured anterior teeth: A retrospective case-control study. J Esthet Restor Dent. 2019;31(3):290-4.
20. Chazine M, Sedda M, Ounsi HF, Paragliola R, Ferrari M, Grandini S. Evaluation of the fracture resistance of reattached incisal fragments using different materials and

- techniques. *Dent Traumatol.* 2011;27(1):15-8.
21. Bruschi-Alonso RC, Alonso RC, Correr GM, Alves MC, Lewgoy HR, Sinhoreti MA, Puppini-Rontani RM, Correr-Sobrinho L. Reattachment of anterior fractured teeth: effect of materials and techniques on impact strength. *Dent Traumatol.* 2010;26(4):315-22. doi: 10.1111/j.1600-9657.2010.00906.x. PMID: 20662884.
 22. Lokade A, Tewari N, Goel S, Mathur VP, Srivastav S, Rahul M. Comparative evaluation of fragment reattachment protocols for the management of teeth with crown-root fractures. *Dent Traumatol.* 2022;38(4):319-324. doi: 10.1111/edt.12745. Epub 2022 Mar 12. PMID: 35278343.
 23. Chaurasia B, Tewari N, Mathur VP, Nag TC, Yadav SC, Rahul M, Mishra D, Bansal K. Evaluation of two rehydration protocols for fractured tooth fragments for characteristics of penetration of resin tags using confocal laser scanning microscopy. *Dent Traumatol.* 2023;39(2):157-164. doi: 10.1111/edt.12807. Epub 2022 Nov 21. PMID: 36409272.
 24. Poubel DLN, Almeida JCF, Dias Ribeiro AP, Maia GB, Martinez JMG, Garcia FCP. Effect of dehydration and rehydration intervals on fracture resistance of reattached tooth fragments using a multimode adhesive. *Dent Traumatol.* 2017;33(6):451-457. doi: 10.1111/edt.12344. Epub 2017 Jun 15. PMID: 28419716.
 25. Tuzuner T, Turgut S, Ozen B, Kılınç H, Bağış B. Storing Tooth Segments for Optimal Esthetics. *J Clin Pediatr Dent.* 2016;40(2):113-7.
 26. Brasil Maia G, Pereira RV, Poubel DLDN, Almeida JCF, Dias Ribeiro AP, Rezende LVML, Garcia FCP. Reattachment of fractured teeth using a multimode adhesive: Effect of different rewetting solutions and immersion time. *Dent Traumatol.* 2020;36(1):51-57. doi: 10.1111/edt.12506. Epub 2019 Sep 8. PMID: 31373162.27.
 27. Goyal A, Rathore M, Devi P, Singh SK. Fragment Reattachment of Immature Permanent Incisors: Clinical Procedures and the Development of an Algorithm. *J Pediatr Dent.* 2022;8(1):51-8. DOI: 10.14744/JPD.2021.10_70.
 28. Bissinger R, Müller DD, Hickel R, Kühnisch J. Survival analysis of adhesive reattachments in permanent teeth with crown fractures after dental trauma. *Dent Traumatol.* 2021;37(2):208-214. doi: 10.1111/edt.12613. Epub 2020 Dec 4. PMID: 33180986.
 29. Al-Zubaidi SMH. Management of coronal fracture of traumatized central incisor: Report of two cases. *Saudi Endod J.* 2017;7(1):40-4.
 30. Lo Giudice G, Alibrandi A, Lipari F, Lizio A, Lauritano F, Cervino G, et al. The Coronal Tooth Fractures: Preliminary Evaluation of a Three-Year Follow-Up of the Anterior Teeth Direct Fragment Reattachment Technique Without Additional Preparation. *Open Dent J.* 2017;11:266-75.
 31. Marincak D, Dolezel V, Pribyl M, Voborna I, Marek I, Sedy J, et al. Conservative Treatment of Complicated Crown Fracture and Crown-Root Fracture of Young Permanent Incisor-A Case Report with 24-Month Follow-Up. *Children-Basel.* 2021;8(9):10.
 32. Pavone AF, Ghassemian M, Mancini M, Condo R, Cerroni L, Arcuri C, et al. Autogenous Tooth Fragment Adhesive Reattachment for a Complicated Crown Root Fracture: Two Interdisciplinary Case Reports. *Case Rep Dent.* 2016;2016:7.
 33. Radwanski M, Caporossi C, Lukomska-Szymanska M, Luzi A, Sauro S. Complicated Crown Fracture of Permanent Incisors: A Conservative Treatment Case Report and a Narrative Review. *Bioengineering (Basel).* 2022;18,9(9):481. doi: 10.3390/bioengineering9090481. PMID: 36135027; PMCID: PMC9495796.
 34. Silva JS, Cohen-Carneiro F, Medina PO, Queiroz AC, Herkrath A, Pontes DG. Clinical and subjective success of tooth fragment reattachment: a case series. *Gen Dent.* 2021;69(6):18-23.



The Journal of Turkish Dental Research
Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi

e-ISSN: 2822-4310, Cilt 2, Sayı 3, Eylül - Aralık 2023
Volume , Number 3, September - December 2023

**Üç Boyutlu Baskı Yöntemi ile Üretilen Protez Kaide Materyallerinin
Üretim Yöntemleri, Mekanik ve Fiziksel Özellikleri**

Manufacturing Methods, Mechanical and Physical Properties of
Three-Dimensional Printed Denture Base Materials

Üç Boyutlu Üretilen Kaide Materyalleri

Azzahraa AL-OMIRI¹, Duygu SARAÇ²

¹ Dt., Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Samsun, Türkiye
Alzahra_ahmed@hotmail.com
ORCID: 0009-0008-9742-9677

² Prof. Dr., Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Samsun, Türkiye
dsarac@omu.edu.tr
ORCID: 0000-0003-1076-9334

Makale Bilgisi / Article Information
Makale Türü / Article Types: Derleme / Review
Geliş Tarihi / Received: 11-08-2023
Kabul Tarihi / Accepted: 27-11-2023

Yıl / Year: 2023 | Cilt – Volume: 2 | Sayı – Issue: 3 | Sayfa / Pages: 266-277

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Azzahraa AL-OMIRI

<https://doi.org/10.58711/turkishjdentres.vi.1341374>

Üç Boyutlu Baskı Yöntemi ile Üretilen Protez Kaide Materyallerinin Üretim Yöntemleri, Mekanik ve Fiziksel Özellikleri

Manufacturing Methods, Mechanical and Physical Properties of Three-Dimensional Printed Denture Base Materials

ÖZET

Teknolojinin ilerlemesi ile dijitalizasyon hayatımızın her alanında etkili olmaktadır. Diş hekimliğinde de diş ve çevre dokulara en yakın materyal ve yöntem arayışı devam etmekte ve buna bağlı olarak yeni materyallerin geliştirmesi ve kullanıma sunulması son yıllarda hızla artmaktadır. Üç boyutlu (3B) baskı yöntemi de zaman ve maliyet kazandırma potansiyeli açısından son yıllarda diş hekimliğinin birçok branşında kullanımı yaygınlaşan bir yöntemdir. Bu üretim prosedüründe bazı aşamaların kalkması daha yüksek hassasiyet ile karmaşık protez modellerinin elde edilmesini sağlamaktadır. Özellikle Protetik Diş Tedavisi alanında cazip hale gelen bu yöntem ve kullanılan materyallerle ilgili yeterli bilgi bulunmamaktadır ve yaygın bir şekilde bilimsel çalışmalar yapılmaya devam etmektedir. Bu derlemede üç boyutlu baskı yöntemleri ve özellikle bu yöntemler ile hazırlanan hareketli protez kaide materyallerinin fiziksel ve mekanik özellikleri anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üç boyutlu üretim, CAD-CAM, Hareketli protezler, Protez kaide materyali

ABSTRACT

With the advancement of technology, digitalization has affected every aspect of our lives. In dentistry, the search for materials and methods compatible with the teeth and the surrounding tissues is continuing. Accordingly, the development and the usage of the new materials has been increasing rapidly in the recent years. Recently, Three-dimensional (3D) printing manufacturing method has become widespread in many branches of dentistry due its time reduction and low cost potential. This method eliminates some steps in the production procedure while manufacturing complex prosthesis models with higher precision. As a result, there is not enough information about this method and the materials used, which has become especially attractive in the field of Prosthetic Dentistry, and scientific studies continue to be carried out widely. In this review, three-dimensional printing (3D) methods and especially the physical and mechanical properties of removable denture base materials prepared with these methods are explained.

Keywords: 3D printing, CAD-CAM, Removable dentures, denture base materials

Giriş

Son yıllarda tüm sektörlerde olduğu gibi diş hekimliğinde de materyal ve yöntemle ilgili çok hızlı gelişen bir teknolojik ilerleme olmaktadır. Özellikle dijital teknolojide görülen hızlı değişim, üretim yöntemlerinde birçok yeniliği klinik kullanıma sunmaktadır ve klinik uygulamada tercih edilmektedir.^{1,2} Yirminci yüzyılın başlarında William H. Taggart mücevher üretiminde kullanılan kayıp-mum boşluğuna döküm tekniğini kron-köprü üretimi için diş hekimliğine tanıtmıştır.¹ Bu teknik uzun yıllar diş hekimliğinde kullanılmış ve hala kullanılmaktadır.¹ Bilgisayar destekli tasarım / bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) teknolojisi 1960'lı yıllarda uçak ve otomotiv endüstride kullanılmaya başlamıştır.² Bu sanayi devrim ile birlikte 1970'lerde Dr. François Duret tarafından dental CAD/CAM cihazı geliştirilmiştir. Dr. Duret CAD/CAM kullanarak 1983'te ilk dental restorasyon üretimini yapmış ve aynı zamanda Sopha sistemini geliştirmiştir. Bu çalışmaların ışığında 1985'te Mormann ve Brandestini CEREC® sistemini geliştirmişlerdir.^{1,2}

Geleneksel üretim yöntemi restorasyonun laboratuvar yapım aşamasında uzun süren çok aşamalı ve zahmetli bir prosedüre sahiptir. Laboratuvar aşamalarının fazla ve zor olması, teknisyene bağlı hataların fazla olması, üretim süresinin artması ve aynı zamanda maliyet artışına neden olmaktadır.² CAD/CAM yöntemlerinin kullanımı ile bu gibi problemlerin azaltılması, üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve üretim süresinin azaltılmasını mümkün kılmaktadır. Günümüzde CAD/CAM teknolojisi modern diş laboratuvarı ve girişimci diş hekimleri tarafından kabul gören bir teknoloji haline gelmiştir.^{2,4}

CAD/CAM sistemleri üç başlık altında üretim yapmaktadır. Birincisi, verilerin intraoral veya ekstraoral olarak dijitalize edilmesi; İkinci aşama (CAD) dijitalize edilen verilerin bilgisayarda üç boyutlu olarak dizayn edilmesi ve üçüncü aşama (CAM) ise, hazırlanmış restorasyonun üretiminin gerçekleştirilmesidir.^{3,4}

Diş hekimliğinde CAM teknolojisi iki ana başlıkta, "eksiltme" veya "ekleme" üretim teknikleri olarak sınıflandırılmaktadır. Oysa kısa bir süre önceye kadar, diş hekimliğinde CAM teknikleri eksiltme üretim tekniği ile eş anlamlı olarak kullanılmaktaydı.⁵ Eksiltme teknolojisinde bir malzeme bloğunu istenen şekle ve geometriye ulaştırmak amacı ile kesici ve yontucu testereler, torna ve

freze cihazları içeren makineler kullanılmaktadır. Bu teknoloji, üretim süresinin kısılmasını ve karmaşık modellerin üretilmesini kolaylaştırmıştır. Bununla birlikte bu yöntemle seri üretimin yapılamaması, fazla malzemenin uzaklaştırılması ve israf edilen materyallerin artması gibi dezavantajlar ortaya çıkmıştır.^{4,5}

Eklemeli üretim, Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (American Society for Testing and Materials; ASTM) tarafından eksiltmeli üretim yönteminin aksine, üç boyutlu model verilerinden nesnelere yapmak için katman katman materyalin birleştirme işlemi olarak tanımlanmaktadır.¹ Eklemeli üretimin ticari kullanımı ilk olarak 1987'de lazer kullanarak ince ultraviyole ışığa duyarlı sıvı polimer katmanlarını katılaştıran stereolitografi (SLA) cihazı ile yapılmıştır.⁶ 1991'de birçok eklemeli üretim cihazları ve farklı üretim metotları kullanıma sunulmuştur.⁶ Eklemeli üretim, 1992 yılında sadece sıvı rezinlerle kısıtlı kalmamış, metal tozlarını yüksek ısılı lazer ile bir araya getirerek Selektif lazer sinterleme (SLS) olarak isimlendirilen yöntemle metal obje üretiminde de kullanılmıştır.⁶

Üç boyutlu baskı ile üretim sağlık alanında da çok yaygın kullanılmakta ve otomobil ve tüketici elektronik sektörlerinin hemen arkasında yer almaktadır,^{7,8} özellikle tıp ve diş hekimliği alanlarında üretim tekniklerine yenilikler getirmiştir. Bu yöntemin kullanılmasıyla toplam üretim süresinin önemli ölçüde azaldığı, geleneksel işlemlerin yapılması zor ve/veya imkânsız olan karmaşık modellerin kolaylıkla yapılabileceği görülmüştür.⁷

Bu derleme Diş Hekimliğinde yaygın olarak kullanılan üç boyutlu baskı yönteminin özellikle hareketli protez kaide materyali üretiminde görülen son gelişmeleri, farklı materyallerin ve üretim sistemlerinin karşılaştırıldığı çalışmaları ve elde edilen sonuçları içermektedir.

Diş Hekimliğinde Kullanılan Üç Boyutlu Baskı Sistemleri

Üç boyutlu baskı (3B) terimi genellikle bir nesne oluşturmak için bir katmana birden çok katman ekleyen bir üretim yaklaşımını tanımlamak için kullanılır. Bu işlem daha doğru bir şekilde eklemeli üretim olarak tanımlanır ve aynı zamanda hızlı prototipleme olarak da adlandırılır.^{3,7,9} Charles Hull 1986'da eklemeli üretim ilkesini tanıtmıştır. Hasta tedavilerinde üç boyutlu üretimi kullanarak ilk defa 1990'larda yapıldığını bildirilmiştir. Ancak dental uygulamalar için üç boyutlu baskı kulla-

nımı yeni sayılmaktadır.^{10,11,13} 2000’li yılların başında üç boyutlu baskı ile üretim teknolojisi implantları ve kişiye özel protezleri yapmak için ilk kez diş hekimliğinde kullanılmıştır.¹²

Üç boyutlu baskının güncel diş hekimliğinde kullanıldığı alanlar içinde tanı modelleri, cerrahi apareyler, hareketli protezler, hareketli protezlerin metal kaideleri, geçici restorasyonlar, sabit protezler, restoratif diş hekimliği, ortodonti, implantoloji, eğitim amaçlı modeller ve el aletleri üretimi bulunmaktadır.^{11,13,17} Bu üretim yöntemi daha hızlı, daha ucuz ve kişiye özel ürün üretiminin gereksinimini karşılayabilmesi ile diş hekimliğinde önem kazanmıştır.

Diş hekimliğinde eklemli üretimin oluşturduğu avantajlar şu şekilde sıralanabilir:^{12,13,14}

- Yüksek hız ve doğruluk.
- Kişiye özel implant ve implant dayanağı üretimi.
- Dijital hafızaya depolaması sayesinde, fiziksel modellerin elde edilme gereksiniminin önemli ölçüde azalması.
- Uygun maliyet.
- Pasif üretim şekli, özellikle aşınması zor materyallerin üretimi ve freze işleminde, metallerin yüzeyinde ve freze başlıklarında oluşan zararın daha az olması.
- Düşük hammadde atığı.¹⁵
- Eklemli üretim yapan bazı cihazlarda, birden fazla materyalin aynı anda üretilebilmesi.¹⁵

Hala gelişmekte olan bir yöntem olması açısından, eklemli üretimin dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:^{13,16,17}

- Merdiven etkisi: Eklemli üretiminde katmanların üst üste üretilmesi ile birlikte üründe oluşan merdiven görüntüsüdür. Bunun çözümü ise katmanların en düşük tabaka kalınlığı ile yüksek çözünürlükte üretilmesidir. Fakat bu çözüm üretimin hızını doğrudan etkilememektedir.¹³
- Kolay erişim sonucunda hastaların ortodontik apareylerini kendilerinin ürettiklerini bildiren bazı vakalar olmuştur.¹⁷
- Büzülme etkisi: Özellikle zirkonya ve alümina üretiminde son üründe porözite oluşması ve ek işlem gerektirmesinden dolayı hacim büzülme oluşmasıdır.¹³
- Dijital ışık işleme (DLP) tekniklerinde yalnızca ışıkla sertleşen sıvı polimerler kullanılmaktadır. Üretimden

sonra destek malzemelerin manuel olarak çıkarılması ve düzeltilmesi gerekmektedir.¹⁷

•Rezin sıvılarının ciltte tahrişe ve temas veya soluma yoluyla sağlık problemlerine açabileceği bildirilmiştir.¹⁷

•Seçici lazer eritme (SLM) teknolojinin ekipmanları maliyetli ve yavaştır.¹⁶

Bu dezavantajlara rağmen eklemli üretim teknolojisi araştırılmakta ve mevcut teknolojinin ilerlemesi ile bu dezavantajlar ve limitasyonlar hızlı bir şekilde azalacaktır.¹³ Eklemli üretimin yakın gelecekte sağlık hizmetlerinde ve özellikle diş hekimliğinde daha büyük yer tutacağı düşünülmektedir.¹⁷

Farklı çalışma prensiplerine göre üç boyutlu baskı teknolojileri üç kategoriye ayrılabilir: ışıkla kürleme (Light curing; LC), toz yataklı füzyon (Powder bed fusion; PBF), ve eriyik biriktirme ile modelleme (Fused deposition modeling; FDM).¹⁸

Işıkla kürleme teknikleri (LC)

•Stereolitografi (SLA): Diş hekimliğinde en eski ve en yaygın kullanılan üç boyutlu baskı yöntemidir. Tekniğin ilkesi ışığa duyarlı ultraviyole ışığa maruz kalan monomerin açığa çıkması, serbest monomerlerin katılması ve sınırlı hareketi nedeniyle lokal olarak polimerizasyon reaksiyonunu aktive etmesidir.^{5,14,16}

•Dijital ışık işleme (Digital light processing; DLP): Sıvı rezin, bir projektör ışık kaynağı tarafından katman katman sertleştirilir. Nesne, kademeli olarak yükselen bir platform üzerinde baş aşağı inşa edilir.^{17,18,41}

•Polijet 3B baskı (Poly-jet printing; PJP): Fotopolimer jet olarak ta bilinen bu yöntem kullanılacak materyali püskürtücü ile yüzey üzerinde damlatarak daha sonra nesneyi ultraviyole ışığı ile sertleştirme işlemidir. Bu yöntemin en büyük avantajı iki farklı malzeme birleştirerek üretim yapılabilir. Fakat yüksek maliyetinden dolayı diş hekimliği alanında kullanımı sınırlıdır.^{5,13}

Toz yataklı füzyon teknikleri (PBF)

Bu teknolojinin altında bulunan tekniklerin temeli lazer ışığı kullanarak toz halindeki materyalleri yüksek ısı ile katman katman toz ekleyerek kaynaştırmasıdır.^{9,18}

•Seçici lazer eritme (SLM): Bu teknikte metal tozları doğrudan erime noktasına ulaşır ve tozlar katmanlar şeklinde kaynaşarak nesneyi ortaya çıkarmaktadır.¹⁸

•Seçici lazer sinterleme (SLS) ve Doğrudan metal lazer sinterleme (DMLS): Bu iki tekniğin SLM’den farkı,

materyalin erime noktasına ulaşmaması ve metal tozun kısmen erimesidir. Bu tekniğin yüksek maliyeti yanında gözenekli ve pürüzlü bir yüzey oluşturması dezavantajlarındandır. Bununla birlikte bu teknikle birçok alaşım (titanyum, titanyum alaşımları, kobalt krom, paslanmaz çelik) kullanılarak üretim yapılabilir. Ayrıca metal alaşım geri dönüştürülebilir ve ince detaylı nesnelere oluşturulabilir.^{19,18}

•*Elektron Işını Erime (EBM)*: 2000 yıllarında Arcam tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir. Güçlü elektron ışını kullanarak metal tozu tamamen eritilir. SLM ve EBM teknolojilerinde metal tozu saflaştırılmış argon gazı içeren inert bir yapı içinde tamamen eritilir. Yüksek maliyetine rağmen bu teknoloji yüksek hız, ek ısı işlemi gerektirmemesi ve az gözenekli yapı oluşturması gibi önemli avantajlara sahiptir.^{9,14,19}

Birleşik depozisyon modelleme (FDM)

Diş hekimliğinde en popüler ve ucuz 3B baskı teknolojilerinden biridir. Birleşik filament modellemesi olarak da adlandırılır. Termoplastik malzeme püskürtücü uç tarafından ısıtılır ve eritilir. Ürün materyalin katman katman birikmesiyle katılarak son haline gelir. Baskı kafası çoklu püskürtücü uçtan oluşur ve aynı anda farklı malzeme türlerinin üretimini sağlayabilir.^{17,18}

Tarama Cihazları

Dijital ölçü, CAD/CAM teknolojisi ile restorasyonların üretiminde ilk prosedürdür. Dijital üretim akışında optik kameradan gelen bir lazer ışını ile anatomik yer işaretlerini kaydederek 3 boyutlu dijital model elde ettikten sonra üretim başlatılmaktadır.²⁰ Dijital ölçülerin doğruluk, tekrarlanabilirlik, daha kısa sürede uygun tedavi planları oluşturma yeteneği, veri ve dokümantasyonda kaydetme kolaylığı, malzeme israfını azaltması, zaman ve giderlerin azaltılması, hekim ve tekniker arasındaki iletişim kolaylığı gibi avantajları bulunmaktadır.^{21,22}

Dijital ölçüler, direkt ağız içi tarayıcılar (Intra-oral scanners; IOSs) veya indirekt ağız dışı tarayıcılar (Extra-oral scanners; EOSs) olmak üzere iki farklı sistem ile elde edilebilir.²¹

Direkt ağız içi tarayıcılar ağız dokularını doğrudan tarayarak geleneksel ölçü alma ihtiyacını ortadan kaldırırken, hasta öğürme refleksi ve hoş olmayan tat rahatsızlığını azaltmaktadır. Ancak tükürük, kan ve nem kontaminasyonu ağız içi tarayıcı ölçülerin doğruluğunu

olumsuz yönde etkileyebilmektedir.²¹

Ağız dışı tarayıcıların kullanımında, konvansiyonel yöntem ile alınan ölçü veya döküm ile elde edilmiş ark modeli üzerinden tarama işlemi yapılmaktadır. Fakat bu yöntemin en önemli dezavantajı ise ölçünün boyutsal değişime uğraması halinde ölçü alma işleminin tekrarlanmasıdır.²²

Son yıllarda ağız içi tarayıcıları kullanımı artmıştır.^{23,24} Ağız içi tarayıcılar, özellikle tam dişsiz hastalarda kullanılabilir olması hareketli protez kullanan hastalar için büyük bir konfor sağlamaktadır.²³ Bu yöntem sayesinde hastalar, ölçü aşamasını kolaylıkla tamamlamaları, ek uyumlama gereksiniminin ve protez yapım aşamaların azalması ile birlikte hasta memnuniyeti artmaktadır.^{23,25} Bu iki yöntemin doğruluk açısından karşılaştırıldığı çalışmaların bir bölümü ağız içi taramanın daha doğru sanal model üretebileceğini bildirirken, diğerleri laboratuvar model taramasının daha doğru olduğunu bildirmişlerdir.²⁴⁻²⁷

Ağız dışı tarama protokolü (laboratuvar optik tarayıcıları veya Cone Beam Computerized Tomography; CBCT görüntüleme) ile üretilen sanal modellerin kullanımında CBCT görüntülemeleri ile daha doğru ve tekrarlanabilir sanal dişsiz ark modelleri oluşturulduğu görülmüştür.²⁸ Braian ve Wennerberg, yaptıkları in vivo çalışmada dişsiz bir mandibula arkının 5 farklı ağız içi tarayıcı ile tarama sonucunda ağız içi tarayıcıların tam ark taramasında hassasiyetlerinin düşük olduğunu bildirmişlerdir.²⁹ Lee ve ark., ağız içi tarama sonuçlarının kesinliği, kullanılan ağız içi tarayıcı tipinden bağımsız olarak, kısmi dişsiz dişlerin tipine göre değiştiğini bildirmiştir. Ayrıca, ağız içi tarayıcılar tarafından elde edilen tam ark taraması verilerinin tekrarlanabilirliği, nispeten büyük dişsiz bölgelere sahip vakalarda azalmış olup yüzey sapmaları esas olarak taranan arkta kısmen dişsiz alanı içeren tarafta gözlemlenmiştir.³⁰ Schimmel ve ark. ise, yaptıkları in vitro çalışmada yeni nesil ağız içi tarayıcı kullanarak tam dişsiz ve kısmen dişsiz modellerde ağız içi taramanın doğruluğunun yüksek olduğunu ve hareketli protezlerin üretimi için uygun olduğunu bildirmişlerdir.³¹ Zarone ve ark., tam dişsiz bir maksillanın intraoral tarayıcı kullanarak polisülfid ölçülerinin veya alçı modellerin bir laboratuvar tarayıcısı ile taramasından daha iyi doğruluk ve kesinlik sağladığını bildirmiştir.

Aynı zamanda referans modellere göre ağız dışı laboratuvar tarayıcıları ile ağız içi tarayıcılar arasında doğruluk ve kesinlik açısından önemli bir fark tespit edilmemiştir.³² Ağız içi ve ağız dışı tarayıcıların performansı birbirine yakın olsa da, tarama aşamasında bulunan ve bazen kontrol edilemeyen koşullar (sıcaklık, ışık ve nem) nedeniyle ağız dışı tarayıcıların daha doğru olduğu kabul edilmektedir ancak bunun doğruluğunun kabul edilmesi için daha fazla in vivo çalışmaların yapılması gerekliliği vurgulanmaktadır.^{21,29}

Protetik Diş Tedavisinde Üç Boyutlu Baskı ile Üretilen Kaide Materyalleri ve Kimyasal Yapıları

Günümüzde üç boyutlu üretim materyalleri yapılarında rezinler, kompozitler, metaller, seramikler ve biomateryalleri içermektedir. Üç boyutlu üretimde en sık kullanılan rezinler ise polimetilmetakrilat (PMMA), akrilonitril butadin stiren (ABS), polikarbonat (PC), polilaktik asit (PLA) ve polietermittir. (PEI).²³ Akrilik polimerleri içeren rezinler polimerizasyon yöntemlerine göre ısı ile polimerize, otopolimerize ve ışıkla polimerize (fotopolimerize) akrilik rezinler olarak üç kategori altında sınıflanmaktadır.^{33,34}

PMMA esaslı rezinler özellikle ısı ile polimerize olan akrilik hareketli protezlerin kaide materyali olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.^{23,34} Bu materyal üretim kolaylığı, düşük maliyet, hafiflik, biyouyumluluk, ağız ortamında stabilite ve kabul edilebilir estetik gibi kaide üretimi için gerekli birçok avantaja sahiptir.³³ Bununla birlikte, boyutsal değişiklik, eğilme ve kırılma mukavemeti dâhil olmak üzere yetersiz mekanik özellikler ve polimerizasyon sonrası büzülme gibi dezavantajları bulunmaktadır.^{33,35}

Hareketli protez kaidelerinin üç boyutlu baskı yöntemi olarak DLP yöntemi tercih edilmektedir. Ayrıca akrilik oligomerler, akrilik monomerler, reaktif seyrelticiler ve foto başlatıcılar içerebilen, ışığa duyarlı mürekkeplerin formülasyonunun belirlenmesi çok önemli olduğunda ışıkla polimerize PMMA rezinlerin üç boyutlu üretiminde özellikle DLP tekniği kullanılmaktadır. Fakat ışıkla polimerize PMMA rezinlerin yüksek büzülme oranı ve ısı ile sertleşen PMMA göre zayıf mekanik özellikleri dezavantajlarıdır.³⁶

Bisfenol A-glisidil metakrilat (Bis-GMA) ve uretan dimetakrilat (UDMA) ışıkla polimerize kompozit rezin-

lerin doğal biyouyumluluğu ve yüksek kullanılabilirliğe sahiptir. Poliüretanların diş hekimliğinde ve biyomedikal cihazlarda kullanımı yaygındır.^{36,38} Fakat üç boyutlu baskı ile üretilen uretan akrilat (UA) esaslı fotopolimer rezinler ve polimer kompozitler hala araştırma aşamasındadır.^{36,37} Tzeng ve ark., %40 alifatik uretan akrilatın DLP tekniği ile basılabilir protez kaide rezin materyali olarak kullanılabilirliği ve yüksek ticari potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir.³⁶ Ali ve ark., ısı ve ışıkla polimerize UDMA protez kaide materyali, ısıyla polimerize ve otopolimerize protez kaide polimerlerinden istatistiksel olarak daha yüksek yüzey sertliği ve bükülme dayanımına sahip olduklarını bildirmişlerdir.³⁸

Hipoalerjenik protez kaide materyalleri, metil metakrilat monomer (MMA) kalıntıları tarafından indüklenen olumsuz reaksiyon riskini en aza indirmek için geleneksel PMMA'ya bir alternatif olmuştur. MMA yerine diüretan dimetakrilat, poliüretan, polietilentereftalat ve polibutilentereftalat gibi hipoaerjenik rezinler kullanılmıştır.³⁹ Böylece MMA içermeyen birçok ışıkla polimerize olan üç boyutlu baskı üretimine uygun rezinler piyasaya sürülmüştür.^{36,39}

Üç Boyutlu Baskı ile Üretilen Hareketli Protez Kaide Materyallerinin Üretim Teknikleri

Dijital ölçü ile üretilen kaide materyallerinin kullanıldığı farklı vaka raporlarında bu üretim yöntemi ile ilgili çeşitli avantajlar gösterilmiştir.^{31,40} Bu avantajlardan hareketli protezlerin kaybı veya kırılması durumunda, tasarımın elektronik ortamda kayıt edilebilirliği sayesinde tekrar ölçü aşamalarına gerek kalmadan yeni protez üretimine kolaylık sağlamasıdır.³² Bilgisayarla tasarlanmış hareketli protezler, geleneksel yaklaşımlarla karşılaştırıldığında daha hızlı ve ekonomiktir.⁴⁰ Takadan ve ark., protezlerin dijital verilerinin, mevcut protezlerin istenen özelliklerini korurken gerekli onarım ve değişikliklerin yapılmasına olanak tanıdığını belirtmişlerdir.⁴⁰

Hareketli protezlerin dijitalizasyon aşamaları, laboratuvar tarayıcı ile geleneksel olarak alınan fonksiyonel ölçülerin veya alçı modellerin taranmasıyla başlamaktadır. Tarama işleminden sonra bilgisayarda kaidelerin ve dişlerin pozisyonlarının, hatta final ürünün tasarımı yapılır. Bilgisayarda tasarlanmış hareketli protez STL formuna getirilip üç boyutlu baskı cihazının yazılım programına gönderilir ve ardından üretim süreci başlar.⁴¹

Kamal Emera ve ark., dimetakrilat esaslı reçineler kullanılarak Masked stereolithography apparatus (MSLA) tekniği ile üretilen tam protezler, tatmin edici protez kaidesi adaptasyonu ve tutuculuğu ile geleneksel olarak üretilmiş tam protezlere bir alternatif olabileceğini açıklamıştır.⁴² MSLA üretim tekniğinin SLA üç boyutlu baskının modifiye edilmiş halidir. MSLA yazıcıları tasarımı oluşturmak için bir LCD ekranla seçici olarak maskelenen daha büyük bir ultraviyole ışık kaynağı kullanılmaktadır. Stereolitografi yazıcılarında çözünürlük lazer ışınının çapına bağlıyken MSLA'da LCD ekranın çözünürlüğüne bağlıdır. Bu yeni teknoloji daha hızlı bir üretim sunmaktadır.^{42,43}

Stereolitografi üç boyutlu yazıcı, ışığa duyarlı rezini polimerize etmek için ultraviyole lazer kullanarak katman katman polimerizasyon gerçekleştiren bir teknolojidir.¹⁶ Lazer ışınının hareketinden kaynaklanan sertleşme oranı nedeniyle düşük bir üretim hızına sahiptir ve böylece üretim maliyeti artmaktadır.⁴⁴ Bu teknik metal kaidelerin üretiminde sıklıkla görülmektedir. You ve ark., yaptıkları bir çalışmada eksiltme, DLP ve SLA teknolojilerini kullanarak tam protezler için metal kaide üretmişler ve kaidelerin adaptasyonunun kullanılan teknikler arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiğini ancak klinik olarak kabul edilebilir sınırlarda kaldığını ve tam protez metal kaide üretiminde SLA grubunun en yüksek hassasiyeti gösterdiğini bildirmişlerdir.⁴⁵

Üç boyutlu DLP yazıcı, ışığa duyarlı rezini polimerize etmek için yüksek güçlü LED ışığı ve görüntüyü yansıtan aynaları kullanan bir teknolojidir. Mikro aynalar, görüntünün her bir pikselini yansıtır ve böylece üretim süresi en aza indirilir.^{44,45,46} Hwang ve ark., DLP tekniği kullanarak üst çene tam protez kaideleri ile eksiltme ve presleme tekniği ile üretilen kaidelerle karşılaştırmışlar, doğruluk ve doku yüzeyi adaptasyonu açısından daha iyi performans gösterdiklerini bildirmişlerdir.⁴⁷ Yoon ve ark., DLP ve eksiltme yöntem ile yapılan tam protez kaidelerini incelemişler, üst ve alt çene için klinik olarak kabul edilebilir bir doku yüzeyi adaptasyonu gösterdiklerini bildirmişlerdir.⁴⁸ Tosun ve ark., DLP ve enjeksiyon metodu teknikleri kullanılarak üretilen maksiller protez kaidelerini karşılaştırmışlar, LCD ve kompresyon metodu tekniklerine göre DLP ile üretilen kaidelerin daha yüksek yüzey adaptasyonu gösterdiğini belirtmişlerdir.⁴⁹

Stereolitografi ve DLP üretim tekniklerini karşılaştıran çalışmalar çoğunlukla çene-yüz protezleri alanında ya da dental modellerin üretimi ile ilgili çalışmalardır. You ve ark., yaptıkları çalışmada DLP, SLA ve eksiltme yöntemleri ile üretilen tam protezlerin metal kaidelerinin adaptasyonu araştırmışlar ve kullanılan teknikler arasında önemli ölçüde farklılık gösterse de klinik olarak izin verilen bir aralık içinde kalmıştır. Ayrıca, protez metal kaidelerinin üretiminde SLA grubu en yüksek hassasiyete sahip olduğunu bildirmiştir.⁴⁵ Unkovsky ve ark., fotopolimerize rezinleri kullanarak SLA ve DLP kullanılarak üretilen protez kaidelerinde yüzey doğruluğunu ve üretim açısının etkisini araştırmışlar ve SLA yöntemi ile DLP'den daha iyi doğrulukta bir protez iç yüzeyi üretilmediği, protez kaidelerinin üç boyutlu baskısı için benzer hassasiyet gösterdiği ve 90°'lik yapı yönünün SLA ve DLP için en iyi doğruluğu sağlayabildiğini belirtmişlerdir.⁵⁰

Üç Boyutlu Eklemeli Yöntem ve Geleneksel Yöntem ile Üretilen Hareketli Protez Kaidelerinin Farklı Özellikleri Açısından Karşılaştırılması

1. Fiziksel ve Mekaniksel Özellikler

Gad ve ark., üç boyutlu baskı yöntemi ile üretilen rezinin, ısıyla polimerize olan rezinden daha düşük bükülme dayanımına, darbe dayanımına ve sertlik değerlerine sahip olduğunu ancak üstün yüzey pürüzsüzlüğüne sahip olduğunu göstermiştir.⁵¹ Prpic ve ark., eksiltme yöntemi ile üretilen kaidelerin, ısıyla polimerize olan ve üç boyutlu baskı yöntemi ile üretilen kaidelere göre daha yüksek bükülme dayanımı gösterdiğini, üç boyutlu baskı yöntemi ile üretilen kaidelerin en düşük bükülme dayanımına sahip olduğunu bildirmişlerdir.⁵²

Isıyla polimerize edilmiş PMMA kaideleri ile eksiltme yöntemi ile üretilmiş protez kaidelerinin bükülme dayanımı açısından karşılaştırıldıkları çalışmalarda ısı ile polimerize olan kaidelerde daha düşük bükülme dayanımı değerleri elde edilmiştir.^{53,54} Al-dwairi ve ark., üç boyutlu baskı yönteminde kullanılan protez kaide rezinlerinin mekanik özelliklerini ve ısıyla polimerize olan PMMA içerikli kaide materyali ile karşılaştırmışlar ve ısıyla polimerize olan akrilik rezinin daha yüksek bükülme dayanımı gösterdiğini bulmuştur.⁵⁵

Fiore ve ark., eksiltme yöntemi, 3 boyutlu baskı ve ısı ile polimerize olan PMMA protez kaide rezinlerinin bü-

külme dayanımını ve yüzey özelliklerini karşılaştırmışlar, CAD grubunun diğer gruplardan anlamlı bir şekilde daha yüksek bükülme dayanımını gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca ısı ile polimerize olan ve 3 boyutlu baskı yöntemi ile üretilen PMMA kaide materyalleri benzer mekanik özellikler gösterirken, test edilen tüm PMMA içerikli kaide materyallerinin polisaj işleminden sonra benzer yüzey pürüzlülüğüne sahip olduğu belirtilmiştir.⁵⁶

Gad ve ark., silikon dioksit nano parçacıkları ilave edilen üç boyutlu baskı yöntemi ile üretilen rezinin, nano parçacıkları ilave edilmeyen rezine göre bükülme dayanımının ve yüzey sertliğinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, yüzey pürüzlülüğünde önemli bir değişiklik göstermediği ve sonuç olarak nano parçacık ilavesinin mekanik özellikleri artırması açısından bir alternatif olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir.⁵⁷ Diğer bir çalışmada, ZrO₂ nano parçacıkları iki farklı 3 boyutlu baskı yöntemi ile üretilen rezinlere dahil edilmiş ve ısı ile polimerize olan rezinlere göre bükülme dayanımı, elastik modülü, yüzey sertliği ve yüzey pürüzlülüğü değerlendirilmiştir. ZrO₂ parçacıklarının eklenmesi ile elastik modülü ve yüzey sertliği artarken, yüzey pürüzlülüğünde de artış olduğu bildirilmiştir.⁵⁸

2. Biyouyumluluk ve Toksikite

De Freitas ve ark., eksiltme yöntemi ve 3 boyutlu baskı yöntemi ile üretilen kaide materyallerini karşılaştırmışlar ve eksiltme yöntemi ile üretilen kaidelerin daha düşük *Candida albicans* biyofilm oluşumu ve daha yüksek bükülme dayanımı gösterdiği bulunmuştur.⁵⁹ Yapılan bir başka çalışmada ise, eksiltme ve 3 boyutlu baskı yöntemi ile üretilen rezinlerin biyouyumluluk ve yüzey pürüzlülüğü açısından benzer sonuçlar verdiği bildirilmiştir.⁶⁰ Shim ve ark, farklı baskı yöntemleri kullanarak üretilen rezinleri baskı doğruluğu, mekanik özellikleri, yüzey özellikleri ve mikrobiyal tutulumu açısından değerlendirmişler ve 0° yönü ile üretilen numunelerin en yüksek bükülme dayanımı ve daha düşük yüzey pürüzlülüğü sonuçları verdiği ve 90° yönü ile üretilen örneklerin ise en düşük *Candida albicans* kolonizasyonuna izin verdiği belirtilmiştir.⁶¹ Diğer bir çalışmada gümüş yükleme mezogözenekli silika nanopartiküllerinin üç boyutlu baskı rezinlerine ilave edilmesi, protez kaidelerinin uyumunu olumsuz yönde etkilemeden mekanik ve antimikrobiyal özelliklerini önemli ölçüde geliştirdiği ve bu 3 boyutlu

baskılı nanokompozit rezinlerin stomatiti sorunuyla ilişkili olan *Candida albicans*'a karşı önemli bir antimikrobiyal aktivite geliştirme potansiyeli göstermiştir.⁶² Ayrıca, üç boyutlu baskı rezinleri ve geleneksel akrilik rezinlerin uzun süreli kullanımda benzer ve karşılaştırılabilir sitotoksik etkiye sahip olduğu bildirilmiş ve üç boyutlu baskı rezinlerin biyolojik olarak uyumlu ve uzun süreli ağız içi kullanım uygun olduğu bildirilmiştir.⁶³ Müller ve ark., biyouyumluluk açısından, insan epitel hücre ve gingival hücre büyümesi açısından eksiltme ve üç boyutlu baskı yöntemlerinde kullanılan rezinleri karşılaştırmışlar ve gruplar arasında fark bulmamışlardır.⁶⁴

3. Renk Stabilitesi

Dimitova ve ark., farklı renklendirici materyallerin 3 boyutlu baskı ve ısı ile polimerize olan rezinlerin renk değişimine etkisini araştırmışlar ve çalışmalarının sonucunda üç boyutlu baskı rezininin, ısı ile polimerize olan rezine göre daha iyi renk stabilitesi gösterdiğini bildirmişlerdir. Kırmızı şarap ve kolanın en fazla pigment etkisine sahip olduğu ve en yüksek renk değişiminin 21'inci günde gerçekleştiğini belirtmişlerdir.⁶⁵ Benzer bir çalışmada, üç boyutlu baskı yöntemi ile kullanılan rezinlerin renk farklılığına yaşlandırma, mekanik fırçalama ve renklendirmenin etkisi incelenmiş ve üç boyutlu baskı rezinin ısıyla polimerize olan PMMA rezine göre daha düşük renk farklılığı gösterdiği bulunmuştur. Ayrıca çalışmada renklendirici sıvılar arasında en yüksek renk farklılık değerleri sırası ile limon suyunda ($\Delta E = 1,93$)> kola ($\Delta E = 1,86$)> kahve ($\Delta E = 1,42$) şeklinde bulunmuştur. En az fark yapay tükürük ($\Delta E = 1,24$) ile elde edilmiştir.⁶⁶

Çakmak ve ark., mekanik fırçalama ve termal devirlendirme ile yaşlanmanın, üç boyutlu baskı rezinlerinin yüzey pürüzlülüğü ve renk stabilitesi üzerindeki etkisini araştırmışlar ve fırçalama ve termal devirlendirmenin renk stabilitesini etkilediği ve algılanabilir renk değişikliği olduğu ancak bu değişikliğin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu bildirilmiştir.⁶⁷

Protez temizleyicilerinin farklı teknikler kullanılarak üretilen dört protez kaide rezinin renk stabilitesi üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmada, protez temizleyici solüsyonlarda bekletildikten sonra tüm protez kaide rezinlerinde önemli bir renk değişikliği olduğu, ancak bütün grupların ΔE_{00} değerinin klinik olarak kabul edi-

lebilir aralığın altında kaldığı belirtilmiştir.⁶⁸ Benzer olarak, Alqanas ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada da test edilen tüm protez temizleyicilerinin, ısı ile polimerize olan ve 3 boyutlu baskı ile üretilen rezinlerin yüzey sertliğinde, yüzey pürüzlülüğünde ve renk stabilitesinde benzer sonuçlar elde edilmiştir.⁶⁹ Gurber ve arkadaşları ise eksiltmeli, üç boyutlu baskı ve geleneksel ısı ile polimerize olan rezinlerin renk stabiliteleri karşılaştırılmış ve üç boyutlu baskı ile üretilen rezinlerde daha düşük renk stabilitesi elde edilmiştir. Bu sonucun üç boyutlu baskı rezininde yüksek su emilimine bağlı olduğu ifade edilmiştir.⁷⁰ Benzer bir çalışmada da, üç boyutlu baskı rezini, konvansiyonel ve eksiltme yöntemi ile üretilen rezinlere oranla renk farklılığı ve yüzey pürüzlülüğündeki artışın daha yüksek olduğunu bildirilmiştir.⁷¹

Sonuç

Üç boyutlu baskı yöntemi ile üretilen kaide materyalleri, kaide materyalinin kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin artırılması, üretim tekniklerinin ve iş akışlarını modernize edilmesi gibi önemli bir potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte her geçen gün yeni bir materyal ve üretim yönteminin kullanıma sunulması hala bu materyallerle ilgili araştırılması gereken farklı hususları ortaya koymaktadır. Geleneksel yöntemlere göre daha kısa sürede üretim yapılabilen, daha iyi estetik ve mekanik özelliklere sahip olduğu yapılan çalışmalarla bildirilen bu materyallerin geliştirilebilmesi açısından farklı özelliklerinin incelendiği ve farklı tekniklerin karşılaştırıldığı in vivo ve in vitro çalışmaların yapılması önemlidir.

Kaynaklar

1. Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dental materials*. 2012 Jan 1;28(1):3-12.
2. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAD/CAM in dentistry. *Dental clinics of North America*. 2011;55(3):559-ix.
3. Çelik G, Sarı T, Üşümez A. Bilgisayar destekli diş hekimliği ve güncel CAD/CAM sistemleri. *Cumhuriyet Dental Journal* 2013;16(1).
4. Gali S, Sirsi S. 3D Printing: the future technology in prosthodontics. *Journal of Dental and Orofacial Research*. 2015;11(1):37-40.
5. Kessler A, Hickel R, Reymus M. 3D printing in dentistry-State of the art. *Operative dentistry*. 2020;1;45(1):30-40.
6. Wohlers T, Gornet T. History of additive manufacturing. *Wohlers report*. Belgium. Wohlers Associates, INC. 2016:(1-38).
7. Liu Q, Leu MC, Schmitt SM. Rapid prototyping in dentistry: technology and application. *The international journal of advanced manufacturing technology*. 2006;29:317-35.
8. Touri M, Kabirian F, Saadati M, Ramakrishna S, Mozafari M. Additive manufacturing of biomaterials– the evolution of rapid prototyping. *Advanced Engineering Materials*. 2019;21(2):1800511.
9. Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. *British Dental Journal* 2015;219(11):521–9.
10. Ramiro GP, Hassan B, Navarro AF, Coronel CA, Cortes ARG, Baptista OHP, et al. Digitalization in Restorative Dentistry. In: Tamimi F, Hirayama H, editors. *Digital Restorative Dentistry: A Guide to Materials, Equipment, and Clinical Procedures*. Switzerland: Springer International Publishing; 2019,7-39.
11. Dağ OD, Özdemir AK. *Protetik tedavide yeni nesil üretim teknikleri. Protetik Materyaller ve Güncel Uygulamaları*. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2020,1-9.
12. Lin L, Fang Y, Liao Y, Chen G, Gao C, Zhu P. 3D Printing and Digital Processing Techniques in Dentistry: A Review of Literature. *Advanced Engineering Materials*. 2019;21(6):1801013.
13. Barazanchi A, Li KC, Al-Amleh B, Lyons K, Waddell JN. Additive Technology: Update on Current Materials and Applications in Dentistry. *J Prosthodont*. 2017;26(2):156-163.
14. Javaid M, Haleem A. Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review. *J Oral Biol Craniofac Res*. 2019;9(3):179-185.
15. Vaezi M, Chianrabutra S, Mellor B, Yang S. Multiple material additive manufacturing–Part 1: a review, this review paper covers a decade of research on multiple material additive manufacturing technologies which can produce complex geometry parts with different materials. *Virtual and Physical Prototyping*. 2013;8(1):19-50.
16. Zaharia C, Gabor A-G, Gavrilovici A, Stan AT, Idorasi L, Sinescu C, et al. Digital dentistry-3D printing applications. *Journal of Interdisciplinary Medicine*. 2017;2(1):50-3.
17. Bhargav A, Sanjairaj V, Rosa V, Feng LW, Fuh YH J. Applications of additive manufacturing in dentistry: A review. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2018;106(5):2058-64.
18. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K, et al. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning*. 2021:9950131.
19. Sames WJ, List F, Pannala S, Dehoff RR, Babu SS. The metallurgy and processing science of metal additive manufacturing. *International materials reviews*. 2016;61(5):315-60.
20. Shimizu S, Shinya A, Kuroda S, Gomi H. The accuracy of the CAD system using intraoral and extraoral scanners for designing of fixed dental prostheses. *Dental materials journal*. 2017;36(4):402-7.
21. Ellakany P, Tantawi ME, Mahrous AA, Al-Harbi F. Evaluation of the accuracy of digital impressions obtained from intraoral and extraoral dental scanners with different CAD/CAM scanning technologies: an in vitro study. *Journal of Prosthodontics*. 2022;31(4):314-9.
22. Keul C, Güth J-F. Accuracy of full-arch digital impressions: an in vitro and in vivo comparison. *Clinical oral investigations*. 2020;24:735-45.
23. Dimitrova M, Corsalini M, Kazakova R, Vlahova A, Chuchulska B, Barile G, et al. Comparison between conventional PMMA and 3D printed resins for denture bases: A narrative review. *Journal of Composites Science*. 2022;6(3):87.
24. Lee JJ, Jeong ID, Park JY, Jeon JH, Kim JH, Kim WC. Accuracy of single abutment digital cast obtained using intraoral and cast scanners. *J Prosthet Dent*. 2017;117:253-9.
25. Güth JF, Keul C, Stimmelmayer M, Beuer F, Edelhoff D.

- Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clinical oral investigations*. 2013;17:1201-8.
26. Flügge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2013;144(3):471-8.
 27. Trifkovic B, Budak I, Todorovic A, Vukelic D, Lazic V, Puskar T. Comparative analysis on measuring performances of dental intraoral and extraoral optical 3D digitization systems. *Measurement*. 2014;47:45-53.
 28. Peng L, Chen L, Harris BT, Bhandari B, Morton D, Lin W-S. Accuracy and reproducibility of virtual edentulous casts created by laboratory impression scan protocols. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2018;120(3):389-95.
 29. Braian M, Wennerberg A. Trueness and precision of 5 intraoral scanners for scanning edentulous and dentate complete-arch mandibular casts: A comparative in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2019;122(2):129-36-e2.
 30. Lee J-H, Yun J-H, Han J-S, Yeo I-SL, Yoon H-I. Repeatability of intraoral scanners for complete arch scan of partially edentulous dentitions: an in vitro study. *Journal of Clinical Medicine*. 2019;8(8):1187.
 31. Schimmel M, Akino N, Srinivasan M, Wittneben J-G, Yilmaz B, Abou-Ayash S. Accuracy of intraoral scanning in completely and partially edentulous maxillary and mandibular jaws: an in vitro analysis. *Clinical oral investigations*. 2021;25:1839-47.
 32. Zarone F, Ruggiero G, Ferrari M, Mangano F, Joda T, Sorrentino R. Accuracy of a chairside intraoral scanner compared with a laboratory scanner for the completely edentulous maxilla: An in vitro 3-dimensional comparative analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2020;124(6):761-e1.
 33. Aati S, Akram Z, Shrestha B, Patel J, Shih B, Shearston K, et al. Effect of post-curing light exposure time on the physico-mechanical properties and cytotoxicity of 3D-printed denture base material. *Dental Materials*. 2022;38(1):57-67.
 34. Meng TR, Latta MA. Physical properties of four acrylic denture base resins. *J Contemp Dent Pract*. 2005;6(4):93-100.
 35. Falahchai M, Ghavami-Lahiji M, Rasaie V, Amin M, Neshandar Asli H. Comparison of mechanical properties, surface roughness, and color stability of 3D-printed and conventional heat-polymerizing denture base materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2023.
 36. Tzeng J-J, Yang T-S, Lee W-F, Chen H, Chang H-M. Mechanical Properties and Biocompatibility of Urethane Acrylate-Based 3D-Printed Denture Base Resin. *Polymers*. 2021;13(5):822.
 37. Karakurt I, Lin L. 3D printing technologies: techniques, materials, and post-processing. *Current Opinion in Chemical Engineering*. 2020;28:134-43.
 38. Ali IL, Yunus N, Abu-Hassan MI. Hardness, flexural strength, and flexural modulus comparisons of three differently cured denture base systems. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*. 2008;17(7):545-9.
 39. Pfeiffer P, Rolleke C, Sherif L. Flexural strength and moduli of hypoallergenic denture base materials. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2005;93(4):372-7.
 40. Takeda Y, Lau J, Nouh H, Hirayama H. A 3D printing replication technique for fabricating digital dentures. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2020;124(3):251-6.
 41. Bilgin MS, Baytaroğlu EN, Erdem A, Dilber E. A review of computer-aided design/computer-aided manufacture techniques for removable denture fabrication. *European journal of dentistry*. 2016;10(02):286-91.
 42. Emera RM, Shady M, Alnajih MA. Comparison of retention and denture base adaptation between conventional and 3D-printed complete dentures. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*. 2022;16(3):179.
 43. Alfouzan AF, Alotiabi HM, Labban N, Al-Otaibi HN, Al Taweel SM, AlShehri HA. Effect of aging and mechanical brushing on surface roughness of 3D printed denture resins: A profilometer and scanning electron microscopy analysis. *Technology and Health Care*. 2022;30(1):161-73.
 44. Son K, Lee J-H, Lee K-B. Comparison of Intaglio Surface Trueness of Interim Dental Crowns Fabricated with SLA 3D Printing, DLP 3D Printing, and Milling Technologies. *Healthcare*. 2021; 9(8):983.
 45. You S-G, You S-M, Kang S-Y, Bae S-Y, Kim J-H. Evaluation of the adaptation of complete denture metal bases fabricated with dental CAD-CAM systems: An

- in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2021;125(3):479-85
46. Emir F, Ayyildiz S. Accuracy evaluation of complete-arch models manufactured by three different 3D printing technologies: A three-dimensional analysis. *Journal of prosthodontic research*. 2021;65(3):365-70.
47. Hwang H-J, Lee SJ, Park E-J, Yoon H-I. Assessment of the trueness and tissue surface adaptation of CAD-CAM maxillary denture bases manufactured using digital light processing. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2019;121(1):110-7.
48. Yoon S-N, Oh KC, Lee SJ, Han J-S, Yoon H-I. Tissue surface adaptation of CAD-CAM maxillary and mandibular complete denture bases manufactured by digital light processing: A clinical study. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2020;124(6):682-9.
49. Tosun ON, Bilmenoglu C, Özdemir AK. Comparison of denture base adaptation between additive and conventional fabrication techniques. *Journal of Prosthodontics*. 2023;32(3):e64-e70.
50. Unkovskiy A, Schmidt F, Beuer F, Li P, Spintzyk S, Kraemer Fernandez P. Stereolithography vs. direct light processing for rapid manufacturing of complete denture bases: an in vitro accuracy analysis. *Journal of Clinical Medicine*. 2021;10(5):1070.
51. Gad MM, Fouda SM, Abualsaud R, Alshahrani FA, Al-Thobity AM, Khan SQ, et al. Strength and surface properties of a 3D-printed denture base polymer. *Journal of Prosthodontics*. 2022;31(5):412-8.
52. Prpić V, Schauerl Z, Čatić A, Dulčić N, Čimić S. Comparison of mechanical properties of 3D-printed, CAD/CAM, and conventional denture base materials. *Journal of Prosthodontics*. 2020;29(6):524-8.
53. Ayman A-D. The residual monomer content and mechanical properties of CAD\CAM resins used in the fabrication of complete dentures as compared to heat cured resins. *Electronic physician*. 2017;9(7):4766.
54. Pacquet W, Benoit A, Hatège-Kimana C, Wulfman C. Mechanical Properties of CAD/CAM Denture Base Resins. *The International journal of prosthodontics*. 2019;32(1):104-6.
55. Al-Dwairi ZN, Al Haj Ebrahim AA, Baba NZ. A Comparison of the Surface and Mechanical Properties of 3D Printable Denture-Base Resin Material and Conventional Polymethylmethacrylate (PMMA). *Journal of Prosthodontics*. 2023;32(1):40-8.
56. Di Fiore A, Meneghello R, Brun P, Rosso S, Gattazzo A, Stellini E, et al. Comparison of the flexural and surface properties of milled, 3D-printed, and heat polymerized PMMA resins for denture bases: An in vitro study. *Journal of prosthodontic research*. 2022;66(3):502-8.
57. Gad MM, Al-Harbi FA, Akhtar S, Fouda SM. 3D-printable denture base resin containing SiO₂ nanoparticles: An in vitro analysis of mechanical and surface properties. *Journal of Prosthodontics*. 2022;31(9):784-90.
58. Alshaikh AA, Khattar A, Almindil IA, Alsaif MH, Akhtar S, Khan SQ, et al. 3D-printed nanocomposite denture-base resins: effect of ZrO₂ nanoparticles on the mechanical and surface properties in vitro. *Nanomaterials*. 2022;12(14):2451.
59. Freitas RFCPd, Duarte S, Feitosa S, Dutra V, Lin WS, Panariello BHD, et al. Physical, Mechanical, and Anti-Biofilm Formation Properties of CAD-CAM Milled or 3D Printed Denture Base Resins: In Vitro Analysis. *Journal of Prosthodontics*. 2023;32(S1):38-44.
60. Srinivasan M, Kalberer N, Kamnoedboon P, Mekki M, Durual S, Özcan M, et al. CAD-CAM complete denture resins: An evaluation of biocompatibility, mechanical properties, and surface characteristics. *Journal of dentistry*. 2021;114:103785.
61. Shim JS, Kim J-E, Jeong SH, Choi YJ, Ryu JJ. Printing accuracy, mechanical properties, surface characteristics, and microbial adhesion of 3D-printed resins with various printing orientations. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2020;124(4):468-75.
62. Aati S, Aneja S, Kassar M, Leung R, Nguyen A, Tran S, et al. Silver-loaded mesoporous silica nanoparticles enhanced the mechanical and antimicrobial properties of 3D printed denture base resin. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2022;134:105421.
63. Farid M, Mohamed F, Mehanna R, Abd-ELLAH M, Abdelrahman H. Cytotoxic assessment of 3D printed photoinitiated prosthodontic resins versus heat polymerized acrylic resin (In-Vitro Study). *Research Square*. 1:2022.
64. Srinivasan M, Kalberer N, Kamnoedboon P, Mekki M, Durual S, Özcan M, et al. CAD-CAM complete denture resins: an evaluation of biocompatibility, mechanical

- properties, and surface characteristics. *Journal of Dentistry*. 2021;114:103785
65. Dimitrova M, Capodiferro S, Vlahova A, Kazakova R, Kazakov S, Barile G, et al. Spectrophotometric Analysis of 3D Printed and Conventional Denture Base Resin after Immersion in Different Colouring Agents—An In Vitro Study. *Applied Sciences*. 2022;12(24):12560.
66. Alfouzan AF, Alotiabi HM, Labban N, Al-Otaibi HN, Al Taweel SM, AlShehri HA. Color stability of 3D-printed denture resins: Effect of aging, mechanical brushing and immersion in staining medium. *The journal of advanced prosthodontics*. 2021;13(3):160.
67. Çakmak G, Molinero-Mourelle P, De Paula MS, Akay C, Cuellar AR, Donmez MB, Yilmaz B. Surface Roughness and Color Stability of 3D-Printed Denture Base Materials after Simulated Brushing and Thermocycling. *Materials*. 2022; 15(18):6441.
68. Ain S, Sayed M, Ahmed WM, Halawi AHA, Najmi NMA, Aggarwal A, et al. An in-vitro study to evaluate the effect of denture cleansing agents on color stability of denture bases fabricated using CAD/CAM milling, 3D-printing and conventional techniques. *Coatings*. 2021;11(8):962.
69. Alqanas SS, Alfuhaid RA, Alghamdi SF, Al-Qarni FD, Gad MM. Effect of denture cleansers on the surface properties and color stability of 3D printed denture base materials. *Journal of Dentistry*. 2022;120:104089.
70. Gruber S, Kamnoedboon P, Özcan M, Srinivasan M. CAD/CAM complete denture resins: an in vitro evaluation of color stability. *Journal of Prosthodontics*. 2021;30(5):430-9.
71. Mugri MH, Jain S, Sayed ME, Halawi AHA, Hamzi SAI, Aljohani RAS, et al. Effects of Smokeless Tobacco on Color Stability and Surface Roughness of 3D-Printed, CAD/CAM-Milled, and Conventional Denture Base Materials: An In Vitro Study. *Biomedicines*. 2023;11(2):491.



The Journal of Turkish Dental Research
Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi

e-ISSN: 2822-4310, Cilt 2, Sayı 3, Eylül - Aralık 2023
Volume , Number 3, September - December 2023

Yapay Zekâ' nın Diş Hekimliği Pratiğine Kazanımları

Benefits of Artificial Intelligence to Dental Practice

Yapay Zeka ve Diş Hekimliği

Cihan AKDOĞAN¹, Hatice ÖZDEMİR²

¹Dt, Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı
Erzurum, Türkiye
dt.cakdogan@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7209-8487

²Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı
Erzurum, Türkiye
dentist_hatice@hotmail.com
ORCID: 0000-0001-8512-0471

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Derleme / Review

Geliş Tarihi / Received: 20-06-2023

Kabul Tarihi / Accepted: 27-12-2023

Yazar Katkı Oranları: %50¹ -%50²

Çıkar Çatışması Beyanı: "Yapay Zekâ' nın Diş Hekimliği Pratiğine Kazanımları" derlememiz ile ilgili herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur ve yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yıl / Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 2 | **Sayı – Issue:** 3 | **Sayfa / Pages:** 278-287

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Cihan AKDOĞAN

<https://doi.org/10.58711/turkishjdentres.vi.1296215>

Yapay Zekâ'nın Diş Hekimliği Pratiğine Kazanımları

Benefits of Artificial Intelligence to Dental Practice

ÖZET

Bilim ve mühendislikteki en yeni alanlardan biri olan “yapay zekâ” insanlar gibi düşünmeye ve hareketlerini taklit etmeye programlanmış makinelerde insan zekasının simülasyonunu ifade etmektedir. Yapay zekâ tıp ve diş hekimliğine uygulandığında hasta bakımını iyileştirmek ve sağlık alanında devrim yapmak için muazzam bir potansiyele sahiptir. Yapay zekâ algoritmalarının veri analizindeki güçlü yetenekleri sayesinde diş hekimliğinde normal ve anormal yapıların tanımlanması, teşhisin doğruluğunu ve etkinliğini artırması, tedavi için görselleştirilmiş anatomik rehberlik sağlaması, ileriye dönük sonuçları tahmin etmesi ve değerlendirmesi beklenmektedir. Bu derlemenin amacı, günümüzde gelişmekte olan teknolojiyle birlikte daha da önem kazanmış olan yapay zekanın diş hekimliğinde uygulama alanlarını açıklamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Derin öğrenme, Diş hekimliği, evrişimli sinir ağları, Yapay zekâ

ABSTRACT

One of the newest fields in science and engineering which is “Artificial intelligence”, refers to the simulation of human intelligence in machines that are programmed to think like humans and mimic their actions. Artificial intelligence has tremendous potential to improve patient care and revolutionize the health care field when applied to medicine and dentistry. Owing to the powerful capabilities of artificial intelligence algorithms in data analysis, it is expected to identify normal and abnormal structures, increase the accuracy and efficiency of diagnosis, provide visualized anatomical guidance for treatment, and predict and evaluate prospective results, in dentistry. The purpose of this review is to explain in dentistry, the application areas of artificial intelligence which has gained more importance with the developing technology today.

Keywords: Deep learning, Dentistry, Convolutional neural networks, Artificial intelligence

Giriş

Bilim dünyasında, araştırmacılar ve teknoloji uzmanları birbirleriyle bağlantılı ve tüm vücuda sinyaller ileten bir nöronlar labirenti olan insan beyninin karmaşıklığını çözmeye çalışmaktadırlar. Tıpkı insan beyni gibi taklit edecek bir model tasarlamak, bilim camiası için çözülmesi gereken büyük bir bilmece olarak kalmıştır. Son yıllarda araştırmacıların sıkı çalışmalarının sonucu “Yapay zekâ (AI)” evrimi ile sonuçlanmıştır.¹ AI, insanoğlunun görevini makine ve teknoloji yardımıyla yerine getirmesini ifade eden genel bir terimdir.²

Yapay zeka, ilk olarak 1956’da John McCarthy tarafından tanımlanan uygulamalı bilgisayar biliminin bir dalıdır.³ AI akıllı davranışı, eleştirel düşünmeyi ve insanlara benzer karar vermeyi simüle etmek için bilgisayar teknolojisini kullanan “dördüncü sanayi devrimi” olarak tanımlanmıştır.^{4,5} Belirli bir görevi gerçekleştirmek için tasarlanmış bir dizi işlem olarak da tanımlanmıştır. Eskiden akıllı sistemlere, çözmeleri gereken belirli görevler konu uzmanları tarafından manuel olarak girildiği bilinmektedir.⁶ Günümüz dünyasında yapay zekâ, problem çözme gibi insan bilişsel becerilerini taklit edebilen herhangi bir makine veya teknolojiyi ifade etmektedir. AI’yı anlamak için;

1. Makine öğrenimi

2. Sinir ağları

3. Derin öğrenme gibi temel kavramları bilmek önemlidir.^{7,8}

Makine öğrenimi, belirgin bir şekilde programlanmadan algoritmalar oluşturarak veriler aracılığıyla otomatik öğrenme yeteneğini geliştiren, AI’nın alt grubudur. Böylece birinci hedefi insan yardımı olmadan otomatik öğrenmeye izin vermektir.^{2,6,9} Makine öğrenimi algoritmaları, elle girilmiş çok sayıda veriyi inceleyerek veya öğrenerek doğru spesifik bir cevap vermek üzere eğitilmiştir. Bu, bilgisayarın veriler (input) ve çıktı (output) arasındaki uygunluğu elde etmek için algoritma içindeki parametreleri ayarlayarak doğru bir şekilde genelleştirmesini sağlamaktadır.^{10,11} Yapay zekanın temelini algoritmalar oluşturmaktadır. Algoritma basitçe bir matematik problemini çözmek için belli tekrarlardan oluşan bir çözüm yoludur. Basitçe tanımlamak gerekirse, makine öğrenimi, bir algoritmanın excel çizelgeleri, resimler vb. verileri aldığı ve daha sonra verileri, istenen görevi çö-

mek için özel olarak geliştirilen önceden belirlenmiş bir yola (yapay sinir ağı) göre inceler.¹²

Sinir ağları, insan sinir ağlarına benzeyen ve matematiksel doğrusal olmayan bir modelde insan beynini taklit eden yapay nöronlar kullanılmaktadır. Sinir ağları, problem çözme, öğrenme ve karar vermeyi içeren insan düşünme yetenekleri gibi bilişsel becerileri simüle edebilir.⁹ Bir sinir ağı, giriş katmanı (bilginin sisteme girdiği yer), gizli katman (verilerin işlendiği yer) ve çıkış katmanı (sistemin ne yapacağına karar verdiği yer) olmak üzere üç katmandan oluşmaktadır.^{6,9} Bir dizi matematiksel model verildiğinde, sinir ağları herhangi bir girdiyi bir çıktıya aktarabilmektedir. Yeterince büyük miktarda veri mevcutsa, bu tür sinir ağları sağlanan verilerin içsel istatistiksel rakamlarını temsil edecek şekilde eğitilebilmektedir. En yaygın kullanılan sinir ağları türleri yapay sinir ağları, evrişimli sinir ağları ve tekrarlayan sinir ağlarıdır.^{7,13-15}

Derin öğrenme ise, bilgisayarın verileri nasıl işleyeceğini kendi kendine öğrendiği sinir ağlarının bir parçasıdır.⁹ Derin öğrenme, makine öğreniminin bir alt dalıdır ve birbirine bağlı ve tek başına anlam ifade etmeyen veriler halinde katmanlara ayrılmış, çok sayıda algoritma katmanından oluşmaktadır.^{1,16} Her değerlendirme farklı bir katmanda gerçekleştirilir, yani bir önceki katmanın çıktısına dayalıdır. Bu hesaplama katmanlarına, girdileri ve çıktıları görülemediği için gizli katmanlar adı verilmektedir. Örneğin, girilen veri polip arayan bir kolonoskopi görüntüsü ise öncelikle görüntü çarpılacaktır. Daha sonra her görüntü farklı filtreler kullanılarak taranacaktır. Her filtre, daha sonra başka bir filtre katmanına aktarılacak bir puan alacaktır (örneğin, renk filtreleri, kenar işaretleme filtreleri vb.). Bu iş akışı, gerektiğinde birden fazla katmanla devam eder her filtre, nihai bir sonuç elde edilene kadar bir sonraki katmanın giriş puanı olan bir çıktı puanı oluşturur.¹²

Tıp ve diş hekimliğinde yapay sinir ağının en yaygın kullanılan alt sınıflarından biri, evrişimli sinir ağıdır. Bir evrişimli sinir ağı; ses, görüntü ve video gibi dijital sinyalleri işlemek için özel bir nöron bağlantı mimarisi ve matematiksel işlem kullanılmaktadır. Evrişimli sinir ağları, daha geniş bir görüntüyü veya sinyali analiz etmek için bir seferde küçük bir girdiyi soldan sağa ve yukarıdan aşağıya taramak için kayan bir pencere kullanılmaktadır.⁶

Yapay zeka uygulamalarıyla ilgili çalışmalarda sağlık hizmetlerinde kalite ve verimliliğin arttığı, maliyetlerin azaldığı, insan/sistem kaynaklı hataların azaldığı gösterilmiştir. Ayrıca zaman tasarrufu sağlanması, manuel ve beceri isteyen birçok işi otomatize ederek standardize edilmesini sağlanması, iş yükünü azaltması gibi avantajları da bildirilmiştir. Öte yandan algoritmayı geliştiren mühendislerin yeterli tıbbi bilgiye sahip olmaması, algoritmayı kullanacak radyoloğun konuya hâkim olmaması yanlış kullanım ve yorumlamaya bağlı hatalara sebep olabileceğinden multidisipliner çalışma gerektirmesi, görüntü analizi için çok sayıda veri gerektirmesi, klinik ilaç tedavisi uygulamalarında henüz çok somut örneklerin olmaması, ahlaki ve etik boyutu ile ilgili belirsizliğin olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır.¹⁷

Yapay zekâ, tıp ve diş hekimliği alanlarına uygulandığında teşhis doğruluğunu iyileştirmede ve bakımda devrim yaratmada çok önemli bir rol oynayabilmektedir. Yapay zekâ, şu anda diş hekimliğinde normal ve anormal yapıların tanımlanması, hastalıkların teşhisi ve tedavi sonuçlarının tahmini gibi çeşitli amaçlara hizmet etmektedir. Ayrıca, AI diş laboratuvarlarında yaygın olarak kullanılmaktadır ve diş hekimliği eğitiminde büyüyen bir rol oynamaktadır.⁶ Bu derlemenin amacı, günümüzde gelişmekte olan teknolojiyle birlikte daha da önem kazanmış olan AI'nın diş hekimliğinde uygulama alanlarını incelemektir.

Diş Hekimliğinde Yapay Zekâ Uygulama Alanları

Ağız, Diş ve Çene Radyolojisi Alanında Yapay Zekâ

Yapay zeka ve evrişimli sinir ağlarının diş hekimliği radyolojisinde; radyografilerin otomatik olarak yorumlanması, görüntü analizi, diş tespit ve segmentasyonu, kemik kalitesinin (osteoporoz) değerlendirilmesi, diş çürüğü ve periapikal patoloji tespiti, dişlerin kök morfolojisinin değerlendirilmesi, sefalometrik radyografilerde anatomik landmarkların belirlenmesinde ve görsel yorumlama ile fark edilemeyecek görüntülerdeki anormalliklerin belirlenmesinde kullanıldığı bildirilmiştir.^{10,18-20}

Radyolojik görüntülerdeki süperpoze alanlar ve düşük kontrast nedeniyle radyolojik görüntülerde bazen fark edilmeyen proksimal çürükler ve periapikal patolojiler için AI kullanılmıştır.²¹ Ayrıca periapikal radyog-

rafilerde geliştirilen evrişimli sinir ağı yöntemi ile diş çürüklerini sınıflandırmasının yanı sıra tespit etmede de iyi sonuçlar elde edilmiştir.^{22,23} Bununla birlikte, radyoloji alanında periodontal kemik kaybı tespitinde de AI algoritmaları kullanılmıştır. Radyoloji alanında yapay zekânın bir diğer kullanım alanı da maksiller sinüs patolojilerinin teşhisidir. AI algoritmalarının maksiller sinüzit teşhisinde diş hekimlerine tanısal destek sağlayabileceğini belirtmişlerdir.²⁴ Ayrıca Flores ve ark.²² ve Okada ve ark.²³, evrişimli sinir ağı kullanarak konik ışıklı bilgisayarlı tomografide dental granülom ve radiküler kisti otomatik olarak ayırt etmek için bilgisayar destekli tanı geliştirmişlerdir.

Ortodonti Alanında Yapay Zekâ

Yapay zekâ, ortodonti alanında tedavi planlaması, anatomik analizler, büyüme gelişmenin değerlendirilmesi ve tedavi sonuçlarının değerlendirilmesi gibi birçok alanda yerini almıştır.²⁵⁻²⁸ Ortodontik çekime karar vermek, tedavinin prognozu üzerinde büyük etkisi olan en önemli ve kritik kararlardan biridir. Diş çekimi işlemi geri döndürülemez olduğu için çok önemli kabul edilmektedir. Klinisyenin kararı klinik bilgisine, uzmanlığına ve tanısal testlerin sonuçlarına dayanmaktadır.²⁹ Son yıllarda AI teknolojisi, ortodontik çekim ihtiyacına karar vermek için kullanılmıştır. Ortodontik tedaviden önce çekimlerin gerekli olup olmadığına karar vermek için AI modeli kullanılan bir çalışmada, modelin %80 doğrulukla çekim kararı vermede etkili bir araç olduğu kanıtlanmıştır.³⁰ Bununla birlikte, Leonardi ve ark.³¹ hücrel sinir ağlarına dayalı çalışmada sefalometrik radyografilerde sefalometrik landmarkları bulmadaki doğruluğu değerlendirilmiştir ve model tatmin edici sonuçlar göstermiştir. Ayrıca Auconi ve ark. çalışmalarında sınıf III hastalarda tedavi sonuçlarını tahmin etmek için bir model geliştirmişlerdir ve bu modelin tedavi sonucu riskini tahmin etmek için faydalı olabileceğini bildirmişlerdir.²⁵ Büyüme ve gelişmenin değerlendirilmesi ve/veya büyüme modellerinin değerlendirilmesi ile ilgili olarak Spampinato ve ark. iskelet kemik yaşını otomatik olarak değerlendirmek için çeşitli derin öğrenme yaklaşımları önermiş ve test etmişlerdir. Sonuçlar, manuel ve otomatik değerlendirme arasında ortalama 0,8 yıllık bir farklılık göstermiştir ve yazarlara göre son teknoloji performans güvenilirliği olarak kabul edilmiştir.²⁸

Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Alanında Yapay Zekâ

Literatürde, sinir ağlarının ağız, diş ve çene cerrahisinde yaygın olarak kullanıldığı bildirilmiştir. Sinir ağları tarafından yapılan simülasyonlar, cerrahlar, ortodontistler ve hastalar için tedavi planlarını iyileştirmede yardımcı olabilmektedir.⁹ Cerrahi işlemlerde alt üçüncü molarların çekimi en yaygın işlemlerden biridir. Mandibular yirmi yaş diş çekimi sonrası sinirin parestезisi yaygın bir komplikasyondur.³² Kim ve ark.³² çalışmasında alt üçüncü molar çekiminin alveolar sinirin parestезisine yol açıp açmayacağını tahmin etmek için evrişimli sinir ağı kullanılmıştır. Buna ek olarak AI teknolojisi gömülü diş çekimi sonrası oluşacak ödemi tahmin etmek için de kullanılmıştır.³³ Evrişimli sinir ağlarının baş ve boyun kanseri lezyonlarının teşhisi sürecinde umut verici bir yardımcı olduğu gösterilmiştir.^{34,35}

Patcas ve ark.³⁶ çalışmalarında evrişimli sinir ağları kullanılarak ortognatik cerrahinin yüz estetiği ve yaş görünümü üzerindeki etkisinin analiz edilebileceği gösterilmiştir. Aynı yazar başka bir çalışmada, yarık dudak ameliyatı geçirmiş hastaların yüz estetiğini değerlendirmek için evrişimli sinir ağının yararlı bir araç olabileceğini bildirmiştir.³⁷

Çene cerrahisi alanında sinir ağlarının kullanıldığı bir diğer alan ise implantolojidir. Panoramik radyograflarda dental implant markalarını belirlemek ve tedavi aşamasını belirlemek için evrişimli sinir ağları kullanılabilir.³⁸ Ek olarak literatürde osteointegrasyonun kalitesinin değerlendirilmesinde ve implant çevresi kemik kaybını ölçmek için de evrişimli sinir ağlarının kullanıldığı gösterilmiştir.^{39,40} Ayrıca, konik ışıklı bilgisayarlı tomografi görüntülerinin kullanımı ile dental implantlarının tedavi planlaması AI sistemleri tarafından kolaylaştırılabilir.⁴¹

Yapay zeka alanında robotik sistemlerin gelişmesiyle çene cerrahisi alanında; kemik yüzeylerinin frezelenmesi, osteotomi kesilerinin hazırlanması, osteosentez plaklarının seçilmesi ve ortognatik cerrahi planlanması için robotik cerrahi teknikler kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca yarık damak onarımında robotik sistemlerin kullanılmasıyla sinir hasarı riskinin azaldığı ve ikinci cerrahi operasyon riskini azalttığı bildirilmiştir.⁴²

Periodontoloji Alanında Yapay Zekâ

Periodontitis, dünya çapında milyarlarca insanı ilgilendiren ve tedavi edilmediği takdirde dişlerde mobili-

teye ve ciddi vakalarda diş kaybına neden olan yaygın bir hastalıktır. Periodontitis'i yönetmek için hastalığın erken teşhisi ve etkili tedavisi gerekmektedir.⁹ Teşhisteki hataları en aza indirmek için bazı yazarlar sinir ağlarını kullanmışlardır. Krois ve ark.⁴³ panoramik radyograflerde periodontal kemik kaybının teşhisi için evrişimli sinir ağlarının tanısal etkinliğini değerlendirmişlerdir ve altı deneyimli diş hekimiyle karşılaştırmışlardır. Periodontal kemik kaybının teşhisinde evrişimli sinir ağının diş hekimlerinden daha yüksek doğruluk ve güvenilirlik sağladığını göstermişlerdir. Bununla birlikte Lee ve ark.⁴⁴ periodontal hasarlı dişlerin teşhisinde evrişimli sinir ağını kullanmışlardır ve diş çekimi kararında premolar dişler için %82,8, molar dişler için %73,4 doğruluk oranı bildirmişlerdir. Öte yandan Papantonopoulos ve ark.⁴⁵ hastaları immün yanıt profillerine göre agresif periodontitis ve kronik periodontitis olarak sınıflandırmada yapay sinir ağlarının etkinliğini değerlendirmişler ve %90-98 doğruluk oranı bildirmişlerdir. Ayrıca evrişimli sinir ağlarının periimplantitis şiddetini ve implant çevresi kemik kaybı oranını değerlendirmede de kullanılabileceği belirtilmiştir.⁴⁶ Sinir ağlarının kullanıldığı bir diğer çalışmada ise radyografik kemik kaybı değerlendirilmiştir ve periodontitis ve periimplant hastalıkları ve koşullarının sınıflandırılmasına ilişkin 2017 dünya çalıştayında önerilen yeni kriterlere göre periodontitis evrelemesi için otomatik bir yöntem geliştirmişlerdir. Periodontal kemik seviyesini, mine-sement birleşimi seviyesini ve dişleri saptamak için panoramik görüntüler ve evrişimli sinir ağını kullanmışlar ve periodontal kemik kaybının otomatik teşhisinde ve periodontitisin evrelendirmesinde yüksek doğruluk ve mükemmel güvenilirlik bildirmişlerdir.⁴⁷

Periodontoloji alanının önemli konularından biri ağız hijyeninin geliştirilmesidir. Bu konuda yapay zeka tabanlı robotik sistemle diş fırçalama etkinliğinin manuel diş fırçalama etkinliğiyle karşılaştırıldığı in vitro çalışmada robotik fırçalamanın diş plağını uzaklaştırmada manuel fırçalamayla karşılaştırılabilir bir teknik olduğu hatta manuel diş fırçalamanın yerini alabileceği bildirilmiştir.⁴⁸

Endodonti Alanında Yapay Zekâ

AI endodonti alanında giderek önem kazanmaya başlamıştır. Periapikal lezyonların ve kök kırıklarının tespitinde kök kanal anatomisinin değerlendirilmesinde, dental pulpa kök hücrelerinin canlılığının tahmin edilme-

sinde, kanal boyu belirlenmesinde ve retreatment tedavi prosedürlerinin başarısının tahmin edilmesinde faydalı olduğu bildirilmiştir.⁵ Kanal tedavisinin başarısı, esas olarak kanal boyunun belirlenmesine bağlıdır. Tedavinin prognozu ancak enstrümantasyon apikal daralmanda sona erdiğinde sağlanabilir.⁴⁹ Saghiri ve ark.⁵⁰ kanal boyu belirlemede yapay sinir ağı sistemini kullanmışlardır. Kanal boyu belirlemede, endodontistler dişlerin %76'sında doğru, yapay sinir ağı sistemi ise %96 oranında doğru belirlemiştir. Aynı yazarların bir diğer çalışmasında da minör apikal foramenleri bulmak için yapay sinir ağını kullanmışlar ve %93 doğruluk oranı bildirmişlerdir.⁵¹ Öte yandan Ekert ve ark.⁵² panoramik radyografide evrişimli sinir ağı kullanarak periapikal lezyonları değerlendirmişlerdir ve radyografik görüntü oluşturma süreci nedeniyle farklı diş tiplerinin farklı şekillerde değerlendirilmesinin zor olduğu sonucuna varmışlardır. Bu nedenle sinir ağı tarafından periapikal lezyon tespitinin sonuçları tatmin edici olmasına rağmen, tanı belirsiz olabilir. Bununla birlikte dikey kök kırıklarının teşhisinde evrişimli sinir ağını kullanan Fukuda ve ark.⁵³ oldukça tatmin edici sonuçlar elde etmiştir.

Mandibular birinci molar dişin distalinde ekstra kök bulunması endodontik tedavinin başarısını direkt etkileyebilmektedir. Bu nedenle Hiraiwa ve ark.⁵⁴ panoramik radyografide mandibular birinci molar dişlerin kök morfolojisinin sınıflandırılması için bir derin öğrenme sisteminin tanısal performansını değerlendirmişlerdir ve derin öğrenmenin distal kökte ekstra kök varlığını belirlemede %86,9 oranında tanısal doğruluğa sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Protetik Diş Tedavisi Alanında Yapay Zekâ

Yapay zeka modelleri, diş preparasyonlarının bitiş çizgisinin planlanması veya bilgisayar destekli tasarım (CAD) yöntemleri kullanılarak diş restorasyonlarının otomatik tasarımı için diş anatomisi seçimine yardımcı olmak gibi farklı protetik uygulamalar için kullanılmıştır. Ek olarak, metal bir alt yapının başarılı bir şekilde dökümü için optimal parametreleri tahmin etmek veya diş rengi seçiminde ve renk eşleştirmesini gerçekleştirmek için önerilen bir porselen seçimi sağlamak için AI modelleri geliştirilmiştir.⁵⁵⁻⁶⁰ Bununla birlikte protetik diş tedavisi estetik beklentinin yüksek olduğu bir alandır ve AI uygulamaları ile yüz bölgesinde ölçümler ve antropolojik

hesaplamalar yapılarak estetik beklentinin karşılanabileceği bildirilmiştir.⁶¹ Günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlanan dijital gülüş tasarımı tekniğinde de AI kullanılarak yüz ve ağız içi görüntülerini otomatik olarak entegre eden bir sistem geliştirilmiştir ve bu sistemin görüntü entegrasyon sürecini kolaylaştırdığı belirtilmiştir.⁶²

Wang ve ark.⁶³ güvenli ve doğru üç boyutlu (3D) diş ablyasyonu hazırlamak için robotik ve lazer teknolojisini birleştiren bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem yüksek hız ve doğrulukta kuron hazırlamayı hedefleyen üç boyutlu harekette lazer odağını kontrol etmek için geliştirilmiştir. Ablasyonun deneysel sonuçları, robotik sistemin hareket aralığının ve çözünürlüğünün, diş kronu hazırlığı için tipik diş operasyonlarının gereksinimlerini karşılayabildiğini göstermiştir. Ayrıca diş şekli ve preparasyon açısındaki hatalar klinik kron preparasyonunun gereksinimlerini karşılayabilmiştir. Zhang ve ark.⁵⁹ dişlerde preparasyon sonrası marjinal bölgenin özelliklerini öğrenen ve marjin çizgisini otomatik olarak belirleyen evrişimli sinir ağlarına dayalı diş preparasyonları için segmentasyon ağ yapısı tasarlamışlardır ve tasarlanan bu ağ yapısı ile %97,43'lük başarı bildirmişlerdir. Bununla birlikte Otani ve ark.⁶⁴ porselen laminate veneerler için otomatik robotik diş hazırlama sisteminin doğruluk ve hassasiyetini bir in vitro çalışma yaparak değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışmaya göre preparasyonu yapılan dişlerin tüm alanlarında otomatik robotik diş hazırlama sistemi, diş modelini geleneksel preparasyon yöntemi kadar doğru ve hassas bir şekilde hazırlamıştır. Otomatik robotik diş hazırlama sistemi bitiş çizgisinde önemli ölçüde daha iyi doğruluk ve hassasiyet göstermiştir.

Takahashi ve ark.⁶⁵ hareketli bölümlü protezler için bir AI sistemi geliştirmişlerdir. AI kullanarak hareketli bölümlü protezleri tasarlarken, bilgisayarın tahminleri formüle etmek için dental ark ve kalan dişler hakkında bilgi edinmesi gerekmektedir. Geliştirdikleri AI sisteminde tanısal doğruluk maksilla için %99,5 ve mandibula için %99,7 olduğu belirtilmiştir. Ayrıca; tüm dental arklarda doğru tahmin yüzdesinin %95'in üzerinde olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte Xiao ve ark.⁶⁶ 3D baskı kullanılarak yumuşak doku protezlerinin üretimi için bir renk reproduksiyon sistemi geliştirmişlerdir ve bir grup insan ten rengi kullanılarak renk reproduksiyonundaki performansı değerlendirmişlerdir. Ayrıca bu ça-

lışmada sırasıyla renk gamı ve renk çıktısının tutarlılığını gösteren renk kapasitesi ve tekrarlanan bilirlik hatası dik-kate alınarak renk performansının kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir. Hareketli protezlerde AI'nın uygulandığı bir diğer çalışmada ise total protezlerde dental arkın otomatik oluşturulmasında robotik bir sistem denenmiştir ve hastanın ark parametrelerine göre hastaya uyacak şekilde otomatik olarak bir dental ark oluşturabileceği sonucuna varmışlardır.⁶⁷

Lerner ve ark.⁶⁸ AI kullanılarak kişiye özel hibrit abutmentler üzerine yapıştırılmış implant destekli monolitik zirkonya kronlar üretmeyi hedeflemişlerdir. Bu retrospektif klinik çalışmada monolitik zirkonya kronların marjinal adaptasyon, interproksimal ve oklüzal temasların kalitesi ve estetik entegrasyonun mükemmel olduğu belirtilmiştir. Ek olarak Yamaguchi ve ark.⁶⁹ yaptığı çalışmada, evrişimli sinir ağı kullanılarak CAD/CAM teknolojisi ile hazırlanan kompozit reçine kronlarının desimantasyon olasılığını tahmin etmede önemli ölçüde iyi performans gösterdiği bildirilmiştir. Protetik diş tedavisi alanında AI'nın kullanıldığı Wei ve ark.⁵⁸ çalışmasında yeni geliştirdikleri renk eşleştirme sistemi, geleneksel görsel renk eşleştirme sisteminden daha üstün olduğu gösterilmiştir. Bu bilgisayar renk eşleştirme sisteminin, belirli bir renk alanı içinde doğal diş renginin yeniden üretilmesinde klinik olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir.

Sonuç

Yapay zeka sistemleri, diş hekimliği alanında teşhisin doğruluğunu geliştirerek ve tedavi prognozunu tahmin ederek klinisyenlerin hasta başında geçirdiği süreyi azaltabilir ve hastalarına en iyi kalitede tedavi sunmalarına yardımcı olabilir. Bu derleme, AI'nın son yıllarda diş hekimliği alanında teşhis, tedavi ve prognoz tahminlerinde hızla geliştiğini ve yakın zamanda modern diş hekimliğinde kullanılabileceğini göstermektedir. Fakat bu sistemlerin diş hekimliğinde günlük pratikte uygulamaya konulması ve diş hekiminin işini kolaylaştırması için kullanımıyla ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

1. Tandon D., Rajawat J. Present and future of artificial intelligence in dentistry. *J Oral Biol Craniofacial Res.* 2020;10(4):391–6.
2. Ahmed N., Abbasi MS., Zuberi F., Qamar W., Halim MS Bin., Maqsood A., et al. Artificial Intelligence Techniques: Analysis, Application, and Outcome in Dentistry - A Systematic Review. *Biomed Res Int.* 2021;2021.
3. Moor J. Artificial Intelligence Conference : The Next Fifty Years. *AI Mag.* 2006;27(4):87–91.
4. Shan T., Tay FR., Gu L. Application of Artificial Intelligence in Dentistry. *J Dent Res.* 2021;100(3):232–44.
5. Aminoshariae A., Kulild J., Nagendrababu V. Artificial Intelligence in Endodontics: Current Applications and Future Directions. *J Endod.* 2021;47(9):1352–7.
6. Nguyen TT., Larrivée N., Lee A., Bilaniuk O., Durand R. Use of Artificial Intelligence in Dentistry: Current Clinical Trends and Research Advances. *J Can Dent Assoc.* 2021;87(C):17.
7. Khanagar SB., Al-chaideb A., Maganur PC., Vishwanathiah S., Patil S., Baeshen HA., et al. Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry – A systematic review. *J Dent Sci.* 2021;16(1):508–22.
8. Rajaraman V. John McCarthy – Father of Artificial Intelligence. 2014;(March):198–207.
9. Ossowska A., Kusiak A. Artificial Intelligence in Dentistry — Narrative Review. *Int J Env Res Public Heal.* 2022;19(6):3449.
10. Hwang J-J., Azernikov S., Efros AA., Yu SX. Learning Beyond Human Expertise with Generative Models for Dental Restorations. *ArXiv:180400064.* 2018:1–18.
11. Khanna S., Dhaimade P. Artificial Intelligence: Transforming Dentistry Today. *Indian J Basic Appl Med Res.* 2018 May;6(3):161–7.
12. Mintz Y., Brodie R. Introduction to artificial intelligence in medicine. *Minim Invasive Ther Allied Technol.* 2019;28(2):73–81.
13. Javed S., Zakirulla M., Baig RU., Asif SM., Meer AB. Development of artificial neural network model for prediction of post-streptococcus mutans in dental caries. *Comput Methods Programs Biomed.* 2020;186:105198.
14. Hamet P., Tremblay J. Artificial intelligence in medicine. *Metabolism.* 2017;69:S36–40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>.
15. Schwendicke F., Samek W., Krois J. Artificial Intelligence in Dentistry: Chances and Challenges. *J Dent Res.* 2020;99(7):769–74.
16. Hopfield JJ. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1982;79(8):2554–8.
17. Akalın B., Veranyurt Ü. Sağlık Hizmetleri ve Yönetiminde Yapay Zekâ. *Acta Infologica.* 2021;5(1):231–40.
18. Hung K., Montalvao C., Tanaka R., Kawai T., Bornstein MM. The use and performance of artificial intelligence applications in dental and maxillofacial radiology: A systematic review. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2019;49(1):20190107.
19. Wong SH., Al-Hasani H., Alam Z., Alam A. Artificial intelligence in radiology: how will we be affected? *Eur Radiol.* 2019;29(1):141–3.
20. Hosny A., Parmar C., Quackenbush J., Schwartz LH., Aerts HJWL. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer.* 2018;18(8):500–10.
21. Geetha V., Aprameya KS., Hinduja DM. Dental caries diagnosis in digital radiographs using back-propagation neural network. *Heal Inf Sci Syst.* 2020;8(1):1–14.
22. Flores A., Rysavy S., Enciso R., Okada K. Non-invasive differential diagnosis of dental periapical lesions in cone-beam CT. *Proc - 2009 IEEE Int Symp Biomed Imaging From Nano to Macro, ISBI 2009.* 2009:566–9.
23. Okada K., Rysavy S., Flores A., Linguraru MG. Noninvasive differential diagnosis of dental periapical lesions in cone-beam CT scans. *Med Phys.* 2015;42(4):1653–65.
24. Kim Y., Lee KJ., Sunwoo L., Choi D., Nam CM., Cho J., et al. Deep Learning in Diagnosis of Maxillary Sinusitis Using Conventional Radiography. *Invest Radiol.* 2019;54(1):7–15.
25. Auconi P., Scazzocchio M., Cozza P., McNamara JA., Franchi L. Prediction of Class III treatment outcomes through orthodontic data mining. *Eur J Orthod.* 2015;37(3):257–67.
26. Gupta A., Kharbanda OP., Sardana V., Balachandran

- R., Sardana HK. A knowledge-based algorithm for automatic detection of cephalometric landmarks on CBCT images. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2015;10(11):1737–52.
27. Thanathornwong B. Thanathornwong, B. (2018). Bayesian-based decision support system for assessing the needs for orthodontic treatment. *Healthcare informatics research*, 24(1), 22-28. 2018;24(1):22–8.
 28. Spampinato C., Palazzo S., Giordano D., Aldinucci M., Leonardi R. Deep learning for automated skeletal bone age assessment in X-ray images. *Med Image Anal.* 2017;36:41–51.
 29. Ribarevski R., Vig P., Dryland Vig K., Weyant R., O'Brien K. Consistency of orthodontic extraction decisions. *Eur J Orthod.* 1996;18(1):77–80.
 30. Xie X., Wang L., Wang A. Artificial neural network modeling for deciding if extractions are necessary prior to orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 2010;80(2):262–6.
 31. Leonardi R., Giordano D., Maiorana F. An evaluation of cellular neural networks for the automatic identification of cephalometric landmarks on digital images. *J Biomed Biotechnol.* 2009;2009:717102.
 32. Kim BS., Yeom HG., Lee JH., Shin WS., Yun JP., Jeong SH., et al. Deep learning-based prediction of paresthesia after third molar extraction: A preliminary study. *Diagnostics.* 2021;11(9):1–11.
 33. Zhang W., Li J., Li ZB., Li Z. Predicting postoperative facial swelling following impacted mandibular third molars extraction by using artificial neural networks evaluation. *Sci Rep.* 2018;8(1):1–9.
 34. Halicek M., Lu G., Little J V., Wang X., Patel M., Griffith CC., et al. Deep convolutional neural networks for classifying head and neck cancer using hyperspectral imaging. *J Biomed Opt.* 2017;22(6):060503.
 35. Poedjiastoeti W., Suebnukarn S. Application of convolutional neural network in the diagnosis of Jaw tumors. *Healthc Inform Res.* 2018;24(3):236–41.
 36. Patcas R., Bernini DAJ., Volokitin A., Agustsson E., Rothe R., Timofte R. Applying artificial intelligence to assess the impact of orthognathic treatment on facial attractiveness and estimated age. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2019;48(1):77–83.
 37. Patcas R., Timofte R., Volokitin A., Agustsson E., Eliades T., Eichenberger M., et al. Facial attractiveness of cleft patients: A direct comparison between artificial-intelligence-based scoring and conventional rater groups. *Eur J Orthod.* 2019;41(4):428–33.
 38. Sukegawa S., Yoshii K., Hara T., Matsuyama T., Yamashita K., Nakano K., et al. Multi-task deep learning model for classification of dental implant brand and treatment stage using dental panoramic radiograph images. *Biomolecules.* 2021;11(6).
 39. Kwak Y., Hieu Nguyen V., Hériveaux Y., Belanger P., Park j. Ultrasonic assessment of osseointegration phenomena at the bone-implant interface using convolutional neural network. *J Acoust Soc Am.* 2021;149(6):4337.
 40. Teh Lee C., Kabir T., Nelson J., Sheng S., Wan Meng H., Van Dyke T., et al. Use of the deep learning approach to measure alveolar bone level. *J Clin Periodontol.* 2022;49(3):260–9.
 41. Bayrakdar SK., Orhan K., Bayrakdar IS., Bilgir E., Ezhov M., Gusarev M., et al. A deep learning approach for dental implant planning in cone-beam computed tomography images. *BMC Med Imaging.* 2021;21(1):1–9.
 42. Adel S., Zaher A., El Harouni N., Venugopal A., Premjani P., Vaid N. Robotic Applications in Orthodontics: Changing the Face of Contemporary Clinical Care. *Biomed Res Int.* 2021;2021:9954615.
 43. Krois J., Ekert T., Meinhold L., Golla T., Kharbot B., Wittemeier A., et al. Deep Learning for the Radiographic Detection of Periodontal Bone Loss. *Sci Rep.* 2019;9(1):1–6.
 44. Lee JH., Kim DH., Jeong SN., Choi SH. Diagnosis and prediction of periodontally compromised teeth using a deep learning-based convolutional neural network algorithm. *J Periodontal Implant Sci.* 2018;48(2):114–23.
 45. Papantonopoulos G., Takahashi K., Bountis T., Loos BG. Artificial neural networks for the diagnosis of aggressive periodontitis trained by immunologic parameters. *PLoS One.* 2014;9(3):4–11.
 46. Cha JY., Yoon HI., Yeo IS., Huh KH., Han JS. Peri-implant bone loss measurement using a region-based convolutional neural network on dental periapical radiographs. *J Clin Med.* 2021;10(5):1–12.

47. Chang HJ., Lee SJ., Yong TH., Shin NY., Jang BG., Kim JE., et al. Deep Learning Hybrid Method to Automatically Diagnose Periodontal Bone Loss and Stage Periodontitis. *Sci Rep.* 2020;10(1):1–8.
48. Ahmad P., Alam MK., Aldajani A., Alahmari A., Alanazi A., Stoddart M., et al. Dental robotics: A disruptive technology. *Sensors.* 2021;21(10):1–15.
49. Baugh D., Wallace J. The role of apical instrumentation in root canal treatment: A review of the literature. *J Endod.* 2005;31(5):333–40.
50. Saghiri MA., Garcia-Godoy F., Gutmann JL., Lotfi M., Asgar K. The Reliability of artificial neural network in locating minor apical foramen: A cadaver study. *J Endod.* 2012;38(8):1130–4.
51. Saghiri MA., Asgar K., Boukani KK., Lotfi M., Aghili H., Delvarani A., et al. A new approach for locating the minor apical foramen using an artificial neural network. *Int Endod J.* 2012;45(3):257–65.
52. Ekert T., Krois J., Meinhold L., Elhennawy K., Emara R., Golla T., et al. Deep Learning for the Radiographic Detection of Apical Lesions. *J Endod.* 2019;45(7):917–922.e5.
53. Fukuda M., Inamoto K., Shibata N., Arijji Y., Yanashita Y., Kutsuna S., et al. Evaluation of an artificial intelligence system for detecting vertical root fracture on panoramic radiography. *Oral Radiol.* 2020;36(4):337–43.
54. Hiraiwa T., Arijji Y., Fukuda M., Kise Y., Nakata K., Katsumata A., et al. A deep-learning artificial intelligence system for assessment of root morphology of the mandibular first molar on panoramic radiography. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2019;48(3):1–7.
55. Revilla-León M., Gómez-Polo M., Vyas S., Barmak BA., Gallucci GO., Att W., et al. Artificial intelligence models for tooth-supported fixed and removable prosthodontics: A systematic review. *J Prosthet Dent.* 2021:1–17.
56. Paulus D., Wolf M., Meller S., Niemann H. Three-dimensional computer vision for tooth restoration. *Med Image Anal.* 1999;3(1):1–19.
57. Matin I., Hadzistevic M., Vukelic D., Potran M., Brajlilh T. Development of an expert system for the simulation model for casting metal substructure of a metal-ceramic crown design. *Comput Methods Programs Biomed.* 2017;146:27–35.
58. Wei J., Peng M., Li Q., Wang Y. Evaluation of a Novel Computer Color Matching System Based on the Improved Back-Propagation Neural Network Model. *J Prosthodont.* 2018;27(8):775–83. <https://doi.org/10.1111/jopr.12561>.
59. Zhang B., Dai N., Tian S., Yuan F., Yu Q. The extraction method of tooth preparation margin line based on S-Octree CNN. *Int j Numer Method Biomed Eng.* 2019;35(10):1–13.
60. Li H., Lai L., Chen L., Lu C., Cai Q. The prediction in computer color matching of dentistry based on GA+BP neural network. *Comput Math Methods Med.* 2015;2015.
61. Vera V., Corchado E., Redondo R., Sedano J., García ÁE. Applying soft computing techniques to optimise a dental milling process. *Neurocomputing.* 2013;109:94–104.
62. Li M., Xu X., Punithakumar K., Le LH., Kaipatur N., Shi B. Automated integration of facial and intra-oral images of anterior teeth. *Comput Biol Med.* 2020;122:103794.
63. Wang L., Wang D., Zhang Y., Ma L., Sun Y., Lv P. An automatic robotic system for three-dimensional tooth crown preparation using a picosecond laser. *Lasers Surg Med.* 2014;46(7):573–81.
64. Otani T., Raigrodski AJ., Mancl L., Kanuma I., Rosen J. In vitro evaluation of accuracy and precision of automated robotic tooth preparation system for porcelain laminate veneers. *J Prosthet Dent.* 2015;114(2):229–35.
65. Takahashi T., Nozaki K., Gonda T., Ikebe K. A system for designing removable partial dentures using artificial intelligence. *Off J Japan Prosthodont Soc.* 2021;65:115–8.
66. Xiao K., Zardawi F., Van Noort R., Yates JM. Color reproduction for advanced manufacture of soft tissue prostheses. *J Dent.* 2013;41(SUPPL.5).
67. Gang Jiang J., De Zhang Y. Motion planning and synchronized control of the dental arch generator of the tooth-arrangement robot. *Int J Med Robot.* 2013;9(1):94–102.
68. Lerner H., Mouhyi J., Admakin O., Mangano F. Artificial intelligence in fixed implant prosthodontics:

A retrospective study of 106 implant-supported monolithic zirconia crowns inserted in the posterior jaws of 90 patients. *BMC Oral Health*. 2020;20(1):1–16.

69. Yamaguchi S., Lee C., Karaer O., Ban S., Mine A., Imazato S. Predicting the Debonding of CAD/CAM Composite Resin Crowns with AI. *J Dent Res*. 2019;98(11):1234–8.



The Journal of Turkish Dental Research
Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi

e-ISSN: 2822-4310, Cilt 2, Sayı 3, Eylül - Aralık 2023
Volume , Number 3, September - December 2023

Sabit Protetik Restorasyonlarda Marjinal Adaptasyonun In Vitro Ölçüm Yöntemleri

In Vitro Measurement Methods of Marginal Adaptation in Fixed Prosthetic Restorations

Marjinal Adaptasyonun Ölçüm Yöntemleri

Ferruh Semir SMAİL¹, Hüseyin Emir YÜZBAŞIOĞLU²

¹Dr. Öğr. Üyesi, Bahçeşehir Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
Dişçilik Hizmetleri Bölümü,
İstanbul/Türkiye
ferruhsemir.smail@bau.edu.tr
ORCID: 0000-0001-5497-1804

²Prof. Dr., Bağımsız Araştırmacı, Klinisyen
İstanbul/Türkiye
emiryuzbasioglu@icloud.com
ORCID: 0000-0001-5348-6954

Makale Bilgisi / Article Information
Makale Türü / Article Types: Derleme / Review
Geliş Tarihi / Received: 29-08-2023
Kabul Tarihi / Accepted: 19-12-2023

Yıl / Year: 2023 | **Cilt – Volume:** 2 | **Sayı – Issue:** 3 | **Sayfa / Pages:** 288-293

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Ferruh Semir SMAİL

<https://doi.org/10.58711/turkishjdentres.vi.1351881>

Sabit Protetik Restorasyonlarda Marjinal Adaptasyonun In Vitro Ölçüm Yöntemleri

In Vitro Measurement Methods of Marginal Adaptation in Fixed Prosthetic Restorations

ÖZET

Hastalara uygulanan sabit restorasyonların temel amacı, hastanın oral dokularına zarar vermeden, eksik dokuların; fonksiyonunu, fonasyonunu ve estetiğini sağlamaktır. Sabit protezlerdeki temel başarı kriterlerinden biri marjinal uyumdur. Marjinal uyumun kabul edilebilir olması, restorasyonun klinik başarısını direkt olarak artırmaktadır. Uyumun ideal olmadığı restorasyonlarda dental plak birikimi oluşmakta, bağlantıyı sağlayan siman çözülme ve mikro sızıntılar meydana gelmektedir. Bu durum sonucunda destek dişlerin periodontal dokuları hasar görmekte, klinik ataçman kaybı yaşanmakta ve kemik kayıpları gerçekleşmektedir. Bu derleme çalışmasında, marjinal uyumu ölçme teknikleri değerlendirilmiştir. Bu teknikler içinde; fotoğrafçılık ile doğrudan görüş tekniği, kesit alma tekniği, replika yöntemi, profilometri, silikon ağırlığın ölçülmesi, spesifik yazılım ve üç boyutlu tarama ile kontrol etme, mikro- CT ve 3 boyutlu dijital değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı, bu ölçüm yöntemlerini hakkında bilgi vermek, vakaya özgü uygulanabilen ölçüm yöntemleri arasındaki kombinasyonları, yöntemlerin güvenilirliğini değerlendirmek, yöntemler arasındaki doğruluğu etkileyebilecek potansiyel faktörleri belirlemektir.

Anahtar Kelimeler: Marjinal uyum; Ölçüm Yöntemleri; In vitro; Sabit Restorasyonlar

ABSTRACT

The main purpose of fixed restorations is to provide function, phonation and aesthetics of the missing tissues without damaging the patient's oral tissues. One of the main success criteria for fixed prostheses is marginal fit. An acceptable marginal fit directly increases the clinical success of the restoration. In restorations where the fit is not ideal, dental plaque accumulation occurs, the cement that provides the connection dissolves and microleakages occur. As a result, periodontal tissues of the supporting teeth are damaged, clinical attachment is lost and bone loss occurs. In this review study, techniques for measuring marginal fit were evaluated. These techniques include; direct vision technique with photography, cross-sectioning technique, replica method, profilometry, measurement of silicone weight, checking with specific software and three-dimensional scanning, micro-CT and 3D digital evaluation methods. The aim of this study is to provide information about these measurement methods, to evaluate the combinations between measurement methods that can be applied case-specifically, to evaluate the reliability of the methods, and to identify potential factors that may affect the accuracy between methods.

Keywords: Marginal fitting; Measurement Methods; In vitro; Fixed Restorations

Giriş

Hastalara uygulanan sabit restorasyonların temel amacı, hastanın oral dokularına zarar vermeden, eksik dokuların; fonksiyonunu, fonasyonunu ve estetiğini sağlamaktır.¹ Sabit protezlerdeki temel başarı kriterlerinden biri marjinal uyumdur. Marjinal uyumun kabul edilebilir olması, restorasyonun klinik başarısını direkt olarak artırmaktadır.²

Restorasyonlarda ideal marjinal uyum için, restorasyonun marjinal bölgedeki bitim sınırı ile dayanak dişteki basamak sınırlarının birbirlerine adapte olması beklenir.³ Marjinal adaptasyonun ölçümü ise bu sınırlar arasındaki mesafenin ölçülmesi ile belirlenir.⁴ Restorasyonun yalnız marjinal aralığında değil, iç yüzeyinde de ölçümler yapılabilir. Preparasyon ile restorasyonun aksiyal duvarı arasındaki ölçüm “internal aralık” olarak adlandırılmaktadır. Ölçümler restorasyon kenarında yapıldığı zaman ise “marjinal aralık” olarak nitelendirilmektedir.⁵

Marjinal uyumun ideal olmadığı restorasyonlarda plak birikimi, mikro sızıntılar, sekonder çürük, pulpal rahatsızlıklar meydana gelir ve destek dişlerde periodontal harabiyet görülür. Klinik ataçman kaybı ve kemik rezorpsiyonu gerçekleşir.^{6,7} McLean ve Von Fraunhofer⁸, 120 µm'dan küçük olan marjinal aralığın klinik olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir.

Restorasyon ile diş arasındaki marjinal uyumsuzluklar; restorasyonun farklı noktalarından yapılan ölçümlerle belirlenebilir.⁴ Marjinal uyumu inceleme yöntemleri, temel olarak direkt ve indirekt inceleme yöntemleri olarak iki farklı başlıkta toplanır. Direkt yöntem herhangi bir araç olmadan gözleme dayalı iken, indirekt yöntemde ise genellikle bir ölçüm aracı tercih edilir. Bu teknikler; kesitlendirme, fotoğraflama, silikon replika, simantasyon sonrası epoksi replika, Profilometre, Mikro CT ve 3 boyutlu dijital değerlendirme eşliğinde yapılan ölçümlerdir.^{9,10}

Restorasyonlardaki marjinal uyum, protezin ağızda kalma süresini etkiler. Standardize edilmiş örneklerde, aynı ölçüm yöntemlerini kullanarak karşılaştırma yapılan farklı çalışmalarda birbirlerinin zıttı sonuçlar alınabilmekte, birinde mükemmel marjinal uyuma sahip olarak düşünülürken başka bir çalışmada klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içerisinde olmayabilmektedir.⁶

Bu incelemenin amacı, bu ölçüm yöntemlerini hakkında bilgi vermek, uygun görülen ölçüm yöntemleri arasındaki kombinasyonları değerlendirmek, yöntemlerin güvenilirliğini incelemek ve bu yöntemlerin arasındaki doğruluğu etkileyebilecek potansiyel faktörleri belirlemektir.

Marjinal Uyumu Ölçüm Teknikleri

Direkt Yöntem

Marjinal uyumun ölçümünde en sık kullanılan yöntemdir.⁶ In vivo olarak ölçüm imkanı sağlayan bu yöntem, gözleme dayalıdır. Bu yöntemde restorasyon ve destek dişin ağız içindeki konumları incelenerek belirlenir. Diğer tekniklere göre daha basit ve daha kısa sürede sonuçlanabilmekte ve diğer tekniklerde birden fazla işlemin neden olduğu hatalı sonuç verme olasılığını azaltabilir. Bununla beraber bir örnek üretmeye gerek kalmadığından maliyet olarak diğer tekniklere göre daha uygundur.

Genellikle direkt yöntemde, USPHS kriterleri tercih edilmektedir. Bu teknik sabit protezlerin restorasyonlarının klinikte kabul edilebilirliğini incelenmesi için kullanılır. Kriterlerde renk uyumu, marjinal renklenme, anatomik form ve sekonder çürük ile beraber restorasyonun marjinal uyumu incelenir.¹¹

USPHS kriterinde, gözle görülür herhangi bir açıklık olmaması ve sondun takıldığı bir yüzey olmaması alfa olarak, gözle az bir açıklık olması ve bu açıklığa sondun takılması bravo olarak, sondun dentine veya restorasyon tabanına doğru ilerleme göstmesi charlie, restorasyonun ise tamamiyle hareketli olması ise delta olarak adlandırılır. Alfa ideal restorasyonu, bravo klinik olarak kabul edilebilir restorasyonları belirtir. Bunların aksine charlie, çevre dokulara zarar verme halinde kısa sürede restorasyonun değişmesi gereken durumları ifade ederken, delta ise restorasyonun hemen değiştirilmesi gerektiği durumları ifade eder.¹²

USPHS sisteminden farklı olarak, kullanılan modifiye USPHS-Ryge sisteminde ise daha hassas bir ölçüm yapmak ve restorasyonun kabul edilebilirliğini incelenmesinden ziyade, restorasyonun klinik başarısını ölçülür. Bu teknik klinik olarak kabul edilebilir ve klinik olarak kabul edilemez olarak iki ayrı bölümde incelenir, ve her bir olguya puan verilir. Bu puanlama sistemi klinik

olarak kabul edilebilirler (+) artı olarak, kabul edilemeyecek durumda olan olgulara ise (-) eksi grup olarak gruplandırılır. Restorasyon uygun ve sond takılmıyor ise 0, sond takılıyor fakat boşluğa giremiyor ise 1, marjinde mine yüzeyi açıkta ise 2 puan, marjinde açıklık var ise ve dentin yüzeyi açıkta ise 3, restorasyon mobil, kırık veya eksik ise 4 puan verilir. Puanlama sistemi arttıkça restorasyonun başarısı düşmektedir.¹³

Direkt yöntemlerde hastadan alınan ölçümlerin tekrarlanabilmesi güçtür. Bu nedenle standardizasyonu oldukça düşüktür.¹⁴ Göz ile beraber sond yardımıyla yapılan bu ölçümler, indirekt tekniklere oranla daha kaliteli sonuçlar vermektedir. Bu değerlendirmeler insan gözünün algılayabildiği 60 mikrometre ile sınırlıdır.¹⁵ Bu nedenlerden ötürü indirekt yöntemler, direk yöntemlere oranla daha sık kullanılmaktadır.¹¹

İndirekt Yöntem

İndirekt yöntemlerin temel amacı, elde edilen marjinal uyum verilerinin depolanmasıdır. Tekrarlanabilir ve veriler başka çalışmalarda kullanılabilir. Elde edilen verilerin standardizasyonu direkt yöntemlere göre daha yüksektir. Ağız içi yapılan çalışmalarda meydana gelebilecek problemler in vitro olarak incelendiğinden ötürü daha farklı sonuçlar elde edilebilir.⁹

Genellikle kullanılan indirekt yöntemlerde yapılan gözlemler, alınan görüntüler eşliğinde elde edilir. Bu görüntüler; fotoğraflama, ışın mikroskopu veya scanning electron mikroskopu (SEM) eşliğinde yapılabilir. Fotoğraflama metodunda, hazırlanan bir düzenek eşliğinde DSLR fotoğraf makinasından görüntü alınırken, uygulaması basit ve maliyeti ucuzdur. Oluşan kontrast renk farklarından dolayı yüzeyleri incelemek oldukça basittir. Fakat özellikle görüntüler üzerinden ölçüm yapılacak yüzeylerde piksel hassasiyetinden ötürü, mikroskopta elde edilen görüntülerde daha hassas ölçümler yapılabileceği bildirilmiştir.¹¹ Yapılan çalışmalar sonucunda ise mikroskoplar incelendiğinde, SEM mikroskobundan alınan görüntülerin, ışık mikroskopa oranla daha başarılı olduğu belirtilmiştir.⁹

İndirekt yöntemlerde ölçüm yöntemleri iki farklı şekilde yapılabilir. Bunlar invaziv ve non-invaziv yöntemlerdir. İnvaziv yöntemlerde belirli yüzeylerde kesitler alınarak incelemeler yapılırken, non-invaziv yöntemlerde ise restorasyonun bir replikası yapılır ve gerekli ölçümler

bu replika üzerinden yapılır. Non-invaziv yöntemin en büyük avantajı örnekler herhangi bir zarar vermeden gözleme fırsatı sunar ve ileride yapılması planan çalışmalar için aynı örnekleri tekrar kullanmaya olanak sağlar. Örnekler incelenen yöntemlere göre dayanıklara simante edilebilir veya simante edilmeden, simanın film kalınlığı dikkate alınarak marjinal uyum incelenebilir.⁶

İndirekt yöntemlerde, kesit alma tekniği, silikon replika tekniği, üçlü tarama tekniği, mikro bilgisayarlı tomografi, optik tomografi ve CAD-CAM yazılımları kullanılarak ölçümler yapılabilir.

Kesit Alma Yöntemi

Örneklerden alınan kesitlerle beraber gözlemlene yapılan bu teknik, invaziv bir yöntemdir. Genellikle kaynağı belli olmayan çekilmiş dişler tercih edilse de, kesit alma sırasında zarar görmeyecek kuronlarda da tercih edilebilir. Siman kalınlığını ve marjinal uyumu, vertikal ve horizontal düzlemlerde inceleme fırsatı veren bu yöntem, ölçüm esnasında restorasyonu konumlandırma hatalarını da en aza indirger. Ölçümler ışık mikroskopu veya SEM yardımıyla incelenir.¹⁶ Fakat bu yöntemde, örnekler tekrar kullanılamaz hale gelir ve yalnızca elde edilen kesitlerdeki düzlemler incelenebilir.¹⁷

Silikon Replika Tekniği

Silikon replika tekniğinde, restorasyonların simantasyonuyla benzer protokol uygulanır. Temel olarak bu yöntem, protezin iç yüzeyine siman yerine silikon enjekte etmeyi hedefler. Diğer yöntemlere göre daha basit, maliyeti düşük bir yöntem olduğu için birçok çalışmada kullanılmıştır.¹⁸ Ancak kullanılan silikon ölçü malzemelerinin deforme olma ve yırtılma olasılığı vardır.¹⁹ Ek olarak, kesit alma tekniğine benzer olarak, silikon replika tekniğinde yalnızca iki boyutlu (2B) olarak analiz yapılabilir.²⁰

Uygulanmasında ise restorasyonun iç yapısı, düşük viskoziteli hafif gövdeli silikon malzeme ile doldurulur ve simantasyon prosedürünü simüle edecek şekilde uygulanır. Silikon reaksiyonu tamamlandıktan sonra, restorasyon yavaşça dayanak dişten çıkarılır ve restorasyonun içinden ince hafif gövdeli silikon filmi stabilize etmek için içine ağır gövdeli silikon enjekte edilir. Elde edilen silikon yapı istenilen bölgeden kesilerek, ölçüm yapılacak düzlemler silikon üzerinde elde edilir.⁶

Bazı araştırmacılar ise, silikonda meydana gelen deformiterler nedeniyle, bu yöntemde çeşitli modifikasyonlar yapmışlardır. Bunlardan en sık karşılaşılan deformite ise restorasyon uzaklaştırılırken düşük viskoziteli ölçü malzemesinde meydana gelen yırtıklar veya deformasyonlardır.²¹

Üçlü Tarama Tekniği

Üçlü tarama tekniğinde, alınan üç farklı tarama ile beraber verilerin analiz edilmesi oluşur. Tarayıcı ile öncelikle restorasyon, daha sonra dayanak diş, en son ise restorasyon simante edilerek dayanak diş ile beraber tarama yapılır. Bu alınan üç veri STL formatında 3 boyutlu olarak kaydedilir. Görüntüler üst üste çakıştırılarak, bir analiz programlarında gerekli incelemeler ve ölçümler yapılır.²²

Bu teknik her zaman tekrarlanabilir, radyoaktif olmayan bir yöntemdir. Non- invaziv olması nedeniyle çalışmalarda kullanılan örnekler zarar vermez. Bu teknikte bazı durumlarda tarama ve çakıştırma işlemlerinde oluşan hatalardan ötürü farklı sonuçlar verebilmektedir.²⁰

Mikro- Bilgisayarlı Tomografi

Bu teknikte, radyografik görüntüleme kullanılarak protezin iç ve marjinal uyumu ölçülür. Bu yöntemin avantajları arasında yüksek çözünürlük ve 3D görüntüler elde ederek, istenen mesafeleri ölçme yeteneği bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemin dezavantajları arasında artefaktların varlığı nedeniyle metal altyapılı protezleri ölçmek zordur ve ölçümler sırasında radyasyona maruz kalma riski mevcuttur. Bu teknikte görüntüler Tag Image File Format (TIFF) verisi olarak elde edilir. Elde edilen görüntüler bilgisayar destekli programlar eşliğinde istenilen düzeylerde 3 boyutlu görüntüyü dilimleyerek 2 boyutlu görüntüler oluşturur. Oluşan 2 boyutlu görüntüler arasında uzunluk ölçümü yapılarak marjinal uyum belirlenir.²⁰

Optik Bağdaşımli Tomografi

Eş fazlı ışık kullanarak optik saçılma ortamında daha yüksek çözünürlüklü 2D veya 3D görüntüler için kullanılan bir ölçüm yöntemidir. Genellikle in vivo araştırmalar için kullanılan gerçek zamanlı olarak daha yüksek çözünürlüklü görüntülerin elde edilmesine izin verme avantajına sahip, tahribatsız, radyolojik olmayan bir yöntemdir. Öte yandan, dezavantajı ise çok kalın veya optik opak malzemelerin ölçülmesi oldukça zordur. Üçlü tarama

tekniki ve mikro- bilgisayarlı tomografi tekniğinde olduğu gibi optik tomografi tekniğinde de hem 2 boyutlu hem de 3 boyutlu görüntü elde etmek mümkündür.^{23,24} Alınan görüntüler analiz programları eşliğinde, restorasyonların marjinal uyum değerleri ölçülür.

CAD/CAM Sistemleri

Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesiyle beraber, bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) teknolojisi, protetik restorasyonlar için yaygın bir üretim tekniği haline gelmiştir.²⁵ Bu restorasyon üretim tekniği belirli yazılımlar ile beraber uygulanmaktadır. Yaygınlaşan CAD/CAM teknolojilerinde kullanılan yazılımlar yalnızca tasarım ve üretim için değil aynı zamanda ağız içi sert ve yumuşak dokuların analizi içinde kullanılmaktadır. Analizler; hacimsel (3 boyutlu) veya kesitsel (2 boyutlu) olarak yapılabilir.

Bu teknikte ilk olarak, ağız içi tarayıcı ile beraber dayanak diş taranır. Taranan diş dokusu programa kaydedilerek, ölçülmesi hedeflenen restorasyon dişe yerleştirilip simantasyon yapılır. Simante edilen restorasyon tekrar taranarak, oluşan iki görüntü çakıştırılarak, restorasyonun marjin hattındaki ölçüm gerçekleştirilir.²⁶

Sonuç

Sabit restorasyonların ağızda kalma süresini doğrudan etkileyen marjinal uyumun ölçme yöntemleri üzerinde literatürde herhangi bir fikir birliği yoktur. Kullanılan metodların farklılığı nedeniyle marjinal uyum değerleri farklı sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle test edilecek materyale özgü en uygun metodu seçip, en az iki farklı yöntem ile beraber değerlendirmek, çalışmanın güvenilirliğini arttıracaktır.

Kaynaklar

1. Rosenstiel, S.F., Land, M.F. and Fujimoto, J. (2006) Contemporary fixed prosthodontics. 4th Edition, Mosby, St Louis, 323-327.
2. Goldin EB, Boyd NW 3rd, Goldstein GR, Hittelman EL, Thompson VP. Marginal fit of leucite-glass pressable ceramic restorations and ceramic-pressed-to-metal restorations. J Prosthet Dent. 2005;93(2):143-147. doi:10.1016/j.prosdent.2004.10.023
3. Shillingburg H.T, Hobo S, Whitsett LD et al. Fundamentals of Fixed Prosthodontics, III. Baskı, Carol Stream (IL), Quintessence, ABD, 2003, 85- 103, 142-154, 455.
4. Holmes JR, Bayne SC, Holland GA, Sulik WD. Considerations in measurement of marginal fit. J Prosthet Dent. 1989;62(4):405-408.
5. Conrad HJ, Seong WJ, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. J Prosthet Dent. 2007;98(5):389-404.
6. Nawafleh NA, Mack F, Evans J, Mackay J, Hatamleh MM. Accuracy and reliability of methods to measure marginal adaptation of crowns and FDPs: a literature review. J Prosthodont. 2013;22(5):419-428.
7. Knoernschild KL, Campbell SD. Periodontal tissue responses after insertion of artificial crowns and fixed partial dentures. J Prosthet Dent. 2000;84(5):492-498.
8. McLean JW, von Fraunhofer JA. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. Br Dent J. 1971;131(3):107-111.
9. Metiner, C. , Türker, Ş. B. & Keleş, M. A. (2019). Sabit Protetik Restorasyonlarda Marjinal Adaptasyon . European Journal of Research in Dentistry , 3 (1) , 35-43.
10. Zimmermann M, Valcanaia A, Neiva G, Mehl A, Fasbinder D. Influence of Different CAM Strategies on the Fit of Partial Crown Restorations: A Digital Three-dimensional Evaluation. Oper Dent. 2018 Sep/Oct and 9., 43(5):530-538.
11. Anusavice KJ. Standardizing failure, success, and survival decisions in clinical studies of ceramic and metal-ceramic fixed dental prostheses. Dent Mater 2012; 28:102-1.
12. Büyükdere, A. K. & Sertgöz, A. (2016). Sabit Protetik Restorasyonların İn Vivo Çalışmalar İle Değerlendirilmesi . Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi , 25 (13),0-0.
13. Bindl A, Mörmann WH. An up to 5-Year Clinical Evaluation of Posterior In-Ceram CAD/CAM Core Crowns Int J Prosthodont 2002, 15:451-6.
14. Contrepolis, M., Soenen, A., Bartala, M., & Laviolle, O. (2013). Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. The Journal of prosthetic dentistry, 110(6), 447–454.e10.
15. Ushivata O, Moraes JV. Method for marginal measurement of restorations: accessory device for toolmakers microscope. J Prosthet Dent. 2000, 83:362-6.
16. Good M, Mitchell C, Pintado M, et al: Quantification of all-ceramic crown margin surface profile from try-in to 1-week post-cementation. J Dent 2009; 37:65-75.
17. Mitchell CA, Pintado MR, Douglas WH: Nondestructive, in vitro quantification of crown margins. J Prosthet Dent 2001; 85:575-584).
18. Han HS, Yang HS, Lim HP, et al: Marginal accuracy and internal fit of machine-milled and cast titanium crowns. J Prosthet Dent 2011;106:191-197
19. Laurent M, Scheer P, Dejou J, et al: Clinical evaluation of the marginal fit of cast crowns validation of the silicone replica method. J Oral Rehabil 2008;35:116-122
20. Son K, Lee S, Kang SH, et al. A Comparison Study of Marginal and Internal Fit Assessment Methods for Fixed Dental Prostheses. J Clin Med. 2019; 8(6):785.
21. Wolfart S, Wegner SM, Al-Halabi A, et al: Clinical evaluation of marginal fit of a new experimental all-ceramic system before and after cementation. Int J Prosthodont 2003; 16:587-592.
22. Schaefer O, Kuepper H, Thompson GA, Cachovan G, Hefi AF, Guentsch A. Effect of CNC-milling on the marginal and internal fit of dental ceramics: a pilot study. Dent Mater. 2013; 29(8):851-858.
23. Pahlevaninezhad, H.; Khorasaninejad, M.; Huang, Y.W.; Shi, Z.; Hariri, L.P.; Adams, D.C.; Ding, V.; Zhu, A.; Qiu, C.W.; Capasso, F. Nano-optic endoscope for high-resolution optical coherence tomography in vivo. Nat. Photonics 2018, 12, 540.
24. Monteiro, G.Q.; Montes, M.A.; Gomes, A.S.; Mota, C.C.; Campello, C.C.; Freitas, A.Z. Marginal analysis of resin composite restorative systems using optical coherence tomography. Dent. Mater. 2011, 27, e213–e223.
25. Mörmann WH. The evolution of the CEREC system. J Am Dent Assoc. 2006;137 Suppl:7S-13S. doi:10.14219/jada.archive.2006.0398

26. Schlenz, M.A., Vogler, J.A.H., Schmidt, A. et al. Chairside measurement of the marginal and internal fit of crowns: a new intraoral scan-based approach. Clin Oral Invest 24, 2459–2468 (2020).

BU SAYININ HAKEMLERİ / Referees of This Issue

Prof. Dr. Gözlem CEYLAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Prof. Dr. Doğu mr DEDE

Ordu Üniversitesi

Doç Dr. Aslıhan Zeynep Z

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Prof. Dr. İlknur VELİ

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

Doç. Dr. Bilal ÖZMEN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Prof. Dr. Nihal BELDÜZ KARA

Ordu Üniversitesi

Prof. Dr. Şafak KÜLÜNK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Prof. Dr. Gulfem ERGUN

Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Mehtap MUğLALI

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Doç. Dr. Elif BİLGİR

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Prof. Dr. Tolga KÜLÜNK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Doç. Dr. Işıl SARIKAYA

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

TÜRK DİŞ HEKİMLİĞİ ARAŞTIRMA DERGİSİ

Yazım Kuralları

Yayın İlkeleri

- Makaleler orijinal olmalı ve daha önce başka bir yerde yayımlanmamış olmalıdır.
- Editör(ler) veya yayıncı, bu yayında reklamı yapılan herhangi bir ürün veya hizmeti garanti veya tasdik etmemektedir.
- Telif hakkıyla korunan materyalde yer alan doğrudan alıntılar, tablolar veya resimler, kullanımları için telif hakkı sahibi ve yazarlarından alınan ilgili izinlerle birlikte verilmelidir.

Turkish J Dent Res yayımlanan yazılarda yer alan ifadeler veya görüşler, editörlerin, yayın kurulunun veya yayıncının görüşlerini değil, yazar(lar)ın görüşlerini yansıtmaktadır. Editörler, yayın kurulu ve yayıncı bu türde materyaller için herhangi bir sorumluluk veya yükümlülük kabul etmemektedir. Yayımlanan içerikle ilgili nihai sorumluluk yazarlara aittir.

MAKALE GÖNDERME

The Journal of Turkish Dental Research Dergisine makale gönderilmesi, tüm yazarların, derginin yayım politikalarını ve yayım etiğini okuduğu ve kabul ettiği anlamına gelir.

The Journal of Turkish Dental Research / Türk Diş Hekimliği Araştırmaları dergisine makale göndermek için <https://dergipark.org.tr/tr/pub/turkishjdentres> bağlantısını tıklayınız. (Yalnızca bu yolla gönderilen makaleler işleme alınmaktadır). Makalelerinizle ilgili tüm işlemleri de bu adresten takip edebilirsiniz.

YAZININ HAZIRLANMASI

Ana Metin: Yazarların, materyallerini göndermeden önce aşağıdaki ilkelere uymaları gerekir.

Makale 12 punto, çift satır aralıklı, tüm kenarlarda 2 cm boşluk olacak şekilde, Times New Roman yazı karakteri ile hazırlanmış bir Word belgesi olarak gönderilmelidir. Yazılar PDF formatında gönderilmemelidir. Sayfa numaraları sayfanın altında ortada yer almalı ve kapak sayfasına numara yazılmamalıdır.

Ön Yazı: Gönderiye bir ön yazı eklenmeli ve sorumlu yazarın tüm iletişim bilgileri (bağlı olduğu kuruluş, posta adresi, e-posta adresi ve telefon numarası) belirtilmelidir.

Kapak Sayfası: Bu sayfada makalenin içeriğine uygun açık ifadeli Türkçe ve İngilizce başlık yer almalıdır. Başlıkta, bağlaçlar dışında her kelime büyük harfle başlamalıdır.

Yazar(lar)ın adları ve soyadları başlığın alt ve ortasında bulunmalı, soyadları büyük harfle yazılmalıdır.

• Yazarların akademik unvan(lar)ı, çalıştıkları kurumların adları, soyadının sonuna konulacak semboller (uluslararası sembol sistemine göre *, †, ‡, ††, #, §, ¶, **, vb) birinci sayfanın (başlık sayfası) altında not edilmiştir. Yazarların ORCID numaraları mutlaka yazılmalıdır.

• Başlık sayfasına beş kelimeyi geçmeyecek şekilde Kısa Başlık yazılmalıdır.

• Makale ile ilgili olarak yazışmaların yapılacağı İletişim Adresinde yazarın adres, telefon numarası ve e-mail adresi belirtilmelidir.

• Çalışma, herhangi bir bilimsel toplantıda sunulmuşsa, bilimsel etkinliğin adı, tarihi, yeri ve sunum şekli, ayrıca bir kurum veya kuruluş tarafından desteklenmişse bu durum sayfa sonunda belirtilmelidir.

Özet: Aynı sayfalarda olmak üzere Türkçe ve İngilizce olarak hazırlanmalı, araştırma ve derlemeler 250, olgu sunumları için 100 sözcükten fazla olmamalıdır.

Türkçe özet; Amaç, Gereç (Birey) ve Yöntem, Bulgular ve Sonuç; **İngilizce özet (Abstract);** 'Aim', 'Material (Subjects) and Methods', 'Results' ve 'Conclusion' bölümlerinden oluşmalıdır.

Bu bölümler satır başlarında koyu yazı ile ilk harfleri büyük olacak şekilde yazılmalıdır.

Derleme ve olgu sunumlarının özetlerinde tüm bölümlerin olmasına gerek yoktur.

Anahtar Kelimeler: Türkçe ve İngilizce özetlerin sonunda en az üç, en fazla beş anahtar kelime "Dental Index" ve "Index Medicus"a uygun olarak yazılmalıdır. Sözcükler birbirinden noktalı virgül (;) ile ayrılmalıdır.

Kısaltmalar: Özetlerde ve başlıklarda gerekmedikçe kısaltma kullanılmamalıdır.

Dergide kullanılan kısaltmalar, ulusal veya uluslararası kabul görmüş olmalı, ilk kullanıldığında metin içinde tanımlanmalı ve parantez içinde yazılmalıdır. Daha sonra metin boyunca o kısaltma kullanılmalıdır.

MAKALE KATEGORİLERİ

Orijinal Makaleler

Orijinal makaleler, orijinal araştırmaya dayalı yeni bilgiler sağlamalıdır. Ana metin "Giriş, Gereç ve Yöntemler, Bulgular, Tartışma, Sonuç, Çıkar Çatışması, Yazar Katkıları ve Katkı Oranları" alt başlıkları ile yapılandırılmaktadır.

Giriş: Bu bölümde çalışmanın neden veya niçin yapıldığı ve çalışmanın amacının ne olduğu sorularına açık yanıtlar verilmeli ve çalışmanın hipotezi belirtilmelidir.

Gereç ve Yöntem: Bu bölümde çalışmanın gereç ve yöntemi tanımlanmalı, deneysel düzenek ve istatistiksel yöntem açık olarak anlatılmalıdır. Kullanılan materyal ve cihazların ticari isimleri, üretici firma adı ve menşei parantez içinde belirtilmelidir. Örnek: Dental alçı (Fujirock OptiXscan, GC, Leuven, Belçika).

İstatistiksel Değerlendirme: İstatistiksel testler, Gereç ve Yöntemler bölümünde kısaca belirtilmelidir (örneğin ANOVA veya Fisher kesin testi). Bu tür bir açıklama, özellikle yaygın olmayan istatistiksel testler ve yöntemler için orijinal literatüre uygun kaynakları içermelidir. Yazılarda, p değerleri açıkça verilmelidir (örneğin p=0,025; p=0,524). Normal olarak dağıtılmış veri ve medyanlar için ortalama ve standart sapma (SS) ve normal olmayan veriler için asgari-azami değerler, aralıklar (R) veya çeyrekler açıklığı (IQR) kullanılmalıdır. İşleme alınan makaleler, gerek görülmesi hâlinde biyoistatistik editörü tarafından kontrol edilmektedir. Makalelerin biyoistatistiksel kurallara uygunluğu yazarların sorumluluğundadır.

Bulgular: Bu bölümde, elde edilen bulgular açık ve kısa bir şekilde sunulmalıdır. Bu amaçla tablo, grafik, şekil ve resimler kullanılabilir.

Tartışma: Bu bölümde, giriş bölümünün tekrarı yapılmadan ve çok fazla kısaltma kullanılmadan, bulguların önemi güncel literatürlerle desteklenerek belirtilmelidir.

Sonuç: Bu bölümde çalışmanın sonuçları doğrultusunda veri tekrarı yapılmadan elde edilen çıkarımlar vurgulanmalıdır.

Kaynaklar: Kaynaklar, metindeki geçiş sıralarına göre numaralandırılmaktadır ve cümle sonundaki noktalama işaretlerinden hemen sonra "Üst Simge" olarak belirtilmelidir. Dergi isimleri, Index Medicus'ta kullanılan formata göre kısaltılmalıdır. Tüm kaynaklar (kitap, dergi vb.), Uluslararası Tıp Dergisi Editörleri Komitesi-Biyomedikal Dergilere Gönderilen Makalelerde Bulunması Gerekli Standartlar [International Committee of Medical Journal Editors-Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals (<http://www.nlm.nih.gov>)(https://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html)] kurallarına göre yazılmalıdır. PubMed PMID alıntıları için PubMed veri tabanından alınan referansların sonuna PubMed PMID numaraları eklenmelidir.

Kongre bildirimleri, kişisel deneyimler, yayımlanmamış tezler kaynak olarak gösterilemez ancak makalede bahsedilebilir.

Kaynak yazımında dikkat edilecek kurallar:

Dergiler: Yazar(lar)ın soyadı, ad(lar)ının ilk harfi, makale adı, dergi adı ("Index Medicus"ta verilen listeye göre kısaltılmalıdır), yılı, cilt numarası, ilk ve son sayfa numarası yazılmalıdır.

Tulga A, Saraç D. Effects of Dentin Surface Treatments on Hypersensitivity to Bond Strength of Restorations: An In Vitro Study. Int J Periodontics Restorative Dent. 2015;35:66-74.

Kitaplar: Yazar(lar)ın soyadı, ad(lar)ının ilk harfi, kitabın adı, kaçınca baskı olduğu, yayımlandığı yer, yayınevi, yıl, ilk ve son sayfa numarası yazılmalıdır.

Anusavice KJ, Shen C, Ralph Rawls H. Philips' Science of Dental Materials. 12th ed. USA: Elsevier-Saunders, 2013, 257-60.

Kitap bölümü: İlgili bölüm yazar(lar)ının soyadı, ad(lar)ının ilk harfi, ilgili bölüm adı, editörün (editörlerin) soyadı, ad(lar)ının ilk harfi, kitabın adı, yayımlandığı yer, yayınevi, yıl, ilk ve son sayfa numarası yazılmalıdır.

Bayne SC, Taylor DF. Dental materials. In: Sturdevant CM, Roberson TM, Heymann HO, Sturdevant JR, eds. The art and science of operative dentistry. 3th ed. St. Louis: Mosby- Year Book. Inc; 1995:206-87.

Elektronik dergi makalesi:

Gage BF, Fihn SD, White RH. Management and dosing of warfarin therapy. Am J Med. 2000;109(6):481-8. PMID: 11042238.

Baskıdan önce çevrim içi olarak yayımlanan dergi makalesi:

Doğan GM, Sığırcı A, Akyay A, Uğuralp S, Güvenç MN. A Rare Malignancy in an Adolescent: Desmoplastic Small Round Cell Tumor. Türkiye Klinikleri J. Case Rep. 10.5336/caserep.2020-77722. Published online: 31 December 2020.

Dergi eki:

Lagios MD. Evaluation of surrogate endpoint biomarkers for ductal carcinoma in situ. J Cell Biochem. 1994;19(Suppl):186-8. PMID: 7823590.

Dergi sayısının bölümü:

Newman KM, Jean-Claude J, Li H, Ramey WG, Tilson MD. Cytokines that activate proteolysis are increased in abdominal aortic aneurysms. Circulation. 1994;90(5 Pt 2):II224-7. PMID: 7955258.

Kitaplar

Yazar ve editörü aynı ise:

Demirkılıç U. Ekstrakorporal Dolaşım. 2. Baskı. Ankara: Ortadoğu Reklam Tanıtım A.Ş.; 2021.

Yazar ve editörü farklı ise:

Keleş E. Allerjik rinit fizyopatolojisi. Keleş N, editör. KBB Uzman Serisi 1: Allerjik Rinit. 1. Baskı. Ankara: Ortadoğu Reklam Tanıtım A.Ş.; 2018. p.13-23.

Çeviri kitap ise:

Davila GW, Ghoniem GM, Wexner SD, eds. Seçkin B, Ergen A, Aydur E, İnci K, çeviri editörleri. Pelvik Taban Disfonksiyonu: Multidisipliner Bir Yaklaşım. 1. Baskı. Ankara: Ortadoğu Reklam Tanıtım Yayıncılık A.Ş.; 2008. p.109-12.

Tez kaynağı:

Tez yazarı. Tez başlığı [Tez türü]. Şehir adı: Üniversite adı; Yıl. [Erişim tarihi]. Erişim linki

Ana sayfa/Web sitesi

Dijital Akademi [İnternet]. Ortadoğu Reklam Tanıtım Yayıncılık Turizm Eğitim İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. ©2021 [Erişim tarihi: 28 Ocak 2021]. Erişim linki: <https://dijitalakademi.turkiyeklinikleri.com>

Bir ana sayfanın/Web sitesinin bölümü ise:

Dijital Akademi [İnternet]. Ortadoğu Reklam Tanıtım Yayıncılık Turizm Eğitim İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. ©2021 [Erişim tarihi: 28 Ocak 2021]. Tüm yayınlar.

Erişim linki: <https://dijitalakademi.turkiyeklinikleri.com/tum-yayinlar/tr-index.html>

Tablolar: Makale içindeki geçiş sıralarına göre Romen rakamı ile numaralandırılmalıdır. Metin içerisinde de yerleri belirtilmelidir. Her tablo ayrı bir sayfaya yazılmalı, her biri ayrı bir başlık taşınmalıdır. Tablolar MS Word belgesi şeklinde olmalıdır. Tablolar tek başlarına anlamlı olmalı ve metni tekrarlamamalıdır. Daha önce yayımlanmış olan bilgi veya tabloların kaynağı, ilgili tablonun altına iliştirilen bir dip not ile belirtilmelidir.

Resim ve Şekil Alt Yazıları: Resim ve şekiller metinde geçiş sırasına göre numaralandırılmalı ve metin içerisinde yerleri belirtilmelidir. Resim ve şekil alt yazıları makalenin sonunda ayrı bir sayfada verilmelidir. Resim veya şekillerde kullanılan sayı, sembol ve harflerin anlamı açık bir şekilde belirtilmelidir. Histolojik kesit fotoğraflarında büyütme ve boyama tekniği belirtilmelidir.

Resim ve şekiller: Tüm görüntüler (grafik, çizim, fotoğraflar veya radyograflar) şekil olarak birbirini takip edecek şekilde arabik sayılarla (1, 2, 3...) numaralandırılmalıdır. Elektronik olarak oluşturulmuş şekillerde en düşük çözünürlük 300 dpi ve JPG formatında ve en az 5 inç (12,7 cm) genişliğinde olmalıdır. Şekiller ayrıntıları görülecek derecede kontrasta sahip olmalı ve net olmalıdır. Resim ve şekiller word belgesi içine yerleştirilmemeli, ayrı dosya olarak gönderilmelidir. Metnin geri kalanı gibi şekillerde de çift-kör kuralına uyulmalıdır. Görsellerde, bir kişiyi veya kurumu işaret edebilecek her türlü bilgi gizlenmelidir.

Derleme Makaleleri

Dergi, 3 tür derleme makalesini ele alacaktır. Derleme türü başlıkta be-

lirilmelidir. Makalelere ilişkin sınırlamalar için lütfen Tablo 1'e bakınız.

• Sistematik Derlemeler (metaanaliz içermeyen): Yılları kapsayan, çoklu veri tabanları kullanarak literatürün eksiksiz bir sistematik taramasını ve alıntı yapılan kanıtların kalitesinin derecelendirilmesini gerektirir. Metaanaliz içermeyen sistematik derlemeler, "Derlemeler" olarak yayımlanır; metaanalizi olanlar ise "Orijinal Araştırmalar" olarak yayımlanır.

• Tanı ve Tedavideki Gelişmeler: Burada da literatürün eksiksiz bir sistematik taraması gereklidir. Fakat sadece son beş yılda yayımlanmış olanlar taranmalıdır. Kanıtların kalitesinin değerlendirilmesi tavsiye edilmekle birlikte bu şart değildir.

• Geleneksel Derlemeler: Titiz bir literatür araştırması gerektirmez ancak kanıtlara dayanmalı ve alanında önde gelen uzmanlar tarafından yazılmalıdır.

Yapısı: Özet, İlgili konulardaki başlıklar, Çıkar Çatışması ve Yazar Katkıları, Kaynaklar

Olgu Sunumları

Önceden belgelenmemiş bir hastalığa dair kısa açıklamalar, bilinen bir hastalığa dair daha önce rapor edilmemiş özgün bir manifestasyon veya tedavi ya da tedavi rejimlerinin daha önce bildirilmemiş özgün komplikasyonlarını içeren bilimsel yazılardır. Makalelere ilişkin sınırlamalar için lütfen Tablo 1'e bakınız.

Yapısı: Özet, Giriş, Birey ve Yöntem, Tartışma, Çıkar Çatışması ve Kaynaklar

Düzeltilme: Yazar, bir makalenin öneriler doğrultusunda düzeltilmiş bir versiyonunu gönderirken, hakemler tarafından sorulan her sorunun nasıl ele alındığını, nerede bulunabileceğini (her hakemin yorumu, ardından yazarın yanıtı ve değişikliklerin yapıldığı satır numaraları) ve ayrıca ana belgenin açıklamalı bir kopyasını detaylıca belirten "Hakemlere Yanıt" sunmalıdır. Düzeltilen yazılar, karar mektubu tarihinden itibaren 30 gün içinde teslim edilmelidir. Makalenin düzeltilmiş hâli verilen süre içerisinde teslim edilmediği takdirde düzeltme seçeneği iptal edilebilir.