



YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

FARKLI REZİN MATRİKS
SERAMİKLERLE ÜRETİLEN ENDOKRON
RESTORASYONLARIN MARJİNAL
UYUMLARININ VE KIRILMA
DİRENÇLERİNİN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

Diş Hekimi Burak MERTSÖZ

Lefkoşa

Şubat, 2024

BURAK MERTSÖZ

FARKLI REZİN MATRİKS SERAMİKLERLE
ÜRETİLEN ENDOKRON RESTORASYONLARIN
MARJİNAL UYUMLARININ VE KIRILMA
DİRENÇLERİNİN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

2024



**YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI REZİN MATRİKS
SERAMİKLERLE ÜRETİLEN ENDOKRON
RESTORASYONLARIN MARJİNAL
UYUMLARININ VE KIRILMA
DİRENÇLERİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Diş Hekimi Burak MERTSÖZ

Tez Danışmanı

Prof. Dr. M. Mutahhar ULUSOY

Tez Eş Danışmanı

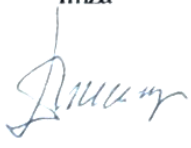




Doç. Dr. Salim ONGUN

Lefkoşa

Şubat, 2024

Onay

Dt. Burak Mertsöz tarafından hazırlanan “Farklı Rezin Matriks Seramiklerle Üretilen Endokron Restorasyonların Marjinal Uyumlularının Ve Kırılma Dirençlerinin İncelenmesi” başlıklı tez, kapsam ve nitelik açısından kalite standartlarına uygunluğu ile ilgili Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalında Doktora Tezi olarak 06.02.2024 tarihinde kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Adı – Soyadı	İmza
Jüri Başkanı/ Danışman:	Prof. Dr. M. Mutahhar ULUSOY Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Sedat Hakan TERZİOĞLU Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Simge TAŞAR FARUK Lefke Avrupa Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Özay ÖNÖRAL Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Burcu GÜNAL ABDULCELİL Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	

Anabilim Dalı Başkanı Onayı

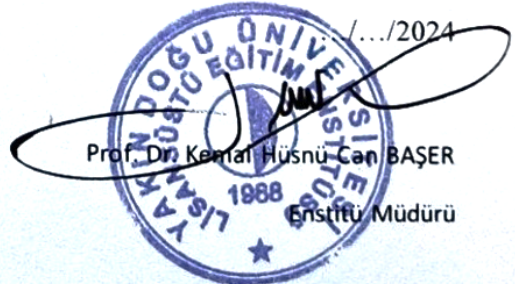
06.02.2024

Prof. Dr. M. Mutahhar ULUSOY
Anabilim Dalı Başkanı

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. Kemal Hüsnü Can BAŞER
Enstitü Müdürü

1.../2024



Etik İlkelerine Uygunluk Beyanı

Bu tezin içinde sunduğum verileri, bilgileri ve belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi; tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu; çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kurallar gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Dt. Burak MERTSÖZ

06/02/24

Teşekkür

Doktora eğitimim boyunca mesleğe ve hayata dair tecrübelerini benimle paylaşan, tez çalışmamda ve başımın sıkıştığı her anda; destek olup yönlendiren, bana babadan farksız yaklaşan danışman hocam sayın Prof. Dr. Mutahhar ULUSOY'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu fakülteye öğrenci olarak geldiğim ilk günden beri değerli bilgi ve tecrübelerini her fırsatta bana aktaran, doğru yolu gösteren, beni hiç bir zaman geri çevirmeyip her zaman yardımcı olan, bu tezin şekillendirmesinde katkısı bulunan doktora eğitimim süresince öğrendiğim çoğu şeyin yol göstericisi olan, beni her zaman doğru yolda tutan, üstümde buraya sığdıramayacağım kadar çok emeği olan ablam gibi gördüğüm Doç. Dr. Burcu GÜNAL'a ve abilerim olarak gördüğüm Doç. Dr. Özay ÖNÖRAL'a ve Doç. Dr. Salim ONGUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Değerli vakitlerini ayırıp tez jürimde bulunan Prof. Dr. Hakan TERZİOĞLU'na ve Doç. Dr. Simge TAŞAR FARUK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve doktora eğitimim boyunca her zaman dikkatle dinleyip örnek aldığım ve bana verdiği sorumluluk ve güven sayesinde kazandığım özgüven için Prof. Dr. Sevcan KURTULMUŞ YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim süresince her zorluğu birlikte göğüslediğimiz, imkanları olduğu her vakit yanımda olan, derdimi dinleyip akıl veren şakaları ile akademiye sevdiren değerli arkadaşlarım Semih ARKOY'a, Delal Bozyel'e ve eski oda arkadaşlarım Suzan UĞUR ve Cemil BİRAND'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim süresinde hep yanımda olan bana abilik yapan ve kazandırdığı disiplin ve özgüvenden dolayı Yrd. Doç. Dr. Ammar KAYSSOUN'a teşekkürlerimi sunarım.

Doktora eğitimim süresince bana verdikleri neşe, enerji ve desteklerinden dolayı asistan arkadaşlarıma, danışmadaki ablalarıma, protez laboratuvarındaki abilerime, kısaca TÜM PROTEZ AİLEME sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bana her konuda destek olan, sevgi ve desteğini her zaman yanımda hissettiğim başta nişanlım Gökçe IŞIK'a, beni bugünlere getiren aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dt. Burak Mertsöz

Özet

Farklı Rezin Matriks Seramiklerle Üretilen Endokron Restorasyonların Marjinal Uyumlarının Ve Kırılma Dirençlerinin İncelenmesi

Mertsöz, Burak

Prof. Dr. Muhammed Mutahhar Ulusoy

Doç. Dr. Salim Ogun

Doktora, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Şubat 2024, 125 Sayfa

Bu çalışmanın amacı, farklı rezin-matriks seramiklerinden (RMS) üretilen endo-kron restorasyonlarının kırılma direnci ve marjinal uyumunu değerlendirmek ve bu materyallerin marjinal uyumu ve kırılma direnci üzerine etkilerini incelemektir. 3 adet frasco maksiller birinci premolar diş, üç farklı marjin konfigürasyonu (butt-joint, heavy chamfer ve heavy shoulder) uygulanmıştır ve marjin konfigürasyonuna göre 3 gruba ayrılmıştır. Her grup, kullanılan restoratif materyalin türüne göre (Ambarino High Class [AHC], Voco Grandio [VG], Brilliant Crios [BC] ve Shofu [S]) dört alt gruba ayrılmıştır (n=30). Ekstraoral tarayıcı kullanılarak ana modeller elde edilmiştir ve frezeleme makinesi ile üretilmiştir. Marjinal aralık değerlendirmesi, bir stereomikroskop kullanılarak silikon replika tekniği ile yapılmıştır. Modellerin replikaları (n=120), epoksi rezin kullanılarak üretilmiştir. Restorasyonların kırılma direnci, bir evrensel test cihazı kullanılarak kaydedilmiştir. Veriler iki yönlü ANOVA ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir ve her grupta t-testi uygulanmıştır. Anlamlı farklılıkları karşılaştırmak için Tukey post-hoc testi yapılmıştır ($p \leq 0.05$). En yüksek marjinal aralık VG'de gözlenirken, en iyi marjinal uyum ve en yüksek kırılma direnci BC'de tespit edilmiştir. Butt-joint marjin konfigürasyonundaki en düşük kırılma direnci S'de tespit edilmiştir. Ayrıca heavy chamfer marjin konfigürasyonundaki en düşük kırılma direnci değeri AHC'de tespit edilmiştir. Heavy shoulder marjin konfigürasyonu, tüm materyaller arasında en yüksek kırılma direnci değerlerini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: endo-kron restorasyon; kırılma direnci; marjinal uyum; rezin matriks seramikler

Abstract

Investigation of Marginal Fit and Fracture Resistance of Endocrown Restorations Manufactured with Different Resin Matrix Ceramics

Mertsöz, Burak

Prof. Dr. Muhammed Mutahhar Ulusoy

Assoc. Prof. Dr. Salim Ongun

PhD, Department of Prosthetic Dentistry

February 2024, 125 pages

The aim of this study was to evaluate the fracture resistance and marginal adaptation of endocrown restorations fabricated from different resin-matrix ceramics (RMS) and to investigate the effects of these materials on marginal adaptation and fracture resistance. 30 maxillary first premolar teeth with three different margin configurations (butt-joint, heavy chamfer and heavy shoulder) were divided into 3 groups according to the margin configuration. Each group was divided into four subgroups according to the type of restorative material used (Ambarino High Class [AHC], Voco Grandio [VG], Brilliant Crios [BC] and Shofu [S]) (n=30). Master models were obtained using an extraoral scanner and fabricated with a milling machine. Marginal range assessment was performed with the silicon replica technique using a stereomicroscope. Replicas of the models (n=120) were fabricated using epoxy resin. The fracture resistance of the restorations was recorded using a universal testing machine. The data were statistically analyzed by two-way ANOVA and a t-test was applied in each group. Tukey post-hoc test was performed to compare significant differences ($p \leq 0.05$). The highest marginal gap was observed in VG, while the best marginal adaptation and the highest fracture resistance were found in BC. The lowest fracture resistance in the butt-joint margin design was found in S. Also, the lowest fracture resistance value in the heavy chamfer margin design was found in AHC. The heavy shoulder margin design showed the highest values of fracture resistance among all materials.

Keywords: endo-crown restoration; fracture resistance; marginal fit; resin matrix ceramics

İçindekiler

Onay Sayfası	I
Etik İlkelerine Uygunluk Beyanı	II
Teşekkür.....	III
Özet.....	IV
Abstract.....	V
İçindekiler	VI
Tablolar Listesi	XI
Şekiller Listesi.....	XII
Kısaltmalar	XIV

BÖLÜM I

Giriş.....	1
Problem Durumu	4
Araştırmanın Amacı	4
Hipotezler.....	4
Araştırmanın Önemi	5

BÖLÜM II

Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar	6
Kanal Tedavili Dişlerde Meydana Gelen Değişiklikler	6
Mekanik Değişiklikler.....	7
Biyolojik ve Fiziksel Değişiklikler.....	8
Estetik Değişiklikler.....	9
Kanal Tedavili Dişlerin Restoratif Tedavi Öncesi Değerlendirilmesi.....	10

Endodontik Değerlendirme.....	11
Periodontal ve Periapikal Değerlendirme.....	12
Fonksiyonel Değerlendirme.....	13
Kalan Diş Dokusu Miktarının Değerlendirilmesi.....	14
Minimal koronal yapı kaybı.....	15
Koronal diş yapısının yarısına kadar olan yapı kaybı.....	16
Koronal diş yapısının yarısından fazlasının kaybı.....	16
Koronal diş yapısının büyük kayıpları.....	16
Ferrule.....	17
Kanal Tedavili Dişlerin Restorasyonu.....	19
Direkt restorasyonlar.....	19
İndirekt restorasyonlar.....	22
Post-Kor restorasyonlar.....	22
Post-kor restorasyonların endikasyonları ve kontrendikasyonları.....	23
Fiberle güçlendirilmiş postlar.....	24
Seramik postlar.....	24
Kompozit ya da seramik onley, overley ve endokronlar.....	25
Endokron Restorasyonlar.....	25
Endokron Restorasyonların Endikasyonları.....	26
Endokron Restorasyonların Kontrendikasyonları.....	26
Endokron Restorasyonların Kullanımının Avantajları.....	26
Endokron Restorasyonların Kullanımının Dezavantajları.....	26
Endokron Restorasyonların, Post-kor Kron Restorasyonlara Göre Avantajları.....	26
Endokron Restorasyonlarda Görülen Komplikasyonlar.....	27
Endokron preparasyon tekniği.....	27
Endokron restorasyonunda ölçü alımı.....	31

Geleneksel Ölçü Yöntemleri.....	32
Dijital ölçü yöntemleri.....	33
Endokron Restorasyonlarda Kullanılan Materyaller.....	34
Kompozit rezinler.....	35
Polietereterketon (PEEK).....	35
Seramikler.....	36
Cam seramikler.....	37
Polikristalin Seramikler.....	37
Rezin Matriks Seramikler (RMS'ler).....	38
Rezin Esaslı Seramikler.....	39
Grandio Blocs.....	39
Coltène tarafından üretilen Brilliant Crios.....	39
Creamed tarafından üretilen Ambarino High Class.....	40
Shofu Block HC (Shofu Inc., Kyoto, Japonya) blokları.....	40
Cerasmart Hibrit Seramik.....	41
Lava Ultimate, 3M ESPE.....	41
CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture) Sistemleri....	41
Simantasyon.....	43
Rezin Simanlar.....	44
Işıkla polimerize olan rezin simanlar.....	44
Kimyasal polimerize olan rezin simanlar.....	44
Hem Işıkla Hem de Kimyasal Yolla Polimerize Olan Rezin Simanlar.....	45
Marjinal uyum.....	45
Marjinal uyum ölçüm yöntemleri.....	46
Lazer Videografi Kullanımı.....	46
Profilometri Tekniği.....	46
X-Işını Mikrotomografisi.....	46

Direkt-görüş tekniği.....	46
Kesit alma tekniği.....	47
Silikon Replika ile uyumun değerlendirilmesi.....	47
Ölçüm yapılan alan sayısı.....	47
Kırılma direnci ve testi.....	48

BÖLÜM III

Yöntem.....	50
Ana modellerin hazırlanması.....	50
Ana Modellerin Çoğaltılması Ve Endokronların Hazırlanması.....	54
Simantasyon Öncesi Marjinal Uyumunun Değerlendirilmesi	58
Simantasyon	59
Kırılma Direnci Testi	60
İstatistiksel Analiz.....	61

BÖLÜM IV

Bulgular.....	62
Marjinal Aralık Verileri	62
RMS Tipinin Marjinal Aralık Değerine Etkisi.....	63
Marjin Konfigürasyonunun Marjinal Aralık Değerine Etkisi.....	64
RMS Tipi ile Marjin Konfigürasyonu Arasındaki İnteraksiyonun Marjinal Aralık Değerine Etkisi	65
Kırılma Direnci Testi Verileri.....	68
RMS Tipinin Endokronun Kırılma Direncine Etkisi.....	69
Marjin Konfigürasyonunun Kırılma Direnci Değerine Etkisi.....	70
RMS Tipi ile Marjin Konfigürasyonu Arasındaki İnteraksiyonunun Kırılma Direncine Etkisi.....	71

BÖLÜM V

TARTIŞMA.....	73
---------------	----

BÖLÜM VI

Sonuç ve Öneriler.....	84
Elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.....	84
Öneriler de aşağıdaki şekilde sıralanabilir	84
İleride Yapılacak Araştırmalara Yönelik Öneriler.....	84
Kaynakça.....	86
EKLER.....	109
Ek-1. Yayın.....	109
Ek-2. İntihal Raporu.....	119
Özgeçmiş.....	121

Tablolar Listesi

	Sayfa
Tablo 1. Bu Çalışmada Kullanılan Rezin Matriks Seramik Özellikleri	56
Tablo 2. İki Yönlü ANOVA Parametrik Testinin Sonuçları	62
Tablo 3. Test Gruplarının Ortalama \pm Standart Sapma Marjinal Aralık Değerleri	63
Tablo 4. RMS Tipinin Marjinal Aralık Değeri Üzerindeki Etkisinin Tukey HSD Testi ile İncelenmesi	64
Tablo 5. Farklı Marjin Konfigürasyonlarına Sahip RMS Materyallerinin Ortalama Marjinal Aralık Değerleri (μm) ve Standart Sapmaları.	67
Tablo 6. İki Yönlü ANOVA Parametrik Testinin Sonuçları	68
Tablo 7. Test Gruplarının Ortalama \pm Standart Sapma Kırılma Direnci Değerleri	68
Tablo 8. RMS Tipinin Kırılma Direnci Üzerindeki Etkisinin Tukey HSD Testi ile İncelenmesi	69
Tablo 9. Marjin Konfigürasyonunu Kırılma Direnci Değeri Üzerindeki Etkisinin Tukey HSD Testi ile İncelenmesi	70
Tablo 10. Farklı Marjin Konfigürasyonlu RMS Endokron Restorasyonların Ortalama Kırılma Direnci Değerleri (N) ve Standart Sapmaları.	72

Şekiller Listesi

	Sayfa
Şekil 1. Endokron Preparasyonunun Ölçülerinin Şematik Görüntüsü	28
Şekil 2. Rehber Olukların Açılması	29
Şekil 3. Oklüzal Preparasyon	29
Şekil 4. Aksiyal Preparasyon	30
Şekil 5. Servikal Kenarların Cilalanması	30
Şekil 6. Servikal Yüzeyin Cilalamadan Öncesi(A), Sonrası(B)	30
Şekil 7. Endokron Restorasyonun Polieter Ölçü Materyali ile Alınan Ölçüsü(a,b,c) ve Restorasyonun Laboratuvar (d,e) ve Klinik Görünümü (f)	32
Şekil 8. Kondensasyon Silikon ile Alınmış Endokron Ölçüsü	33
Şekil 9. İntraoral Tarayıcı ile Alınan Ölçü	34
Şekil 10. Alçı Model Taratılarak Alınan Ölçünün Dijital Ortamda Endokron Tasarımı	34
Şekil 11. Marjinal aralığa ait terminoloji	46
Şekil 12. Endokron Hazırlığının ve Çalışma Tasarımının Şematik Gösterimi	50
Şekil 13. Ana Model Olarak Belirlenen 3 Adet ANA-4 ZPUR Diş ve Fantom Model	51
Şekil 14. Maksillar 1.Premolar Tüberküller Arası Yükseklik Farkı	51
Şekil 15. Oklüzalden Redüksiyonun Dengeli Yapılabilmesi İçin De Bukkalde 3mm Palatinalde ise 2mm Boyutundaki Frezler ile Açılan Rehber Oluklar	52
Şekil 16. Oklüzal Redüksiyon ve Pürüzlü Yüzeylerin Giderilmesi	52
Şekil 17. Pulpa Odası Giriş Kavitesi ve Duvarlarının Şekillendirilmesi	53
Şekil 18. A)Butt-Joint B) Heavy Chamfer ve C)Heavy Shoulder Marjin Konfigürasyonu	53

Şekil 19. Ekstraoral Tarayıcı ile Dijital Görüntülerin Elde Edilmesi	54
Şekil 20. Şeffaf Akriliğe Dışın Sabitlemesi	54
Şekil 21. Ana Modellerin Duplikasyonunda Kullanılan A Tipi Silikon ve Epoksi Rezin	55
Şekil 22. Ana Model Duplikasyonu	55
Şekil 23. CAD/CAM Cihazı	57
Şekil 24. Endokron Üretimi	57
Şekil 25. Silikon Materyali ile Restorasyonun Epoksi Rezin Alt Yapıya Geçici Olarak Yapıştırılması	58
Şekil 26. Distal yüzeyden marjinal aralık ölçüm değerleri. (A) Heavy Shoulder Marjin Konfigürasyonu (B) Heavy Chamfer Marjin Konfigürasyonu (C) Butt-joint Marjin Konfigürasyonu	59
Şekil 27. Single Bond Universal ve Halojen Işık Kaynağı	60
Şekil 28. Dual Cure Self-Adeziv Rezin Siman	60
Şekil 29. Universal Test Machine ile Statik Yükleme	61
Şekil 30. Farklı RMS Materyallerinin Marjinal Aralık Değerleri Grafisi	63
Şekil 31. Farklı Marjin Konfigürasyonuna Sahip Örneklerin Marjinal Aralık Değerleri	65
Şekil 32. Farklı Marjin Konfigürasyonu RMS Materyallerinin Ortalama Marjinal Aralık Değerleri (μm).	66
Şekil 33. Her Bir Grup için Stereomikroskop Görüntüsü	67
Şekil 34. Farklı RMS Materyallerinin Kırılma Direnci Değerleri Grafisi	69
Şekil 35. Farklı Marjin Konfigürasyonu Endokronların Kırılma Direnci Değerleri Grafisi	70
Şekil 36. Farklı Marjin Konfigürasyonlu RMS Endokron Restorasyonların Ortalama Kırılma Direnci Değerleri (N)	71

Kısaltmalar

%:	Yüzde
<	Küçüktür
>	Büyüktür
=	Eşittir
mm	Milimetre
cm	Santimetre
°:	Derece
µm:	Mikrometre
Al ₂ O ₃ :	Alüminyum Oksit
Bis-GMA:	Bisfeno-A-Glisidil Metakrilat
Bis-EMA:	Etoksilated Bisfenol-A-Dimetakrilat
BL:	Bleach - Beyaz
CAD/CAM:	Bilgisayar Destekli Tasarım/ Bilgisayar Destekli Üretim
cm:	Santimetre
DM:	Dimetakrilat
HC:	Shofu Block HC
HT:	Yüksek Translusensi
HV:	Vickers Sertlik Ölçütü
ISO:	Uluslararası Standardizasyon Kurulu
LED:	Işık Yayan Diyot
LT:	Düşük Translusensi
mm:	Milimetre
mw:	Megawatt
n:	Sayı
MPa:	Mega Pascal
MOD	Mezial- Oklüzal-Distal
N:	Newton
PEEK	Polietereterketon
PMMA:	Polimetil metakrilat
RMS:	Rezin-Matriks Seramik
SEM:	Taramalı Elektron Mikroskobu
sn:	Saniye

SiO ₂ :	Silikon Dioksit
ST:	Süper Transludent
TEGDMA:	Trietilenglikol Dimetakrilat
UDMA:	Üretan Dimetakrilat
UN:	Universal

BÖLÜM I

Giriş

Endodontik tedavi görmüş ve aşırı madde kayıplı dişlerin restorasyonunda, günümüz teknolojisi ile uygulanacak birçok tedavi seçeneği mevcuttur. Bu tedavi seçeneklerinden biri olan endokron restorasyonlar, endodontik tedavi görmüş ve aşırı madde kayıplı dişleri restore etmek için etkili bir çözüm olarak kabul edilmiştir (Biacchi & Basting, 2012). Bir endokron restorasyon, kronun hasarlı bölümünü restore eden ve pulpa odasına doğru bir uzantı içeren tek bir parça restorasyon olarak karakterize edilir (Tribst vd., 2020). Endokron restorasyonların mekanik performansı; restorasyonda marjin oluşturulması, pulpa odasının genişletilip derinleştirilmesi ve kullanılan restoratif malzemeler gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişir (Elashmawy vd., 2021).

Endokron restorasyonlar, adezyon yüzeyi bakımından, devital dişlerde vital dişlere kıyasla daha fazla yüzey alanı sağlar (Veselinović vd., 2008). Kısa klinik kron boyuna sahip dişlerde, interoklüzal mesafenin yetersiz olduğu durumlarda, kalsifiye kanallar veya ince köklü dişlerin varlığında endokron ile restorasyon önerilir. Pulpa odasının derinliği 3 mm'den daha az olan dişler veya servikal marjinin 2 mm'den daha az olduğu durumlarda ise endokron restorasyonlar genellikle önerilmez (Biacchi & Basting, 2012).

Endokron restorasyonlar estetik bakımdan avantajlıdır, çünkü post kullanımı sonucu oluşacak renk uyumunu sağlama sorununu ortadan kaldırır. Dietschi vd. (2008), tarafından yapılan bir çalışmada, endokron restorasyonların, post restorasyonlara kıyasla kanal tedavili diş üzerinde daha az komplikasyon oluşturduğu bildirilmiştir. Endokron restorasyonlar, pulpa odasını genişleterek ve adeziv bağlama sağlayarak, çiğneme hareketlerinden kaynaklanan aksiyal kuvvetlerin pulpa odasına iletilmesine yardımcı olur. Bu sayede post-kor restorasyonlarda gözlenen postun köke uyguladığı horizontal kuvvetler sonucu oluşan stres endokron restorasyonda gözlenmez (Biacchi & Basting, 2012).

Adeziv teknolojinin gelişmesi, günümüzde kullanılan seramik materyallerin yüzeylerinin pürüzlendirilmesi ve güçlü rezin simanlar ile diş yapısına bağlanması sayesinde, endokron restorasyonlar çiğneme kuvvetlerine karşı daha dayanıklı hale gelmiştir (Veselinović vd., 2008). Adeziv teknolojisindeki bu gelişmeler, klasik restoratif yöntemlere göre daha az invazif bir yaklaşım olan endokron restorasyonların

posterior bölgede kullanımının artmasına neden olmuştur. Diş hekimleri, adeziv teknolojinin sunduğu avantajları kullanarak, diş yapısına minimal hasar vererek ve daha doğal bir görünüm sağlayarak, hastaların fonksiyonel ve estetik ihtiyaçlarını karşılayan restorasyonlar üretebilmektedir (Zhi vd, 2016).

Yapılan klinik çalışmalarda da, endokron ile restore edilen premolar dişlerin molar dişlere göre daha yüksek bir başarısızlık oranına sahip olduğu bildirilmiştir. Bunun nedeninin retansiyon alanının az olmasından ve pulpa odası duvarlarına halojen ışık kaynağının tam olarak ulaşamayıp rezin simanının polimerizasyonunun tam olarak sağlanamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Buna rağmen kırılma direncinde, bağlanma dayanımında ve dinamik yorulma testlerinde erken başarısızlıklar gözlenmemektedir. Bu nedenle endokron ile restore edilmiş premolar dişler, post-kor ile restore edilmiş premolar dişler kadar iyi performans göstermektedir (Hassounah vd., 2020; Metiner vd., 2019). Ayrıca endokron restorasyonlarda görülen başarısızlıkların tümü adezyon kaybı nedenine bağlı olduğundan onarılabilir nitelikte olduğu bildirilmiş ve daha iyi adeziv özelliğe sahip yeni restoratif materyaller tanıtılmıştır (Dartora vd., 2018).

Rezin matriks seramikler (RMS), organik matriksler içerisinde yüksek oranda seramik parçacık içeren materyallerdir. Geleneksel seramiklere göre daha elastik modüllere sahiptirler ve dentinin elastisite modülüne daha yakın değerler gösterirler. Ayrıca, cam matriks seramikler ve polikristalin seramiklere göre daha kolay frezlenebilirler. Bu özellikleri sayesinde marjin bölgesinde kırık oluşumu azalır ve frezlemede kullanılan frezler daha az aşınır, bu da daha hızlı frezleme avantajı sağlar. Ayrıca, kompozit rezin ile tamir edilebilmeleri diğer seramiklere göre daha kolay bir işlemdir. Bu nedenle, estetik restorasyonlarda ve kronların üretiminde geniş bir kullanım alanına sahiptirler (Gracis vd., 2016; Awada & Nathanson, 2015; Chavali vd., 2017).

Materyal seçiminin yanı sıra endokron restorasyonla restore edilen dişlerde ferrule ve marjin konfigürasyonu uygulanmasının kırılma direncini arttırdığı bildirilmiştir (Einhorn vd., 2019). Ancak endokron ile restore edilecek dişlerde pulpa odası duvarları ve tabanının şekillendirilmesinin endokron restorasyonun kırılma direncini arttırmadığı ve marjinal uyumunu iyileştirmediği rapor edilmiştir (Taha vd., 2018). Endokron restorasyonlar için en önemli kriter esnekliktir, çünkü materyalin çığneme sırasında veya basınç altında esnemesine izin verir. Bu sayede kırık ve çatlak oluşumu en aza indirgenmiş olup; marjinal uyumu korunmaktadır (Einhorn vd., 2019).

Restorasyonların ve preparasyon kenarlarının morfolojik uyumu marjinal uyum olarak adlandırılır (Goldin vd., 2005). Eğer restorasyonların marjinal uyumu yeterli değilse, bu durum zamanla simanın mikrosızıntı sonucu çözünmesine ve bakterilerin dentin tübülleri aracılığıyla pulpaya nüfuz etmesine yol açabilir, bu da pulpada inflamasyona neden olur (Nawafleh vd., 2013). Ayrıca, bu durum plak birikimini teşvik eder ve periodontal dokularda hasara ve restorasyonda başarısızlığa yol açabilir (Metiner vd., 2019).

Marjinal uyumla ilgili çalışmalar, 7.5 mikrometre (μm) ile 206.3 μm arasında değişen çok farklı değerler bulmuştur. Bu çeşitlilik, marjinal uyumun değerlendirilmesinde kullanılan teknikler, izlenen test parametreleri ve kullanılan malzemelere bağlı olabilir (Nawafleh vd., 2013). Farklı araştırmacılar, farklı deney koşulları altında marjinal aralık ölçümleri yapmışlardır. Bu koşullar, in vivo veya in vitro, simantasyon öncesi veya sonrası, chamfer veya shoulder preparasyon tasarımı, örnek sayısı ve örnekleme oranları gibi faktörlere dayanabilir. Bu tür farklı deney koşulları sonuçların tutarlılığını etkileyebilir ve seramik sistemlerin kabul edilebilir marjinal aralık değerleri hakkında tartışma yaratabilir (Nawafleh vd., 2013). Preparasyonun şekli, ölçü materyali ve tekniği, kullanılan simantasyon materyalinin türü, simantasyon işlemi, laboratuarda yapılan döküm, modelleme ve seramik işleme gibi faktörler, marjinal ve internal uyumu önemli ölçüde etkileyen faktörlerdir. Marjinal uyumu ölçmek için en yaygın kullanılan yöntemlerden bazıları doğrudan görüntüleme tekniği, kesit alma tekniği ve silikon replika tekniğidir (Nawafleh vd., 2013).

Silikon replika tekniğinde, restorasyonun içine light-body silikon ölçü materyali eklenir ve ardından restorasyonun simantasyon işlemini simüle etmek için ana modelin üzerine yerleştirilir. Bu süreç, siman kalınlığını replike etmek için kullanılır. Materyal sertleştikten sonra restorasyon, ana modelden özenle çıkarılır. Ancak, nispeten ince olan bu yapı, bir bistüri ile kesmek ve incelemek için stabil hale getirilemeyecektir. Bu durum, heavy-body silikon ölçü materyali ile stabilizasyonun artırılmasıyla aşılır. Bu sayede restorasyonun aralık değerlerinin ölçülebileceği bir kesit, istenilen alandan bistüri ile alınabilir (Nawafleh vd., 2013; Tamac vd., 2014).

Silikon replika tekniği, restorasyonların hem marjinal hem de internal uyumunu incelemeyi sağlayan, çeşitli bölgelerden doğru ve tekrarlanabilir ölçüler yapmaya imkan veren, invaziv olmayan ve düşük maliyetli bir yöntemdir (Kim vd., 2013; Park vd., 2016). Bu teknik ayrıca, indirekt protez restorasyonların in-vivo

çalışmalarda değerlendirmesi için de sıklıkla kullanılır. Bu tekniğin uygulanmasında parmak basıncının standardize edilemese bile, uygulanan yerleştirme kuvvetinin restorasyonların marjinal aralık değerlerine önemli bir etkisi olmadığı literatürde belirtilmiştir (Quante vd., 2008). Ancak, bu tekniğin, kron sınırlarının ve bitiş çizgisinin belirlenmesindeki zorluklar, elastomerik film tabakasının restorasyondan çıkarılırken hasar görebilmesi ve kesitlerin düzgün bir şekilde alınamaması gibi bazı sınırlamaları olduğu kabul edilmelidir (Nawafleh vd., 2013). Bunun yanında, kullanılan ölçü materyalinin boyutsal stabilitesi de önemli bir faktördür, çünkü materyalin bozulması ölçü hassasiyetini etkileyebilir. Light-body silikon ölçü materyalinin uygulanan miktarı da büyük önem taşır. Restorasyon içine aşırı miktarda uygulanan materyal, hidrostatik basınç oluşturabilir ve restorasyonun destek dişlere tam olarak yerleşmesini engelleyebilir (Reich vd., 2011).

Problem Durumu

Endokron restorasyonlarının dayanıklılığı, kırılma direnci ve marjinal uyumu hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Endokron restorasyonların adezyon için gerekli olan yüzey alanının daha az olması ve artan kron yüksekliği nedeniyle premolar endokronların molar endokronlara göre daha az başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca kanal tedavili premolar dişlerin restorasyonuna dair çok sayıda in vitro ve in vivo çalışmaya rağmen, bu dişlerde endokron restorasyonun dayanıklılığı konusunda yeterli çalışma bulunmamaktadır ve kesin bir görüş birliği sağlamamıştır (Barbakow vd., 1980; Tamse vd., 1998; Bindl vd., 2005; Lin vd., 2010; Mannocci & Cowie, 2014).

Araştırmanın Amacı

Araştırmanın amacı, güncel rezin matriks seramik (RMS) materyallerinden üretilen endokron restorasyonlarının kırılma direncini ve marjinal uyumunu değerlendirmek, ayrıca RMS materyal tipinin ve farklı marjin konfigürasyonlarının marjinal uyum ve kırılma direnci üzerine olan etkilerini incelemektir.

Hipotezler

Endokron ile restore edilen dişlere ferrule ve marjin konfigürasyonu uygulanması; bu dişlere daha yüksek kırılma direnci sağladığı bildirilmiştir (Einhorn vd., 2019). Ayrıca pulpa odası zemininin temelini oluşturmak, ne kırılma direncini ne

de marjinal uyumu iyileştirmediği rapor edilmiştir (Taha vd., 2018). Bu tez çalışmasının birinci boş hipotezi, marjin konfigürasyonu uygulamanın, premolar dişlerin restorasyonunda kullanılacak endokron restorasyonların kırılma direncine bir etkisi olmayacağıdır. İkinci boş hipotez ise, güncel RMS materyallerinin içeriğinin endokron restorasyonların, kırılma direncini ve marjinal uyumunu etkilemeyeceği yönündedir.

Araştırmanın Önemi

Güncel RMS materyallerinden üretilen endokron restorasyonların kırılma direncini ve marjinal uyumunu değerlendirip RMS materyal tipinin ve farklı marjin konfigürasyonunun marjinal uyum ve kırılma direnci üzerine etkileri değerlendirilerek elde edilen bilgilerin ışığında diş hekimlerinin endodontik tedavili premolar dişlerde restorasyon seçimlerinde uygulayacakları marjin konfigürasyonu ve materyali açısından karar vermelerine yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

BÖLÜM II

Kuramsal Çerçeve ve İlgili Araştırmalar

Kanal Tedavili Dişlerde Meydana Gelen Değişiklikler

Son 20 yılda, endodontik tedavi görmüş dişlerin restorasyonunda önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Bu değişikliklerin çoğu diş yapısının korunması ile ilişkilidir. Özellikle operatif mikroskopların, nikel-titanyum aletlerin ve son zamanlarda konik ışıklı bilgisayarlı tomografinin artan kullanımı sayesinde endodontik tedavide birçok zorluğun üstesinden gelinmiştir. Bu aletler, klinisyenlerin erişim kavitelerini açma sürecinde koronal ve radiküler sert diş dokusu miktarını önemli ölçüde azaltmalarına olanak tanımaktadır (Mannocci & Cowie, 2014).

Kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerin restorasyonu, Protetik Diş Tedavisi alanında yoğun bir şekilde tartışılan ve üzerinde araştırmalar yapılan bir konu olmuştur. Pulpa iltihabı, nekroz, çürüme, aşınma, erozyon ve travma gibi sebeplerle gerçekleştirilen kök kanal tedavisi sonrasında, dişin uzun vadede sağlık durumunu en çok etkileyen faktörlerden biri, uygulanacak daimi restorasyonun çeşididir. Dolayısıyla, malzeme ve yöntem seçimine dair çok sayıda in vitro ve in vivo çalışmaya rağmen, bu konuda kesin bir görüş birliği sağlanmış değildir (Mannocci & Cowie, 2014).

Kök kanal tedavisi, enfekte pulpa dokusunun ve kök kanalındaki enfekte dentinin çıkarılmasıyla başlar. Mekanik şekillendirme işlemi, özel aletlerin kullanılmasıyla yapılır ve sonrasında kanal irrigasyonu ile temizlenir. Bu işlem sırasında, smear tabakası ve patojenik bakterilerin uzaklaştırılması önemlidir. Kanalın apikalden koronale kadar uygun biyouyumlu dolgu materyalleri ile doldurulması, kanal tedavisinin tamamlanmasını sağlar. Başarılı bir kanal tedavisi için, mekanik şekillendirme, kanal irrigasyonu ve uygun dolgu materyali kullanımı kritik faktörlerdir (Dalton vd., 1998).

Endodontik tedavinin başarısı, tedavinin farklı aşamalarında uygulanan preparasyon teknikleri, irrigasyon rejimleri, çalışma boyutu tespiti ve doldurma teknikleri gibi uygulama prosedürlerinin yanı sıra, restorasyonun da en az tedavi sürecindeki uygulamalar kadar önemli olduğu bilinmektedir. Ancak, restorasyon işlemi sırasında en büyük sorun, giriş kavitesinde yaşanan problemlerdir. Kavitenin hazırlanması sırasında meydana gelen madde kaybı ve dişin canlılığını yitirmesi sonrası dişlerde mekanik ve biyolojik değişiklikler ortaya çıkar ve restorasyonun

başarısız olmasına yol açarak kırılma riskini artırır. Bu nedenle, endodontik tedavinin başarısı için restorasyon işlemi de büyük önem taşımaktadır (Faria vd., 2011).

Mekanik Değişiklikler

Endodontik tedavi süreci boyunca mekanik ve kimyasal faktörler nedeniyle dişte bir takım değişiklikler meydana gelir. Bu değişiklikler, endodontik giriş kavitesi hazırlama işlemi, kanal irrigasyonu, dişin fiziksel özelliklerine etki eden faktörler ve devital dişlerde proprioepsiyon duyusu kaybı gibi birçok faktörden kaynaklanabilir. Bu faktörlerin etkisi, uzun vadede dişin dayanıklılığını ve restorasyonun başarısını etkileyebilir (Erdemir, 2021).

Kanal tedavisi sonrası kullanılan dolgu materyallerinin de uzun dönem başarıda önemli bir rolü vardır. Biyouyumlu, sızdırmaz ve dayanıklı dolgu materyalleri tercih edilmelidir. Bunun yanı sıra, kanal tedavisi sonrası dişin koruyucu bir restorasyon ile desteklenmesi de önemlidir. Restorasyonun dişe tam olarak uyumlu olması, dişin güçlü bir şekilde korunmasını sağlar ve kırılma riskini azaltır. Ayrıca, diş eti sağlığının korunması ve diş fırçalama, diş ipi kullanma gibi düzenli diş bakımının yapılması da kanal tedavisi sonrası dişin uzun dönem sağlığı açısından önemlidir (Erdemir, 2021; Sevimli vd., 2015).

Andreasen vd. (2002) ve Grigoratos vd. (2001), tarafından belirtildiği üzere, kök kanal tedavisi sırasında kullanılan ilaçlar ve irrigasyon çözeltilerinin dentin üzerinde fiziksel etkileri olabilir ve kalsiyum hidroksit gibi bileşenlerin uzun süreli kullanımı, dentinin daha hassas ve kırılma riskine neden olabilir. Buna rağmen, Cheron vd. (2011), tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, kök kanal tedavisi görmüş ve görmemiş dişlerin nanomekanik özelliklerinde, özellikle elastik modül ve sertlik değerleri bakımından, belirgin bir ayrım tespit edilememiştir.

Reeh vd. (1989), tarafından yapılan başka bir in vitro çalışmada, vital dişlerin devital dişlere oranla %5 daha sert olduğu belirlenmiştir ve diş dokusundan kaybolan madde miktarının dişlerin kırılma direncini azalttığı gözlemlenmiştir. Buna karşın, Sedgley ve Messer (1992) tarafından yapılan bir çalışmada, aynı kişiden alınan vital ve devital dişlerin biyomekanik nitelikleri birbiriyle karşılaştırılmıştır. Araştırmada, vital dişlerin devital dişlere kıyasla %3.5 daha sert olduğu bulunmuştur. Ancak, kırılma yükleri arasında anlamlı bir farka rastlanmamış ve kök kanal tedavisi sonrasında dişlerin daha kırılma riskine hale gelmediği sonucuna varılmıştır (Sedgley & Messer 1992). Bu bulgular, kök kanal tedavisi sonrası dişlerin sertliğinde kırılma

direncini etkileyecek anlamlı bir değişiklik olmadığını ve bu dişlerin normal işlevlerini sürdürebildiğini ortaya koymaktadır.

Reeh vd. (1989), yaptıkları çalışmada, MOD kavite preparasyonlarının tüberkül dayanıklılığını %63 oranında, oklüzal kavite preparasyonlarının ise %20 oranında azalttığı tespit edilmiştir. Endodontik işlemlerin ise sadece %5 oranında azaltacağı öngörülmüştür. Başka bir çalışmada ise marjinal sırt kayıplarının dişin direncinde önemli ölçüde azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Örneğin, marjinal sırttaki kayıplar, tüberküller arası mesafenin yarısına ulaştığında dişin direncinde %40 azalma meydana gelirken, iki marjinal sırtın tüberküller arası mesafelerinin yarısını kaybettiğinde dişin direncinde %45 azalma görülmüştür. Ayrıca, çapraz sırttaki kayıplar da tüberküller arası mesafenin yarısını aştığında dişin direncinde %45 azalma olduğu tespit edilmiştir (Timur, 2019).

Kanal tedavisi sonrası, diş dokusunun mikrosızıntılara karşı korunması ve kırılma riskinin azaltılması için uygun bir daimi restorasyon seçimi büyük önem taşır. Başarılı bir kanal tedavisi, kök kanalının üç boyutlu olarak doldurulması ve apikal ile koronal sızdırmazlık sağlanması ile kök kanal sisteminin enfekte olmasının önlenmesini sağlar (Singh vd., 2011). Swanson (1987) ve Madison ve Wilcon (1988) gibi araştırmacılar, kanal tedavisinin uzun dönem başarısı için koronal tıkanmanın, apikal tıkanma kadar önemli olduğunu vurgulamışlardır. Timpawat vd. (2001), ise yetersiz koronal tıkanmanın bakteriyel sızıntıya neden olabileceğini göstermiştir. Weine (1989) yaptığı çalışmada, kanal tedavisi yapılan dişlerin marjinal uyumu iyi olmayan restorasyonlar nedeniyle oluşan mikrosızıntı sonucu dişlerin kaybedildiğini belirtmiştir. Ayrıca, sistemik bir derlemede de belirtildiği gibi, kanal tedavisi yapılan dişlerde mikrosızıntıları önlemek için hemen daimi bir restorasyon yapılması gerektiği, üç aydan daha uzun süre koronal tıkanma sağlanamadığında, kanal tedavisinin yenilenmesi gerektiği vurgulanmıştır (Heling vd., 2002).

Biyolojik ve Fiziksel Değişiklikler

Kanal tedavisi sonrasında meydana gelen biyolojik değişimler, dentindeki nem kaybı ve kollojen ağındaki farklılaşmalar dahil olmak üzere, dişin fiziksel özelliklerini etkileyebilir. Bunun sonucunda dişlerde vertikal kök kırıkları oluşabileceği düşünülmektedir. Kanal tedavisi uygulandıktan sonra, dişin organik materyal miktarında azalma oluşmaktadır. Özellikle kök dentininde, koronal dentine nazaran daha düşük olan nem seviyesi daha da azalır. Kron dentini, normalde

yaklaşık %13.2 oranında nem içerir ve kök dentinindeki tübül sayısı, bunun iki katıdır. Dentin dokusunda meydana gelen bu sıvı kaybı, dokunun büzülmesine ve potansiyel çatlak veya kırılmalara neden olabilir. Helfer vd. (1972), tarafından yapılan bir in vitro çalışmada belirtildiği üzere, kanal tedavisi sonrası meydana gelen yaklaşık %10'luk su kaybının büyük kısmının serbest suda gerçekleştiği ve bu değişikliğin devital dişlerin özelliklerine etki ettiği yönündedir. Diğer yandan, bazı in vitro çalışmalar vital ve devital dişler arasında nem içeriği açısından önemli bir fark bulunmadığını göstermiştir. Papa vd. (1994), tarafından yapılan bir in vitro çalışma, protez amaçlı çekilen vital ve devital dişler arasında nem içeriği açısından önemli bir fark bulunmadığını belirtmiştir. Ayrıca, Winter ve Karl (2012) kanal tedavisi sonrasında dentin dehidratasyonunun vertikal kök kırıkları üzerindeki etkisini incelemiş ve kırıkların dentindeki hacim değişiklikleri veya kanal duvarı çevresindeki gerilmelerden kaynaklandığını bulmuşlardır. Soares vd. (2007) ve Winter ve Karl (2012) tarafından belirtildiği üzere, kanal tedavili dişte gözlenen kök kırığı, nem kaybının tetiklediği büzülme ve stres oluşumundan kaynaklanır. Dentin matriksinde bulunan kollajen ağı, dişin stabilitesini ve çekme direncini kovalent intermoleküler çapraz bağlar aracılığıyla sağlar. Bu çapraz bağların yoğunluğu dişin direnci için büyük önem taşır. Devital dişlerde, yaşlanma süreci ve dehidratasyon nedeniyle kollajen yapısı zayıflar. Bu konuda yapılan araştırmalar, özellikle Rivera ve Yamauchi (1993) ve Dimitriu vd. (2009), bu zayıflamanın gerçekleştiğini doğrulamışlardır. Ayrıca Cheron vd. (2011), yaptıkları çalışma sonucu pulpa dokusunun kaybolmasının sonucunda dentin elastisitesinin ve kırılma direncinin azaldığını bildirmişlerdir.

Estetik Değişiklikler

Endodontik tedavi uygulanan dişlerde renk değişikliği yaygın bir durumdur ve bu durum çeşitli faktörlerden kaynaklanabilir. Bıçakçı vd. (2015), tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, endodontik tedavi gören dişlerin yaklaşık onda birinde renk değişikliği meydana geldiği bildirilmiştir. Renk değişikliğine neden olan etmenler arasında, dişin saydamlığında ve renginde oluşan farklılıklar yer alır. Bu genellikle bir klinik belirti olarak karşımıza çıkar ve dentin kalınlığının azalması ile birlikte ortaya çıkar. Diş hekimliği pratiğinde kullanılan bir dizi malzeme, özellikle amalgam, geçici dolgu malzemeleri, florür, klorheksidin, fenol ve iodoform içerikli kanal içi ilaçlar, renk değişikliği oluşumuna neden olabilir. Bu durum, bu

malzemelerin dişte renklenmeye neden olma potansiyeli taşıdığına dair bir bulgudur (Van Der Burgt vd., 1986). Pulpa odasının yeterince genişletilip temizlenmemesi de renk değişikliğine neden olabilir. Bu durum, pulpa boynuzlarında nekrotik dokunun bırakılmasına neden olur ve bu da renklenmenin en önemli sebeplerinden biri olarak kabul edilir (Erdemir, 2021).

Ayrıca, kanal dolgu maddesi olarak kullanılan gutta perka ve bazı diğer materyaller, zamanla okside olarak renk değişimine yol açabilirler. Bunun yanı sıra, dişin çevresindeki yumuşak dokuların inflamasyonu veya travma sonrası oluşan kanama gibi sebepler de koronal renk değişimine neden olabilirler. Bu gibi durumlarda, restorasyonların yenilenmesi veya beyazlatma gibi kozmetik işlemler uygulanarak renk değişikliği giderilebilir (Van Der Burgt vd., 1986).

Endodontik tedavide kullanılan birçok materyal ve faktör, dişlerin renginde değişikliklere neden olabilir. Irrigasyon çözeltileri, kanal patları, ilaçlar, gutta percha kalıntıları, koronal restorasyon materyalleri, servikal kök rezorpsiyonu ve intrapulpal kanamalar gibi materyaller ve durumlar, estetiği bozan bir etkiye sahiptir, çünkü dişin mine yapısında görülebilirler (Erdemir, 2021; Krastl vd., 2013; Kirli & Şen, 2021).

MTA, minosiklin ve tetrasiklin gibi belirli antibiyotik patların kullanımı, renk değişikliklerine özellikle neden olabilir (Krastl vd., 2013; Kahler & Rossi-Fedele, 2016). Ayrıca, eritrositlerin varlığında kullanıldığında, endodontik tedavide kullanılan kimyasalların renklendirici etkisi artabilir. Ancak, renk değişikliklerine neden olmayan ölçülebilir bir endodontik malzeme hakkında literatürde belirgin bir kanıt bulunmamaktadır (Krastl vd., 2013).

Endodontik tedavi sonrasında dişlerde renk değişikliği yaygındır ve çeşitli materyaller ve durumlar buna neden olabilir. Bunlar arasında, gutta percha kalıntıları, koronal restorasyon materyalleri, servikal kök rezorpsiyonu ve intrapulpal kanamalar gibi faktörler bulunur. Dahası, MTA, minosiklin ve tetrasiklin içeren belirli antibiyotik patların kullanımı renk değişikliğine katkıda bulunabilir. Eritrositlerin varlığı endodontik tedavide kullanılan kimyasalların renklendirici etkisini daha da artırabilir. Pulpa basıncının düşmesi, bu nüfuz etmeyi artırabilir ve renk değişikliğini tetikleyebilir. Şu ana kadar, renk değişikliklerine hiç neden olmayacak bir endodontik materyal hakkında bilgi bulunmamaktadır (Kahler & Rossi-Fedele, 2016; Kirli & Şen, 2021; Erdemir, 2021). Kanal tedavisi sonrası, doğal diş renginin ve

estetiğin elde edilmesi için restoratif işlemler dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Bu işlemlerde en uygun materyallerin seçimi de büyük önem taşır.

Restoratif tedavinin bir diğer önemli etkisi de dişlerin fonksiyonunu geri kazandırmasıdır. Diş kaybı, dişlerin işlevselliğini ve çiğneme kabiliyetini ciddi şekilde etkiler. Restorasyonlar sayesinde dişlerin doğal fonksiyonları geri kazandırılır ve hastaların konuşma ve beslenme gibi günlük aktivitelerini daha rahat bir şekilde yapmaları sağlanır. Bu nedenle, diş restorasyonları sadece estetik beklentileri karşılamakla kalmaz, aynı zamanda dişlerin doğal işlevlerini de geri kazandırarak hastaların yaşam kalitesini artırır.

Kanal Tedavili Dişlerin Restoratif Tedavi Öncesi Değerlendirilmesi

Kanal tedavisi sonrası dişlerde restorasyon işlemi yapılması gerekebilir. Bu aşamada, dişin restorasyon öncesi ayrıntılı bir değerlendirmesi yapılması önemlidir. Restorasyon öncesi değerlendirme, dişin pozisyonunu, anatomisini, tutuculuğunu ve çevresel dokuları da içeren bir bütünsel yaklaşımı gerektirir (Heling vd., 2002; Veselinović vd., 2008; Mannocci & Cowie, 2014).

Öncelikle, dişin çevresel dokuları incelenir. Çevresel dokuların sağlıklı olması, restorasyonun başarısını etkileyen önemli bir faktördür. Ayrıca dişin yapısı ve morfolojisi, yapılacak restorasyonun uygunluğunu belirlemek için de değerlendirilir (Mannocci & Cowie, 2014).

Dişin pozisyonu ve uyumu, dişin yanındaki dişlerle ve çene kemiği ile olan ilişkisine göre değerlendirilir. Dişin pozisyonu ve anatomisi, uygun restorasyonun seçilmesinde ve planlanmasında önemli bir rol oynar (Mannocci & Cowie, 2014).

Dişin tutuculuğu da değerlendirilir. Dişin üzerinde bulunan dolgu ve restorasyonlar, tutuculuğu etkileyebileceğinden, bu konu da özellikle dikkat edilmesi gereken bir faktördür. Son olarak, dişin rengi ve estetiği de değerlendirilir. Restorasyon seçiminde dişin rengi ve estetiği büyük önem taşır. Doğal bir diş rengi ve estetiği elde etmek, hastanın memnuniyetini arttıracaktır (Mannocci & Cowie, 2014).

Endodontik Değerlendirme

Kök kanal tedavisi sonrasında, dişin restorasyonu için öncelikli olarak dişin genel durumu değerlendirilmelidir. Dişte, tedavi sonrasında çiğneme veya perküsyon sırasında ağrı veya hassasiyet yoksa ve nekroz belirtisi önceden bulunmuyorsa, kalıcı

bir restorasyon sürecine geçilebilir. Ancak, eğer tedavi öncesinde enfeksiyon belirtisi varsa ve tedavi sonrasında da oklüzal veya lateral kuvvetlere karşı hassasiyet veya ağrı belirtileri ortaya çıkarsa, restorasyon planlamadan önce dişin birkaç hafta boyunca izlenmesi gerekmektedir. Eğer bu izleme sürecinde semptomlar hafiflemiyorsa veya eksüda çıkışı görülüyorsa, kanal tedavisi tekrarlanmalıdır. Kalıcı restorasyon planlaması, dişin semptomsuz olduğu durumda uygulanabilir (Mannocci & Cowie, 2014).

Dişin restorasyonu öncesinde, dikkat edilmesi gereken diğer faktörler arasında dişin dokusal yapısı, koronal boşluğun durumu, tüberkül varlığı ve kalitesi, periodontal dokular ve dişin genel durumu bulunmaktadır. Ayrıca, dişin yerleşimi, konumu, oklüzyon ve antagonist dişlerin durumu da restorasyon planlaması sırasında dikkate alınmalıdır. Dişin durumu ve işlevine uygun olarak, restorasyon için kullanılacak materyal ve yöntem seçilmelidir (Mannocci & Cowie, 2014).

Ayrıca, kök kanal tedavisi uygulanan dişlerin, klinik iyileşme belirtileri görülene kadar uzun süreli takip edilmesi önerilir. Bu takip sürecinde, dişin korunması önemlidir ve bazı durumlarda radyografik iyileşme belirtileri görülene kadar takip süresi uzatılabilir. Bu prosedür, restore edilemez duruma gelen diş kırılmalarını önlemek açısından da kritik önem taşır (Mannocci & Cowie, 2014).

Periodontal ve Periapikal Değerlendirme

Diş tedavisi öncesinde periodontal sağlığın değerlendirilmesi, dişlerin uzun vadeli sağlığı ve ağızda kalma süresi için önemlidir. Endodontik tedaviler genellikle periapikal lezyonların önlenmesi veya tedavisi için uygulanır. Periapikal lezyonu olan dişlerin restorasyonu özenle ele alınmalıdır, bu durum dikkate alınmaz ise tedavi başarısız olabilir ve diş çekimi gerekebilir. Dolayısıyla, dişin gingival sağlığı, kemik seviyesi, ataşman seviyesi ve inflamasyon gibi faktörler önceden değerlendirilmelidir. Kanal tedavisi sonrası, dişin durumu değerlendirilmeli ve daimi restorasyon öncesinde semptomların kaybolması beklenmelidir. Periapikal lezyonu olan dişlerin tedavisi başarılı olabilmesi için, dişin iyi analiz edilmesi ve uygun bir planlama yapılması gerekmektedir (Eyuboglu vd., 2017; Erdemir, 2021).

Geçmiş çalışmalar, periapikal lezyonun kanal tedavisi başarısını etkilediğini göstermiştir. Tedavi öncesi bir periapikal lezyonun varlığı, kanal tedavisi başarısını önemli ölçüde azaltabilir (Seltzer vd., 1963, Apt vd., 1976). Sjogren vd. (1990), yaptığı bir çalışmada, periapikal lezyonu olmayan dişlerin %96'dan fazlasının

başarıyla tedavi edildiği ve herhangi bir sorun oluşturmadığı, bununla birlikte pulpa nekrozu ve periapikal lezyonları olan dişlerin tedavisi ile periapikal lezyonların tekrar tedavi edildiği dişlerin sırasıyla %86 ve %62 daha düşük başarı oranına sahip olduğu ve daha sonra birçok problemle karşılaştıkları belirtilmiştir (Sjogren vd., 1990).

Periapikal lezyonun iyileşme süresi, tedavi öncesi radyografik görüntüsüne, lezyonun büyüklüğüne ve tedavi sonrası takip süresine bağlıdır. Lezyon boyutu 2 mm'den küçükse, diş hekimi kanal tedavisini takiben restoratif tedaviye geçebilir. Ancak, lezyon boyutu 2 mm'den büyükse, diş hekimi tedavi sonrası belirli bir süre boyunca lezyonun iyileşmesini takip etmelidir (Mannocci ve Cowie, 2014). İyileşme süresi hakkında farklı görüşler vardır. Bazı araştırmacılar, 6 ay ila 1 yıllık bir takip süresinin yeterli olduğunu savunurken (Basmadjian-Charles vd., 2002), diğerleri tam bir iyileşmeden bahsedebilmek için 5 yıllık bir takip süresinin gerektiğini belirtmişlerdir (Sjogren vd., 1990).

Hasta, tedavinin başarısızlık riski, takip süresi ve maliyeti hakkında bilgilendirilmeli ve tedavi planı doğrultusunda onay vermelidir. Tedavi planı, dişin durumuna, tedavi süresine ve maliyetine bağlı olarak çeşitli seçenekleri içermelidir. Bu seçenekler arasında, kanal tedavisi ile birlikte restorasyon, cerrahi tedavi, implant veya diş çekimi yer alabilir. Tedavi planı, diş hekiminin uzmanlık alanına, teknolojik imkanlara ve hastanın gereksinimlerine göre uyarlanmalıdır (Mannocci & Cowie, 2014).

Tedavi planı, diş hekimi ve hasta arasındaki açık iletişimle belirlenmeli ve her iki tarafın da memnuniyeti sağlanmalıdır. Ayrıca, tedavi sonrası takip, tedavi başarısı için kritik önem taşımaktadır ve diş hekimi tarafından düzenli olarak yapılmalıdır. Takip sırasında, dişin semptomları, radyografik görüntüsü ve lezyonun büyüklüğü değerlendirilmeli ve gerekli görülürse tedavi yenilenmelidir. Bu şekilde, kanal tedavisi ve restorasyon işlemleri ile hastanın ağız sağlığı korunabilir ve dişlerin uzun süreli korunması sağlanabilir (Mannocci & Cowie, 2014).

Fonksiyonel Değerlendirme

Dişlerin restoratif tedavisi sırasında, dişin konumu, mesiodistal boyutları ve karşılaştığı kuvvetlerin türü gibi çeşitli faktörler önemlidir. Bu faktörler göz önünde bulundurularak seçilecek restorasyon tipi ve materyali, dişin ağızdaki lateral ve vertikal kuvvetlere karşı direncini artırmada büyük rol oynar (Erdemir, 2021).

Dişin dayanıklılığı çeşitli unsurlara bağlıdır; bunlar arasında dişin ağız içerisindeki konumu, parafonksiyonel alışkanlıklar ve oklüzal durumu sayılabilir. Anterior dişler, lateral hareketlerde posterior dişlere yol göstererek onları lateral kuvvetlerden korur. Ancak, parafonksiyonel alışkanlık durumunda bu koruma azalır ve posterior dişler bu kuvvetlere daha fazla maruz kalır. Aşırı overbite, dişlerin bazı oklüzal kuvvetlere karşı savunmasız hale gelmesine neden olabilir. Böyle bir durumda, üst çenede ön dişler, alt çenedeki ön dişlere göre daha fazla çıkıntılıdır ve lateral kuvvetlere daha fazla maruz kalır. Klinik çalışmalarda, parafonksiyonel alışkanlıkları olan hastalarda ve yüksek overbite'a sahip hastalarda dişlerde kron-kök kırığı oluşma olasılığının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Erdemir, 2021).

Diğer bir araştırmada, Chan vd. (1999), 274 hastanın deneyimlediği toplamda 315 vertikal kök kırığı vakasını incelemiştir. Bulgulara göre, vertikal kök kırıklarının %60'ı kanal tedavisi görmüş dişlerde ortaya çıkmıştır, ve en yüksek kırık oranı %53 ile alt çene birinci büyük azı dişlerinde gerçekleştiği bildirilmiştir. Ayrıca, kök kırıklarının meydana geldiği çene bölgesi de önem taşımakta olup alt çene birinci büyük azı dışında belirlenen vertikal kök kırığı oranı, üst çene birinci büyük azı dişine kıyasla iki kat daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Barbakow vd. (1980), kanal tedavisi öncesi ve sonrası oluşan kök kırıklarını incelemiştir. Alt çene birinci büyük azı dişinin, üst çene birinci büyük azı dişi ve üst çene birinci küçük azı dişine göre daha kırılabilir olduğunu bildirmiştir.

Başka bir araştırmada ise dişin işlevselliğini etkileyen bir başka faktör, diş kronunun mesiodistal boyutu olduğundan basılmaktadır. Bu araştırmada mesiodistal boyutu dar olan dişlerin, örneğin üst çene küçük azı dişlerin, daha kırılabilir ve daha az dirençli olduğundan bahsetmektedir. (Tamse vd., 1998).

Restoratif planlama öncesinde dikkat edilmesi gereken önemli bir faktör, dişlerin farklı kuvvet toleransıdır. Yapılan araştırmalar, arka dişlerin vertikal kuvvetlere daha fazla karşı koyabildiğini, ancak ön dişlerin lateral ve kesme kuvvetlerine daha iyi direnç gösterdiğini göstermektedir (Faria vd., 2011). Bu nedenle, lateral kuvvetlerin diş-restorasyon arayüzünde daha fazla zarara neden olabileceği ön dişlerde özellikle dikkate alınmalıdır (Jotkowitz & Samet, 2010). Ayrıca, çiğneme sırasında arka dişler çiğneme kaslarının pozisyonuna bağlı olarak daha fazla vertikal ve lateral kuvvetlere maruz kalırlar. Bu nedenle, birinci büyük azı bölgesinden çiğneme yüklerinin iletilmesi nedeniyle arka dişlerin kırılmaya karşı

korunması ve bu dişlere uygulanacak restorasyonların mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi önemlidir (Michael vd., 1990).

Yapılan araştırmalar, dişlere normal şartlarda uygulanan çiğneme kuvvetlerinin 1-18 kilogram (kg) (9-180 Newton [N]) arasında olduğunu göstermektedir (DeLong & Douglas, 1983). Ancak, bruxizm gibi parafonksiyonel aktivitelerin varlığı durumunda bu kuvvetler önemli ölçüde artmaktadır. Bruksizm, dişlerin istemsiz veya spazmodik şekilde sıkılması veya gıcırdatılması olarak tanımlanmaktadır (of Prosthodontics vd., 1999). Bu alışkanlık, gece ve gündüz olmak üzere farklı zamanlarda gerçekleşebilir ve istemsiz olarak gerçekleştiği için uygulanan çiğneme kuvvetlerinde önemli bir artışa neden olabilir. Yapılan araştırmalar, bruxomanlar olarak adlandırılan kişilerde maksimum çiğneme kuvvetlerinin büyük azı dişi bölgesinde 35.6-37.19 kg (353-365 N), küçük azı dişi bölgesinde 1-6.35 kg (56-64 N) ve kesici diş bölgesinde de 6.35 kg (65 N) olduğunu belirtmektedir. Bu yüksek kuvvetler, hem doğal dişler hem de endodontik tedavi görmüş dişler için ciddi bir tehdit oluşturur. Araştırmalar ayrıca, ön bölgedeki dişlerin yaklaşık 25-75 N, arka bölgedeki dişlerin ise 40-125 N ortalama ısırma kuvvetlerine maruz kaldığını göstermektedir. Bruksizm gibi parafonksiyonel aktivitelerin varlığı durumunda bu değerler 1000 N gibi yüksek seviyelere ulaşabilir. Bu nedenle, restoratif materyallerin fiziksel özelliklerine ve restorasyonların mekanik özelliklerine özen göstermek gerekmektedir (Erdemir, 2021).

Kalan Diş Dokusu Miktarının Değerlendirilmesi

Kanal tedavili dişlerin restorasyonu için yapılan planlama ve malzeme seçimiyle ilgili literatürde yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu tür kararlar verilirken, dişin koronal bölgesindeki kalan dokunun miktarı ve işlevsel ihtiyaçlar gibi kritik faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Heling vd., 2002).

Restorasyonu planlanan dişin, kök kanal tedavisi sonrası kalan sert diş dokusu miktarı ve kalitesi, seçilen restoratif materyalin özelliklerinden daha büyük bir öneme sahiptir. Zira dişin kalıcı olarak ağızda kalmasını etkileyen, restoratif materyalin yapışma yüzeyini sağlayan faktör, kalan diş dokusunun miktarıdır. Bu unsurların doğru bir şekilde değerlendirilmesi, başarılı bir restorasyon süreci için gerekmektedir (Erdemir, 2021).

Kanal tedavisi uygulanan dişlerin kırılma direnci, aksiyal duvarların kalınlığına bağlıdır (Strand vd., 1995). Bu duvarlar, sağlam kalan mine ve dentin

dokularını ifade eder ve restorasyonun dayanıklılığı açısından da kritik bir faktördür (El Ayouiti vd., 2011). Literatürde kalan duvar kalınlığına dair farklı görüşler olsa da, Peroz vd. (2005), kron kök yapısının fonksiyonel yükleri karşılamada aksiyal duvar kalınlığının önemli bir faktör olduğunu belirtmektedir. Bir kron restorasyonu için hazırlanacaksa, bu kalınlık 1 mm'den daha fazla olmalıdır. Kanal tedavisi uygulanmış dişlerde ise, kalan aksiyal duvar kalınlığının 2 mm olması, yeterli kırılma direncini sağlamak için önemlidir (Strand vd., 1995). Scotti vd. (2013), yaptıkları in vitro çalışmada, farklı duvar kalınlıklarına sahip premolar dişleri çeşitli adeziv tekniklerle restore ederek, bu dişlerin kırılma direncini değerlendirmişlerdir. Bulgulara göre, kalan aksiyal duvar kalınlığı 2 mm'den fazlaysa, fiber post destekli bir kompozit restorasyon, tüberküllerin kaplanmasına gerek kalmadan yeterli direnci sağlar. Ancak, duvar kalınlığı 2 mm'den azsa, tüberküllerin kaplanmasıyla birlikte kırılma direnci artırılabilir (Scotti vd., 2013).

Minimal koronal yapı kaybı. Minimal koronal dokusu kaybı olan dişler, kök kanal tedavisine ihtiyaç duyan ancak kaviteye sahip olmayan dişlerdir. Bu tür dişlerde endodontik tedavi sonrası, sağlam dişlere göre lateral veya vertikal kırıklar beklenmez; nispeten küçük endodontik giriş kavitesi ve pulpa odası genişlemesi nedeniyle, dişin biyomekanik niteliklerine büyük oranda zarar verilmediği düşünülür (Lander & Dietschi, 2008). Bu dişler için, pulpa odası ve giriş kavitesinin adeziv restorasyonlarla doldurulması tavsiye edilir.

Materyal seçimi, etkin bir adeziv sistemle birlikte gerçekleştirilen bonding işlemi ve kompozit rezinlerle sınırlanmalıdır (Krejci & Stavridakis, 2000). Ancak, bu koruyucu yaklaşım parafonksiyonel alışkanlıkları olan, grup kılavuzluğuna ve dik kavite eğimine sahip hastalar için uygun olmayabilir. Bu tür durumlar için, dişlerin tam oklüzal kaplamalarla korunması önerilir. Bu şekilde, minimal koronal dokusu kaybı olan dişlerin restorasyonu daha uygun ve etkili bir şekilde gerçekleştirilebilir (Lander & Dietschi, 2008).

Koronal diş yapısının yarısına kadar olan yapı kaybı. Orta derecede koronal diş yapısı kaybı olan dişler, kök kanal tedavisi gerektiren ve yeterli koronal yapıya sahip olan dişleri ifade eder. Bu tür dişlerde, post-kor restorasyonlara ihtiyaç duyulmaksızın, retansiyon, direnç ve stabilite sağlanabilir. Oklüzal yüzeyi kapsayan restorasyonlar, endokron veya onlay gibi, kavite tabanının kompozit rezin ile

doldurulması ve daha düzgün bir kavite preparasyonu elde etmek amacıyla tavsiye edilir (Dietschi vd., 2008).

Bu restorasyon yaklaşımı, dişin koronal yapısını daha iyi koruma altına alarak, dişin fonksiyon ve estetiğini uzun vadede sağlamaya yardımcı olur. Özellikle endodontik olarak tedavi edilmiş dişlerde, bu tür restorasyonlar, yapısal bütünlüğü koruyarak dişin daha sağlıklı bir geleceğe sahip olmasına katkıda bulunur. Bu nedenle, orta derecede koronal diş yapısı kaybı olan dişler için, post-kor restorasyonları yerine oklüzal yüzeyi kapsayan restorasyonlar önerilmektedir.

Koronal diş yapısının yarısından fazlasının kaybı. Dişin koronal kısmındaki büyük bir bölümün kaybı durumunda, dişin yüzeyinde gerekli adezyon ve koronal yapı sağlanamaz. Bu durumlarda, dişin ve restorasyonun bütünlüğünü kırılmaya karşı güçlendirmek ve direncini artırmak için post-kor restorasyonları gerekli olmaktadır. 1.0-1.5 mm duvar kalınlığına sahip uygun bir preparasyon tasarımıyla, kalan koronal diş yapısı lateral ve vertikal kuvvetlere dayanıklı olmalıdır. Preparasyon sınırında marjinal bölgeleri 1.5-2.0 mm genişletmek suretiyle ferrule etkisi elde edilmelidir (Sorensen & Engelman, 1990).

Günümüzdeki literatür ve araştırmalar, post ve kor yapımında adeziv yöntemlerin kullanılmasını önermektedir (Dietschi vd., 2008). Oklüzal anatominin ve işlevselliğin, kron restorasyon ile geri kazandırılması genellikle önerilir. Ancak bu restorasyon seçeneği, daha yüksek bir biyomekanik başarısızlık riski taşır ve bu risk, kaybedilen diş yapısı miktarıyla doğrudan ilişkilidir (Lander & Dietschi, 2008).

Özetle, büyük ölçüde koronal diş yapısı kaybı olan durumlarda, post-kor restorasyonlar kullanmak ve uygun ferrule etkisi sağlayarak, dişin kırılma direncini ve yapısal bütünlüğünü korumak önemlidir. Bu, uzun vadeli başarıyı desteklemeye yardımcı olur ve dişin fonksiyonunu ve estetiğini sürdürmeye katkıda bulunur.

Koronal diş Yapısının ileri düzey kaybı. Bu tip dişler, biyomekanik olarak kabul edilebilir sınırın altında durumlar sergiler ve uzun vadede restoratif açıdan uygun ya da güvenli yaklaşımlar bulunmamaktadır. Çok köklü dişlerde, dişin yüksekliğinin ortodontik yöntemlerle artırılması mümkündür; fakat, restorasyona istikrar kazandırmak ve ferrule etkisi sağlamak adına geniş kron uzantıları uygun bir çözüm olarak görülmemektedir. Aşırı doku kaybına maruz kalmış arka dişlerin

konvansiyonel tedavisinde, dişin çekilmesi ve implant uygulanması, alternatif bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir (Cho, 2004).

Ferrule. Kanal tedavisi yapılmış dişlerde, kırılma direncini artırmak, kök kırıklarını önlemek ve restorasyon tekniğini belirlemek için önemli olan faktörlerden biri, ferrule varlığı ve ferrule etkisidir. Ferrule kelimesi Latince "ferrum" ve "viriola" kelimelerinin birleşiminden meydana gelir; "ferrum" demir anlamına gelirken, "viriola" bilezik anlamındadır (Brown, 1993). Ferrule, dişin diş eti kenarından koronal yönde paralel uzanan dentin duvarları olarak tanımlanır (Ree & Schwartz, 2010, Zhang vd., 2015). Bu koronal bölümde kalan doku, diş eti sınırında stres yoğunlaşmasını azaltır (Rosenstiel vd., 2001).

Ferrule etkisi, kronun metal veya seramik kısmının, alttaki diş dokusunu tamamen saran bir bilezik gibi çalıştığı şeklinde tanımlanır (Mamoun, 2014; Stankiewicz & Wilson, 2002; Juloski vd., 2012). Kanal tedavisi yapılmış dişlerde, kök kırıklarını engellemek ve kron restorasyonunun dayanıklılığını sağlamak amacıyla ferrule etkisinin restorasyon için oluşturulması büyük önem taşır (Mamoun, 2014).

Ferrulenin bir dizi etkisi vardır.

- Koronal yönde dentin duvarlarının, kronun metal veya seramik kısmı tarafından tamamen sarılması, dişe uygulanan kuvvete karşı diş, post ve/veya kor parçalarının birbirinden bağımsız olarak hasar görmesini engeller. Böylece, bu farklı bileşenler, uygulanan kuvvete sanki tek bir yapıymış gibi direnç gösterirler. Ferrule olmayan dişlerde, dişe uygulanan kuvvetler, diş, post ve kor gibi yapıların farklı şekillerde hasar görüp bükülmelerine veya kırılmalarına neden olur. Böylesi bir durumda, farklı kırılma düzlemleri oluşumuna neden olan streslerin oluşmasına yol açar (Sorensen & Engelman, 1990; Suebsawadphatthana & Leevailoj, 2019).
- Aksiyal kavite duvarlarını yitirmiş, ferrule varlığı olmayan arka dişlerde, diş eti seviyesinin üzerinde bulunan post ve kor kısımlarının farklı miktarda bükülmesi nedeniyle ortaya çıkan stresler, furkasyon ve kök kırıklarını tetikler (Scherrer vd., 2019).

- Ferrule mevcudiyeti, kuvvetlerin daha geniş bir alana yayılmasına yardımcı olarak dişi farklı stres oluşumlarına ve kırılmalara karşı korur (Mamoun, 2014).
- Ferrule etkisi, postların yarattığı kama etkisini ve çiğneme fonksiyonu sırasında ortaya çıkan lateral kuvvetleri engellemeye yardımcı olur (Sorensen & Engelman, 1990).
- Restorasyonun yeterli direnç göstermesini sağlayarak, daha uzun süre dayanıklılığın koruyabilmesini sağlar (Al-Hazaimeh & Gutteridge, 2001).
- Ferrule etkisi, vertikal kök kırıklarını büyük ölçüde azaltır. Oluşan kırıklar, genellikle oblik veya yatay kırık şeklinde meydana gelir (Barkhordar vd., 1989).

Ferrule etkisi, diş restorasyonlarının dayanıklılığı açısından oldukça önemlidir ve ferrule yüksekliği ile kalınlığına bağlı olarak değişir. Ferrule yüksekliği, koruyucu etkisinin sağlanması için kalan koronal doku yüksekliği olarak tanımlanabilir. Sorensen ve Engelman (1990) tarafından yapılan bir *in vitro* çalışmada, 1 mm ferrule varlığı olan kanal tedavili dişlerin kırılma direncinin ferrule olmayan dişlere göre iki kat daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ferrule yüksekliğinin daha etkili olduğunu gösteren diğer çalışmalar da bulunmaktadır (Barkhordar vd., 1989; Isidor vd., 1999; Zhi-Yue & Yu-Xing, 2003). Libman ve Nicholls (1995) tarafından yapılan bir başka *in vitro* çalışmada, farklı ferrule yüksekliklerine sahip kesici dişlerin kırılma direnci karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, 0.5 ve 1 mm ferrule varlığı olan dişler, 1.5 ve 2 mm ferruleye göre daha düşük kırılma direnci göstermişlerdir. Bazı *in vitro* çalışmalarda, kırılma direncinin en yüksek görüldüğü dişlerde ferrule yüksekliğinin 2 mm (Akkayan, 2004; Fokkinga vd., 2007) ve 3 mm (Pereira vd., 2006) olduğu bildirilmiştir.

Ferrule şekli, ferrule yüksekliği kadar önemli bir faktördür ve bu konu birçok araştırmada ele alınmıştır. İdeal olarak, çevresel ve eşit yükseklikte bir ferrule tercih edilir. Ancak, klinik uygulamalarda ideal ferrule şekli her zaman elde edilemez çünkü erozyon, aşındırma, çürük ve kavite hazırlığı gibi faktörlerden dolayı dişlerde dokusal kayıplar olabilir (Jotkowitz & Samet, 2010; Zhang vd., 2015). Bir *in vitro* çalışmada, Tan vd. (2005), 2 mm çevresel ferruleli, 2 mm kısmi ferruleli (2 mm bukkal ve lingual, 0.5 mm proksimal ferrule) ve ferrulesiz kanal tedavili dişlerin

kırılma direncini karşılamıştır. Bu çalışmanın sonuçları, 2 mm çevresel ferruleli dişlerin kırılma direncinin, kısmi ferruleli dişlere göre daha yüksek olduğunu göstermektedir. Kanal tedavili dişlerde kısmi ferrule varlığının, ferrule olmamasına göre daha etkili olduğu bulunmuştur (Tan vd., 2005; Ng vd., 2006).

Kanal tedavisi yapılmış bir dişin restore edilmesi planlanırken, ferrule varlığı, yüksekliği ve konumu önemle değerlendirilmelidir. Çevresel 2 mm ferrule yüksekliği, devitalize dişlerin kırılmaya karşı direncini önemli ölçüde artırırken, aşırı madde kaybı nedeniyle sadece fonksiyonel alanlarda bulunan 2 mm ferrulenin yeterli olduğu bildirilmiştir. Eğer yeterli ferrule sağlanamıyorsa, dişin kron/kök oranı ve biyolojik genişlik değerlendirilerek uygun bir tedavi planı belirlenmelidir. Kron/kök oranı 1:1 veya daha büyükse ve biyolojik genişlik ≥ 3 mm ise, cerrahi olarak kronu uzatma veya ortodontik olarak dişin ekstrüzyonu gibi yöntemler kullanılarak uygun ferrule oluşturulabilir. Kron/kök oranı 1:1'den küçük ve biyolojik genişlik < 3 mm ise, dişin restorasyonu için uygun bir ferrule oluşturmak mümkün olmayabilir. Bu durumda, post-kor uygulaması düşünülmelidir. Ancak, dişin prognozu restoratif tedavi ile olumsuz olacaksa veya dişte ciddi mobilite ve ağız hijyeni sorunu varsa, dişin çekilmesi gerekebilir. (Faria, 2011; Juloski vd., 2012).

Sonuç olarak, ferrule etkisi ve konumu kanal tedavili dişlerin restorasyonunda önemli faktörlerdir. Uygun ferrule varlığı ve yüksekliği, dişlerin kırılma direncini önemli ölçüde artırabilir. Dolayısıyla, restorasyon planlaması yapılırken ferrule etkisinin değerlendirilmesi ve dişin kalan dokusunun uygun şekilde korunması ve güçlendirilmesi önemlidir.

Kanal Tedavili Dişlerin Restorasyonu

Kanal tedavisi uygulanmış dişlerde, geniş giriş kavitesi, çürük ya da travma gibi faktörlerden ötürü önemli miktarda madde kaybı yaşanabilir. Bu gibi durumlarda, dişlerin direkt veya indirekt şekilde restore edilmesi gerekir. Sızdırmazlık ve kırılma direnci konusunda, indirekt restorasyonlar direkt restorasyonlardan daha avantajlıdır; fakat bu yöntemlerin üretim süresi uzun olabilir, daha yüksek maliyetlere neden olabilir ve periodontal uyum açısından direkt restorasyonlar kadar iyi olmayabilir (Tikku vd., 2010).

Kanal tedavisi uygulanmış dişlerin restorasyonları, kaybedilen doku miktarına bağlı olarak farklı teknikler ve materyaller ile yapılır. Genelde, aşırı madde kaybı olan dişlerin restorasyonu kronlar ile yapılır. Kronlarla birlikte kullanılan post-

korlar, geleneksel bir yaklaşım olmakla birlikte, endodontik tedaviye tabi tutulan dişlerde küçük kavite restorasyonları için direkt kompozit rezin kullanımı da önerilmektedir. Ayrıca, son zamanlarda kompozit rezin ya da seramikten yapılan indirekt restorasyonlar, özellikle onleyler ve endokronlar, popülerlik kazanmıştır. Uygun restoratif teknik ve materyalin seçimi, kalan diş yapısının miktarına bağlı olarak yapılır ve bu, endodontik olarak tedavi edilmiş dişlerin uzun vadeli başarısını belirler (Eliyas vd., 2015).

Direkt Restorasyonlar

Aşırı madde kaybı görülmeyen endodontik tedavi uygulanan dişlerde direkt kompozit rezinler genellikle ilk tercihtir. Yeni nesil kompozitlerin basınç direnci yaklaşık olarak 280 Mpa' dır ve Young modülü dentininkine benzerdir (Powers & Sakaguchi, 2006).

Polimerizasyon sürecinde doğru bir şekilde polimerize edildiğinde, kompozit rezinler yüksek estetik değer ve ideal mekanik özellikler sağlar. Bu malzemeler ayrıca, bağlanma yüzeylerini güçlendirerek diş yapısını destekler. Ancak, polimerizasyon süreci boyunca meydana gelen büzülme, restorasyonun uzun vadeli başarısı için bir engel oluşturabilir (Yoshikawa vd., 1999).

Kök kanal tedavili ön dişlerdeki madde kaybının minimal olduğu durumlarda, direkt kompozit restorasyonlar geleneksel bir seçenek olarak kabul edilir. Bu tür restorasyonlar, koronal sızıntıyı engeller ve kök kanal sistemine hızlı bir sealing sağlar, bu da bakteriyel kontaminasyonu engeller (Gelb vd., 1986; Reeh vd., 1989). Sağlam dişlerle benzer düzeyde kırılma direncine sahip olan minimal restorasyonlu dişler arasında, direkt kompozit restorasyonlar posterior dişlerin küçük restorasyonları için de kullanılabilir. Bununla birlikte, koronal dokunun üçte birinden fazlasının kaybı durumunda, direkt kompozit restorasyonlar uygun değildir. Dişin direkt korunması için bukkal ve lingual bölgelerde sağlam dentin dokusunun en az 1.5 mm kalınlığında ve 3-4 mm yüksekliğinde olması gerekir (Roberson vd., 2010).

Amalgam restorasyonların dayanıklılığı kompozit dolgulara göre iki kat daha fazladır. Kompozit kullanırken yaşanan polimerizasyon büzülmesi, yetersiz marjinal uyum, daha yüksek aşınma oranları, gıda sıkışmasına yol açan kusurlu temas noktaları ve kavitenin tabanında yeterince sertleşmemiş kompozit dolgu materyali gibi komplikasyonlar hafife alınamayacak sorunlardır, ancak amalgam için hiçbir zayıflık olmadığı anlamına gelmez: Retatif kavitelere duyulan ihtiyaç nedeniyle

sağlıklı diş dokusu kaybı , diş kronunun sırtlarını aşındırma yoluyla dişin gücünün zayıflaması, kavite tasarımının bir sonucu olarak kalan diş dokusunun (çoğunlukla bukkal ve lingual yüzeyler) kırılma riski gibi sorunlardan dolayı günümüzde, kompozit rezinler ve dental seramikler konservatif restorasyonlar için sıkça tercih edilmektedir (De Moor & Delmé, 2008). Amalgamın olası toksik etkileri ve değerli metal alaşımlarının yüksek maliyeti, bu materyallerin kullanımının azalmasına yol açmıştır (Ekstrand vd., 2010). Amalgamın elastisite modülü, dentininkiyle benzerdir. Ne yazık ki, geleneksel amalgam restorasyonlar diş dokularına bağlanamaz ve bu durum, riskli stres dağılımına yol açar (Soares vd., 2008).

Kompozit rezin ve amalgam restorasyonlarının endodontik tedavi görmüş dişlerin başarı oranları üzerine etkileri, birçok araştırmada incelenmiştir. Hansen vd. (1988), kanal tedavisi yapılmış premolar dişlerin 3 yıl boyunca takip edildiği bir çalışmada, kompozit rezin ile restore edilen dişlerin, amalgam ile restore edilenlere göre daha az tüberkül kırığına maruz kaldığı gözlemlenmiştir.

Endodontik tedavi sonrası uygulanacak restoratif materyali seçimi, kalan diş dokularında oluşacak stres faktörlerini de dikkate almayı gerektirir. Soares ve arkadaşları (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, amalgam, dental seramik, direkt ve indirekt kompozit rezin restorasyonların diş dokularında oluşturduğu stres seviyeleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, diğer materyallerin aksine amalgam ile restore edilen dişlerde daha yüksek stres değerlerine rastlanmıştır. Bu, diğer materyallerin diş dokularına bağlanabilme yetenekleri nedeniyle oluşabilecek stresi azaltmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Monoblok yapı oluşumuna izin vermeyen materyallerin kullanılması, diş dokularında ve restoratif materyallerde stres dağılımının eşit olmayacağı ve kırılmalara neden olacağı için tercih edilmemelidir (Soares vd., 2008).

Geleneksel yöntemler arasında, döküm veya prefabrik post-kor, pin destekli amalgam/kompozit kor ve kron restorasyonları yer almaktadır (Shillingburg vd., 1997). Ancak, pin destekli amalgam/kompozit kor restorasyonlarının, dişte çatlak veya kırık oluşumuna meyilli olması nedeniyle güvenilirliği sorgulanmaktadır (Khera vd., 1978). Bu nedenle, amalgam/kompozit kor restorasyonlarında, prefabrik post ve pin kullanımı tercih edilmemektedir (Ruemping vd., 1979).

Döküm post-korlar, kök kanalına uyum sağlamak üzere özel olarak hazırlanan ve dişe özgü yapıda olan, hem post hem kor kısmını içeren daimi restorasyon öncesi yapılarıdır. Postun uygulanacağı kanalın ölçümü, rezin kullanarak

kanalın ve korun ağız içinde şekillendirilen direkt yöntemle ya da kanalın ve tüm dişlerin ölçüsünün alındığı indirekt yöntemle gerçekleştirilir. Bu tür restorasyonlarda yaşanabilecek klinik başarısızlıklar arasında retansiyon kaybı, kök kırıkları ve korozyon riski (soy olmayan alaşımlar kullanıldığında) bulunmaktadır (Gomez-Polo vd., 2010). İki seansta gerçekleştirilen döküm post-kor restorasyonlarında, geçici restorasyonla bekleme süresinde mikrosızıntı oluşabilir. Bu nedenle, tek seansta yerleştirilen postların kullanımı tercih edilebilir (Naoum vd., Chandler, 2002).

Prefabrike postlar, belirli çap ve boyutlarda üretilen, tek aşamada uygulanan restorasyon öncesi yapıları içeren paslanmaz çelik, titanyum, titanyum alaşımları veya altın kaplamalı pirinçten üretilen materyallerdir. Döküm postlara göre, ölçü alma ihtiyacının olmaması, minimal preparasyon gereksinimi ve klinik uygulamanın kolaylığı nedeniyle prefabrike post-kor restorasyonları daha avantajlıdır. Ekonomik olmalarının yanı sıra, laboratuvar işlemlerine de ihtiyaç duymazlar. Prefabrike postlar, özel frezlerle hazırlanan kök kanalına pasif olarak yerleştirilir ve aynı seansta amalgam veya kompozit kor oluşturulur. Kompozit korun avantajı, uygulama sırasında şekillendirilebilmesi ve diş dokusuna hem kimyasal hem de mikromekanik olarak bağlanabilmesidir. (Smith vd., 1998).

İndirekt Restorasyonlar

Diş hekimliğinde indirekt restorasyonlar, dişlerin aşırı madde kaybı, çürük veya travma gibi nedenlerle doğrudan ağız içinde yapılamayacak kadar büyük onarımlara ihtiyaç duyması durumunda uygulanan tedavi yöntemleridir. Bu tür restorasyonlar, laboratuvar ortamında özel olarak hazırlanan ve ardından diş üzerine yerleştirilen yapıları içerir.

İnleyler ve onleyler. Dişin çürük veya kırık olan kısımlarını değiştirmek için kullanılan özel şekilli restorasyonlardır. İnleyler, dişin oklüzal yüzeyinde tüberküllerin dahil olmadığı çürükler için uygulanırken, onleyler ise dişin oklüzal ve tüberkül yüzeylerini içerir. Bu restorasyonlar seramik, kompozit rezin veya altın gibi materyallerden yapılabilir.

Kronlar. Kronlar, dişin büyük bir kısmının kaybedildiği veya yapısal olarak zayıfladığı durumlarda uygulanır. Kronlar, dişin tüm koronal kısmını kaplayarak,

dişin doğal şekli ve fonksiyonunu yeniden sağlar. Kronlar, metal, metal-seramik kombinasyonları veya tam seramik gibi çeşitli materyallerden üretilebilir.

Sabit bölümlü protezler. Bir veya birden fazla eksik dişi destekleyen ve yanındaki dişlere bağlanan sabit protezlerdir. Komşu dişlerin şekillendirilmesi ve üzerlerine kronlar yerleştirilmesiyle oluşturulur. Metal, metal-seramik kombinasyonları veya tam seramik gibi materyallerden yapılabilir.

Veneerler. Dişlerin ön yüzeylelerinde estetik düzeltmeler yapmak için kullanılan ince laminatlardır. Veneerler genellikle seramik veya kompozit rezin içerikli materyallerden yapılmaktadır ve renk, şekil veya pozisyon problemlerini düzeltebilir.

İndirekt restorasyonlar, doğrudan restorasyonlara kıyasla daha dayanıklı, daha uzun ömürlü ve daha iyi sızdırmazlık sağlar. Bununla birlikte, indirekt restorasyonların maliyetleri yüksektir ve tedavi süreci daha uzundur. Ayrıca, dikkatli planlama gerektirir, böylece doğru uyum ve işlevsellik sağlanır (Loomans vd., 2013; Manfredi vd., 2019; Gülsahi vd., 2018).

Post-kor restorasyonlar. Diş restorasyon teknikleri, özellikle aşırı madde kaybı yaşanmış dişlerin restorasyonu konusunda, 16. yüzyılın sonlarından itibaren sürekli olarak gelişmiştir. Bu alandaki öncü çalışmalardan biri, 18. yüzyılda Fauchard tarafından gerçekleştirilen post-kor restorasyon çalışmasıdır (Fauchard, 1980).

1887 yılında Dewis, kendi geliştirdiği pivo mil kronları ile kök kanal tedavisi görmüş dişlerin veya tek başına konservatif ve kron restorasyonun yetersiz olduğu dişlerin protetik tedavisini sağlamıştır. Bu restorasyon sistemi, iki parçadan oluşur: kron ve post. Diş eti üzerinde görünen kısım 'kor' olarak bilinirken, kök kanalı içerisine yerleştirilen kısım 'post' olarak adlandırılmıştır. Post, kök kanalının yaklaşık 2/3'üne kadar uzanan ve destek ile tutuculuk sağlayan bölümdür (Christensen, 1998). Kısa bir süre sonra, 1889 yılında Richmond, post, kron ve kökün servikal yüzeyini kaplayan bir ara parçadan oluşan kendi adını taşıyan milli kronlarını tasarlamıştır. Zamanla, bu iki yaklaşım yerini tek parça döküm pivolarına bırakmıştır. Tek parçalı porselen kronlar 19. yüzyılın sonlarında görünmeye başladı ve teknolojik gelişmelerle birlikte, hazır döküm post-korlar tek parçalı post-kronların yerini

almıştır. Prefabrik post ve kompozit kor materyalleri 1960'lardan itibaren geliştirilmeye başlanmıştır (Smith & Schuman, 1998).

Post-kor restorasyonların endikasyonları ve kontrendikasyonları. Aşırı madde kaybı durumunda, özellikle üç veya daha fazla aksiyal kavite duvarının kaybı durumunda, post-kor restorasyonlar önerilmiştir. Bunlar aynı zamanda mine displazilerinde, distrofilerde ve kırık onarımları gibi durumlarda, overdenture protezlerde ataçmanların köklere post-kor yardımı ile birleştirilmesinde ve malpoze dişlerin protetik tedavisinde kullanılmıştır (Shillingburg vd., 1997; Peroz vd., 2005).

Ancak, her durumda post-kor restorasyonlarının uygulanması doğru olmayabilir. Örneğin, periapikal patolojisi olan dişler, kırılmaya yatkın ince ve eğri köklü dişler, kökte çatlak veya kırık bulunan dişler, hiperkalsifiye kanalları olan dişler, ağız hijyeninin yetersiz olduğu ve yüksek periodontal enfeksiyon riskine sahip hastalar ve kanal tedavisinde başarısızlık sonucu kanalı perfore olan dişlerde post-kor uygulaması genellikle önerilmez (Sidoli vd., 1997).

Günümüzde, estetik endişelerin artmasıyla birlikte, post-kor restorasyonlarına yönelik yaklaşımlar da evrilmiştir. Geleneksel restorasyon teknikleri, adeziv materyallerle geliştirilmiştir. Ancak, tam seramik kronların metal post ve korlarla birlikte kullanılması, metal alt yapının opaklığı nedeniyle estetik sorunlara yol açabilmektedir (Pissis, 1995). Bu metal post ve korlar, restorasyonun ışık geçirgenliğini azaltabilir ve kökün servikal bölgesinde yansımalara neden olup diş eti profilini etkileyebilir (Meyenberj, 1994). Ayrıca, soy olmayan metallerin kullanılması, korozyon ürünlerinin diş etinde birikmesine yol açıp diş etinde ve kökte renklenmelere neden olabilir (Takeda vd., 1996). Bu nedenle, fiberle güçlendirilmiş seramik postların, döküm ve metal prefabrik postlara alternatif olarak kullanılması günümüzde daha sıklıkla tercih edilir (Koutayas & Kern, 1999).

Fiberle güçlendirilmiş postlar. İlk olarak 20. yüzyılın sonlarında uygulanmıştır. Bu materyal, karbon ve silika fiberlerin epoksi rezin polimer matriksle kaplanmasıyla elde edilir. Karbon ve silika fiberler, sarmal, örgü ve uzunlamasına olmak üzere farklı şekillerde bulunabilir ve çapları 7-10 µm arasındadır. Metal içermediği için korozyona ve metal alerjilerine neden olmazlar ve biyolojik olarak uyumludurlar. Ayrıca, fiberle güçlendirilmiş postlar, daha az kök kanal preparasyonu gerektirdiği için daha konservatifirler (Malferrari vd., 2003).

Fiberle güçlendirilmiş postların elastisite modülleri dentine yakındır ve mekanik özellikleri diş dokusu ile benzerdir. Üç tür fiber post vardır: karbon, cam ve kuartz. Bu materyallerin her biri farklı özelliklere sahiptir ve uygulanacak duruma göre seçilmelidir. Karbon fiber postlar, tam seramik kronlarla veya kompozit restorasyonlarla birlikte kullanıldığında rengi maskelenemediği için daha estetik kuartz ve cam fiber postlar geliştirilmiştir (Ferrari vd., 2000).

Seramik postlar. Diş hekimliği alanında, özellikle son yüzyılın sonlarında seramik postlar geniş bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bunlar, doğal diş benzer optik özellikler sağlamaları nedeniyle tam seramik kronlarla birlikte tercih edilirler; çünkü renkleri genellikle dentine benzer. Farklı türde seramik postlar bulunmaktadır: Cam seramikler, alüminyum oksitle güçlendirilmiş seramikler ve zirkonyum oksit seramikler.

Cam seramik postlar, dökülebilir cam seramiklerden üretilirler. Bununla birlikte, dayanıklılıkları düşük olduğu için genellikle sınırlı kullanımları vardır. Alüminyum oksit ile güçlendirilmiş seramik postlar, seramiğin alüminyum oksitle güçlendirilme süreci ile elde edilir. Ancak, bu tür postların üretim süreci oldukça hassas ve uzun olduğu için genellikle tercih edilmezler.

Zirkonyum oksit seramikler ise, zirkonyuma itriyum eklenerek oluşturulan ve YTZP (yttrium stabilized tetragonal zirconia polycrystal) olarak bilinen bir malzemedir. Bu malzeme, saf zirkonyuma kalsiyum, magnezyum, alüminyum, itriyum ve seryum gibi metal oksitler eklenerek tetragonal fazın oda sıcaklığında stabil hale getirilmesi ile oluşur. Bu işlem, tetragonal fazdan monoklinik faza geçişin kontrollü bir şekilde yapılmasını sağlar.

Zirkonyum postların yüksek eğilme ve kırılma dayanıklılığı, kimyasal stabilitesi, biyouyumluluğu ve iyi optik özellikleri, restoratif bir materyal olarak kullanılmasını mümkün kılar. Ancak, fiber postlardan daha sert olmaları nedeniyle kök kırıkları riskini artırır. Ayrıca, bir kanal tedavisinin yeniden yapılması gerektiğinde, zirkonyum postların kanaldan çıkarılması genellikle çok zordur (Baba vd., 2009; Ozkurt vd., 2010; Goracci & Ferrari, 2011).

Kompozit ya da seramik onley, overley ve endokronlar. Kök kanal tedavisi görmüş dişlerin restorasyonunda, seramik ya da kompozit materyaller kullanılarak onleyler, overleyler ve endokronlar oluşturulabilir. Onleyler, kaybedilen

diş dokusunu yerine koymak amacıyla bir veya daha fazla tüberkülü birleştirirken, endokronlar kanal içi post, kor ve kronu tek bir bileşen olarak bir araya getirirler. Bu yöntemler, dişin kalan doğal yapısını koruyarak, tam kron restorasyonuna kıyasla daha konservatif bir yaklaşım sunarlar ve tüberkül ve çevre duvarlarını tamamen ortadan kaldırmak zorunda kalmadan tedavi edilmesini sağlarlar. Ayrıca, bu yöntemler, estetik açıdan da tatmin edici sonuçlar verirler ve endodontik tedavinin başarısını artırır (Göhring & Peters, 2003; Rocca & Bouillaguet, 2008).

Endokron Restorasyonlar

Kanal tedavisi gören dişlerin restorasyonu, etkili dentin adezivlerinin geliştirilmesiyle birlikte önemli bir gelişme kaydetmiştir. Adeziv restorasyonlar, yeterli yüzey varlığında makroretatif elemanlara ihtiyaç duymadıkları için büyük bir avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle, kanal içi postların kullanımı geleneksel restorasyon teknikleri arasında yer almamaktadır. Minimal invaziv preparasyonlar ve maksimum doku koruması, kanal tedavisi gören dişlerin restorasyonunda kabul edilen altın standart olarak görülmektedir. Bu yaklaşım, endokronların geliştirilmesiyle de benimsenmiş ve aşırı madde kaybına sahip kanal tedavili santral, premolar ve molar dişlerin restorasyonunda kullanılmaktadır.

İlk olarak Pissis (1995) tarafından endokron restorasyon uygulanmıştır ve "monoblok porselen tekniği" olarak adlandırılmıştır. Endokronlar, kanal tedavisi gören posterior dişlere yönelik total porselen kronlar olarak da adlandırılmaktadır. Bu kronlar, makro-retansiyonu pulpa duvarlarından ve mikro-retansiyonu adeziv simantasyondan sağlayarak pulpa odası ve kavite kenarlarından destek alırlar. Geleneksel post ve kron tedavilerinin uygun olmadığı aşırı madde kaybı olan ve c şeklinde kanalları bulunan, birden fazla retreatment kanal tedavisi görmüş dişler, sınırlı interproksimal aralıklar veya yetersiz seramik kalınlıkları olan durumlarda endokronlar endikedir (Pissis, 1995).

Endokronlar, geniş mezial oklüzal distal (MOD) kavitelerde tüm oklüzal yüzeylerin kaplanması ile oklüzal kuvvetleri dengelemek ve tüberkül kırıklarını önlemek için uygulanır. Düşük maliyet, kolay uygulanabilirlik, hızlı hazırlanabilirlik, estetik özellikler ve kısa ve aşınmış klinik kron boyuna sahip, kalsifiye, açılı veya kısa kök kanalları olan dişlerde post uygulamasının mümkün olmadığı durumlarda

alternatif bir tedavi seçeneği olmaları, endokronların avantajları arasında sayılabilir. (Chang vd., 2009; Lin vd., 2013; Dietschi vd., 2008; Biacchi & Basting, 2012).

Endokron restorasyonların endikasyonları.

- Endodontik tedaviden başarıyla geçmiş dişler.
- Kısa klinik krona sahip olan dişler.
- Interoklüzal mesafesi yetersiz olan dişler.
- Kök kanalları kalsifiye olmuş, kökleri ince veya eğimli olan dişler.
- Bukkal ve palatal tüberkülleri fonksiyon gören dişler (Moor, 2013).

Endokron restorasyonların kontrendikasyonları.

- Pulpa odası derinliği 3mm'den daha az olan dişler.
- Servikal marjin genişliği 2mm'den az olan durumlar(Moor, 2013).

Endokron restorasyonların kullanımının avantajları.

- Geleneksel metal destekli kronlara göre uygulaması daha kolay ve ekonomiktir.
- Preparasyon ve restorasyon süreci kısa zaman alır.
- Estetik bir görünüm sunar.
- Diş yapısını daha fazla korur (Moor, 2013).

Endokron restorasyonların kullanımının dezavantajları.

- Uzun vadede klinik sonuçlarıyla ilgili daha fazla veriye ihtiyaç vardır.
- Diş preparasyonu sırasında, dişin kırılmasını önlemek için 1.5-2 mm'lik bir ferrule gereklidir (Moor, 2013).

Endokron restorasyonların, post-kor kron restorasyonlara göre avantajları.

- Tedavi süreci daha az seans gerektirir,
- Uygulama işlemi daha basittir,
- Maliyet açısından daha ekonomiktir,
- Daha estetik sonuçlar verir,
- Diş dokusunu daha fazla korur,
- Ferrule oluşturulamayan dişlerde bile kullanılabilir,

- Restorasyon sınırlarının supragingivalde bulunması nedeniyle periodontal sağlık açısından daha avantajlıdır,
- Eğer restorasyon veya kök kanal tedavisi yeniden gerekiyorsa, restorasyonun sökülmesi daha kolay olduğundan tedaviyi kolaylaştırır(Güven & Yıldırım, 2019).

Endokron restorasyonlarda görülen komplikasyonlar.

- Dentin ve seramik arasındaki elastisite modülü farklılığı nedeniyle restorasyon-diş bağlantısında debonding oluşabilir,
- Kök kırığı oluşma riski vardır,
- Seçilen materyalin yetersiz fiziksel özelliklere sahip olması (örneğin metal veya yüksek dayanımlı seramik altyapısının olmaması) ile ilgili komplikasyonlar ortaya çıkabilir.

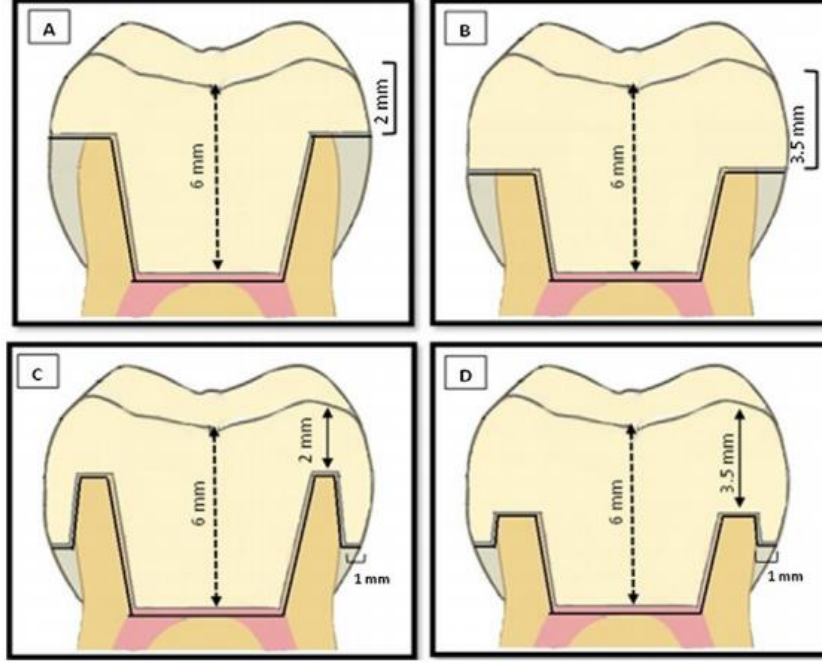
Bu nedenle, endokron restorasyonlar için lösit veya lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramiklerin kullanılması önerilmektedir. Endokron restorasyonlar, tek parça halinde üretildiğinden adezyona bağlı başarısızlık riski minimumdur (Güven & Yıldırım, 2019).

Endokron Preparasyon Tekniği

Endokron restorasyonlar, pulpa odasının derinliğine, genişliğine ve pulpa odası duvarlarına verilen şekle göre hazırlanır. Burada, kor ve kron materyalleri, kök kanalından destek almadan, pulpa odasındaki derinlik ve genişlikten tutuculuk sağlayarak tek bir monoblok birim olarak birleştirilir. Premolar dişler için, 5 mm derinliğinde ve 3 mm çapında silindirik bir eksenli pulpa odası, molar dişler için ise 5 mm çapında silindirik eksenli ve 5 mm derinliğinde pulpa odası hazırlanması tavsiye edilir. Ancak, dişteki pulpa odasındaki morfolojik farklılıktan dolayı endokronun pulpa odasından retansiyonu için gerekli olan preparasyon sınırları için genel bir prensip belirlenmemiştir. Oklüzal yükseklik, materyalin kırılma direncini sağlamak amacıyla en az 2 mm olmalıdır ve pulpa odasının tabanından itibaren genellikle 3-7 mm yüksekliğe sahip olmalıdır. Çeşitli araştırmalar, oklüzal kalınlığın artışının restorasyonun kırılma direncini artırdığını göstermiştir (Pissis, 1995; Bindl & Mörmann, 1999; Chang vd., 2009).

Şekil 1

Endokron preparasyonun ölçülerinin şematik görüntüsü (Taha vd., 2018)



- A) Butt-Joint Marjin Konfigürasyonu 2mm Oklüzal Redüksiyon 4mm Pulpa Odası Derinliği
 B) Butt-Joint Marjin Konfigürasyonu 3.5mm Oklüzal Redüksiyon 2.5mm Pulpa Odası Derinliği
 C) Heavy Shoulder Marjin Konfigürasyonu 2mm Oklüzal Redüksiyon 4mm Pulpa Odası Derinliği
 D) Heavy Shoulder Marjin Konfigürasyonu 3.5mm Oklüzal Redüksiyon 2.5mm Pulpa Odası Derinliği

Preparasyon sürecine başlamadan önce, varolan eski dolgular sağlam dokuya zarar verilmeden çıkarılmalı ve pulpa odası, gütta-perka ve siman kalıntılarında tamamen arındırılmalıdır. Diş eti oluşunun açılması için retraksiyon ipi kullanılmalıdır (Acar & Ünver, 2016). Tüm çürümüş doku kaldırılmalı, kanal ağzları mikrosızıntıyı ve bakteriyel kontaminasyonu engellemek amacıyla cam iyonomer siman ile kapatılmalıdır (Erdemir, 2021).

Oklüzal preparasyon, endokron restorasyona aksiyal yönde en az 2 mm alan sağlamalıdır. Elmas frezler, 2 mm derinliğe sahip bir kılavuz olarak kullanılır ve rehber oluklar açılarak oklüzal yüzey aşındırılır. Daha sonra, yeşil bantlı elmas tekerlek frez kullanılarak bu oluklar, oklüzal düzleme paralel şekilde birleştirilir ve servikal sınırlar oluşturulur. Frezin şekli, servikal marjini düz bir yüzey oluşturacak şekilde belirler. Servikal sınırlar genellikle supragingival seviyede sonlandırılır; ancak estetik veya madde kaybı gibi durumlarda gingival seviyede de tamamlanabilir. Farklı servikal sınır bölgeleri arasındaki seviye farklılıkları, marjin etkisini önlemek için 60°'den daha fazla bir eğimle birleştirilmelidir. 2 mm'den daha

ince olan mine duvarları prepare edilerek ortadan kaldırılır. (Erdemir, 2021; Fages & Bennasar, 2013).

Şekil 2

Rehber Olukların Açılması (Fages & Bennasar, 2013)



Şekil 3

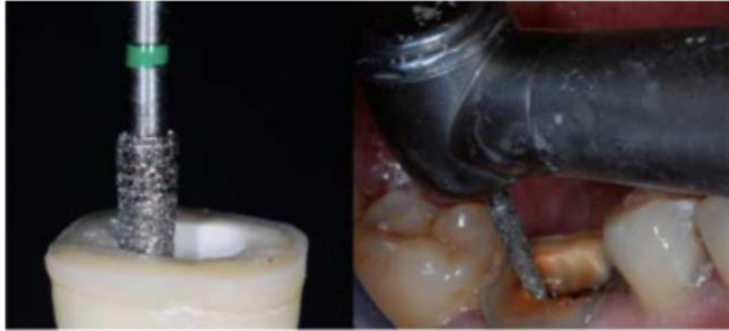
Oklüzal Preparasyon (Fages & Bennasar, 2013)



Vertikal preparasyonda, koniklik açısı 7° olan silindirokonik yeşil bantlı bir elmas frez tercih edilmelidir. Frezin ucu ve kenarları yuvarlatılmış olmalıdır. Kavitenin iç açılı keskin olmaktan kaçınılmalı ve pulpa odası ile giriş kavitesi birleştirilmelidir. Andırkatlar kaldırılmalı ve simantasyon aşamasında sorun yaşanmaması için pulpa odasının duvarları anatomik yapıya uygun şekilde $8-10^\circ$ 'lik bir açıyla şekillendirilmelidir. Pulpa odasının içinden gereksiz madde çıkarılmalıdır. Duvarlarda andırkatlar veya tabanda düzensizlikler varsa, bu bölgeler kompozit rezin ile doldurulabilir. Kök kanallarının içine intrakanal preparasyon yapılmamalıdır. Bu tür uzantılar restorasyonun internal uyumunda sorunlara yol açabilir ve bölgenin doğru ölçüsü alınamayabilir. Duvarlar arasındaki geçişler yaklaşık olarak 90° olacak şekilde şekillendirilmelidir (Erdemir, 2021; Fages & Bennasar, 2013).

Şekil 4

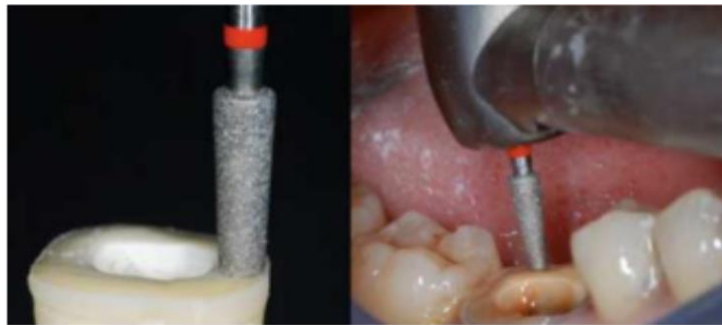
Aksiyal Preparasyon (Fages & Bennasar, 2013)



Cilalama aşamasında kullanılan frez, aksiyal preparasyonda kullanılan frezle aynı konikliğe sahip olmakla birlikte daha büyük bir çapa ve daha ince bir grenliğe sahiptir. Cilalama işlemi, servikal sınırın tüm yüzeyinde mikro düzensizlikleri gidermek ve düz, cilalı bir yüzey elde etmek amacıyla gerçekleştirilir. Bu aşamada kenar çizgisi, keskin kenarlı düzenli bir çizgi olarak görünür (Fages & Bennasar, 2013).

Şekil 5

Servikal Kenarların Cilalanması (Fages & Bennasar, 2013)



Şekil 6

Servikal Yüzeyin Cilalamadan Öncesi(A), Sonrası(B) (Fages & Bennasar, 2013)



Endokron restorasyonları, geleneksel kron restorasyonlarına kıyasla daha az invaziv bir hazırlık gerektirir ve tedavi süresi ile maliyeti azaltarak avantaj sağlar (Biacchi & Basting, 2012; Bindl & Mörmann, 1999). Bu restorasyonlar, kök kanalına dayanmaz ve kalan diş yapısını korur. Endokronlar, pulpa odasının merkezi kısmının kök içine doğru uzanan bir şekilde kompozit ile yükseltilmesiyle elde edilir. Geleneksel metal destekli porselen restorasyonlara göre daha az invaziv bir hazırlık sağlar ve periodontal dokuların korunmasına yardımcı olur (Biacchi & Basting, 2012).

Endokron restorasyonları, geleneksel kron restorasyonlarına göre birçok avantaja sahiptir. Bunlar, daha az ara yüzey sayısı gerektirmesi, homojen olmayan materyal yapısından kaynaklanan düşük gerilim konsantrasyonu ve konservatif preparasyon şeklindedir (Dietschi vd., 2008; Zarone vd., 2006). Araştırmalar, endokron restorasyonlarının kırılma dayanımının daha yüksek olabileceğini ve daha az invaziv bir hazırlık gerektirdiğini göstermektedir. Ancak, endokron restorasyonlarının mine- sement sınırının altında kırıklara neden olabileceği riski vardır, çünkü alt yapıda metal veya güçlendirilmiş seramik bulunmaz (Krejci vd., 2003; Bindl vd., 2005; Magne & Knezevic, 2009).

Endokron restorasyonları, özellikle aşırı madde kaybına sahip kanal tedavili dişlerin restore edilmesinde uygun bir seçenek olarak değerlendirilebilir. Endokronlar, geleneksel kron restorasyonlarına kıyasla daha kısa tedavi süresi, daha az invaziv bir hazırlık ve daha az materyal kullanımı avantajlarına sahiptir (Dietschi vd., 2008; Zarone vd., 2006).

Endokron Restorasyonunda Ölçü Alımı

Protetik diş tedavisinde ölçü alma işlemi, başarılı bir restorasyonun temelini oluşturur. Doğru ölçü alınmadığı takdirde restorasyon ile diş arasında uyumsuzluklar meydana gelebilir. Bu nedenle, ölçü işleminin doğru bir şekilde yapılması oldukça önemlidir. Ölçü işlemi sırasında diş eti oluşuna retraksiyon ipi yerleştirerek marjinal kenarların daha net bir şekilde ortaya çıkarılması önerilmektedir. Bu işlem, diş eti dokusunu hafifçe çekerek subgingival kenarların daha net bir şekilde görünmesini sağlar. Retraksiyon ipi yerleştirme işlemi, aynı zamanda ölçü işlemi sırasında oluşabilecek kanama riskini de azaltır. Subgingival kenarların ölçüsünün doğru bir şekilde alınması, restorasyonun uyumunu artırır. Bu nedenle, subgingival kenarların kron boyu uzatma işlemi ile uzatılması tavsiye edilir. Bu işlem, subgingival

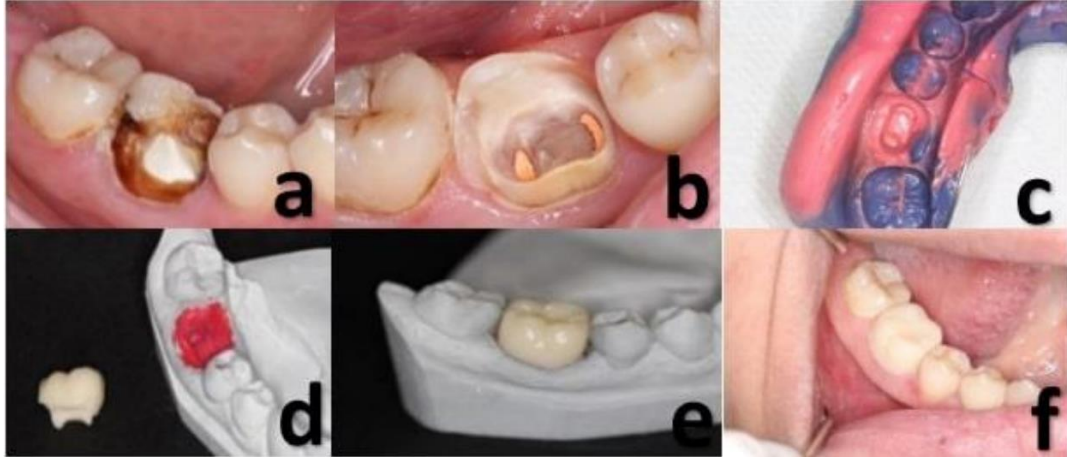
lezyonların daha iyi bir şekilde tedavi edilmesine olanak tanır ve restorasyon ile diş arasındaki uyumu artırır (Van Meerbeek vd., 2011).

Ölçü işlemi için geleneksel veya dijital ölçü yöntemleri kullanılabilir. Geleneksel ölçü yöntemleri arasında aljinat, silikon ve polieter gibi materyaller kullanılırken, dijital ölçü yöntemleri arasında dijital görüntüleme, optik tarama ve bilgisayar destekli dizayn (CAD) yer almaktadır. Dijital ölçü yöntemleri, ölçü işleminin daha hızlı ve hassas bir şekilde yapılmasına olanak tanır. Bu yöntemler ayrıca ölçü alma sırasında oluşabilecek hataları da en aza indirir (Van Meerbeek vd., 2011).

Geleneksel ölçü yöntemleri. Endokron restorasyonlar için hazırlanan dişlerin ölçüsü geleneksel olarak polivinil siloksan (A tipi/ ilave tipi) veya polieter ölçü materyalleriyle alınırken, kondanse silikonlar (C tipi) ölçü için uygun değildir. Bunun nedeni, sertleşme reaksiyonu sonrasında ortaya çıkan etil alkolün buharlaşmasıyla, sertleşen ölçünün boyutsal stabilitesinin bozulmasıdır. Ayrıca, kondanse silikonların boyutsal stabilitesi düşüktür ve ölçü dökülürse iğne ucu şeklinde boşluklar oluşabilir. Kondanse silikonlar doğru oranda karıştırıldığında genellikle minimal yan ürün oluşturur, ancak yırtılma dirençleri düşük olduğundan özellikle dar alanlardan çıkarılırken dikkatli olunması gerekir (Koç & Sarıdağ, 2020).

Polieter ölçü materyali, diğer elastomerik materyallere göre daha hidrofilik olması ve sertleşme reaksiyonu sonrasında yan ürün oluşturmaması nedeniyle mükemmel yüzey ayrıntısı sağlar. Bu materyal yüksek boyutsal stabiliteye ve elastomerik geri dönüşüme sahiptir, bu da aynı ölçünün birden fazla kez dökülmesine olanak tanır. Bununla birlikte, maliyeti diğer materyallerden daha yüksek olabilir (Boyacı & Kocacıklı, 2017).

Şekil 7



- a) Tedavi öncesi ağız içi görünümü. b) Endokron preparasyonu sonrası ağız içi görünümü.
 c) Preparasyon ölçüsünün görünümü. d) İndirek kompozit ile endokron restorasyonu elde edilmesi.
 e) Restorasyonun modeldeki görünümü. f) Restorasyonun ağız içi görünümü. (Koç & Sarıdağ, 2020)

Vinilsiloksaneter adı verilen ölçü materyali, polivinil siloksan ve polieter ölçü materyallerinin avantajlarını tek bir materyalde birleştirir. Hidrofilik özellik, düşük viskozite ve yüksek boyutsal stabilite gibi özelliklere sahip olması nedeniyle tercih edilen bir materyaldir. Ayrıca, hoş bir tada sahip olması sebebiyle hastalar tarafından daha iyi tolere edilir. Ancak, içeriğinde bulunan platin katalizörü nedeniyle pudralı eldivenlerle temas etmemesi gerekmektedir (Hasanoğlu Aydın, 2012).

Ölçü almak için geleneksel yöntemde polivinil siloksan ölçü materyali kullanılır. Ölçü alındıktan sonra preparasyon marjinleri ve diğer ölçü kısımlarının doğruluğu kontrol edilir. Ardından, karşı çeneden aljinat ile ölçü alınır ve interoklüzal kayıt yapılır (Biacchi & Basting, 2012).

Şekil 8

Kondensasyon Silikon ile Alınmış Endokron Ölçüsü (Hasanoğlu Aydın, 2012)



Dijital ölçü yöntemleri. Endokron restorasyonlar için dijital ölçü alma tekniği kullanılarak ölçüler alınabilir. Bu yöntemde, prepare edilmiş dişin tüm yüzeyleri eksiksiz bir şekilde intraoral tarayıcıyla taranır. Tarayıcı tarafından elde edilen veriler, veri işlem ağı aracılığıyla yazılım sistemine aktarılır ve endokron tasarımı gerçekleştirilir. Sonrasında, uygun renk ve materyal seçimi yapılarak endokron üretimi gerçekleştirilir.

Şekil 9

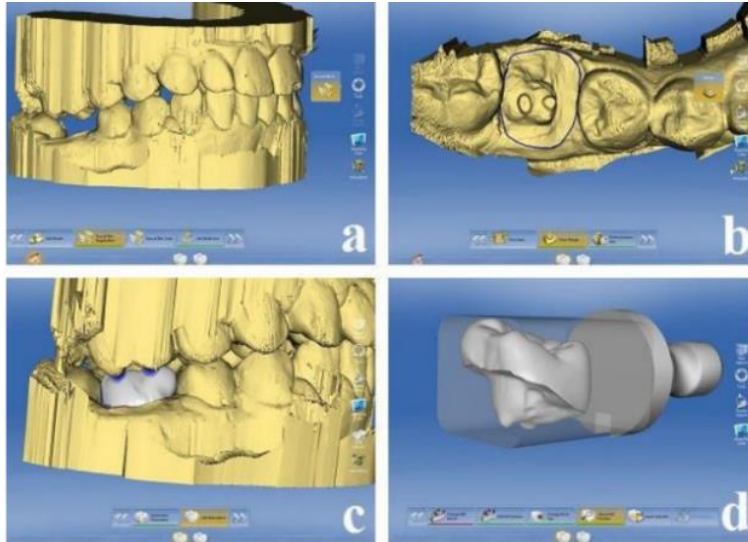
Intraoral Tarayıcı ile Alınan Ölçü (Hasanoğlu Aydın, 2012)



Alternatif olarak, alçı model taranarak da ölçüler dijital ortama aktarılabilir. Bu yöntemde, prepare edilmiş dişin distalindeki diştten başlayarak görüntü alınır ve model tabla üzerinde kaydırılarak prepare edilmiş dişin mezialindeki dişin tam görüntüsü de elde edilene kadar görüntü almaya devam edilir. Alınan görüntüler, yazılım programı tarafından birleştirilir ve endokron tasarım ve üretimi gerçekleştirilir. Bu yöntem, daha hızlı ve hassas sonuçlar sağladığı için diğer yöntemlere göre tercih edilebilir. (Mou vd., 2002; Hasanoğlu Aydın, 2012; Moore, 2013).

Şekil 10

Alçı Model Taratılarak Alınan Ölçünün Dijital Ortamda Endokron Tasarımı (Kanat Ertürk, 2018)



Endokron Restorasyonlarda Kullanılan Materyaller

Endokron restorasyonlarında kullanılan materyaller, adeziv simantasyon prosedürü uygulandığı için pürüzlendirilebilen restoratif materyaller arasından seçilir. Materyal seçimi, kalan diş dokusu miktarı ve parafonksiyonel durumlar gibi faktörler göz önünde bulundurularak yapılır. Kompozit rezinler, polietereterketon (PEEK) ve seramikler, endokron restorasyon olarak kullanılacak materyallere örnek olarak gösterilebilir. Farklı fiziksel özelliklere sahip materyallerin kullanılabilmesi, diş hekimlerine farklı vakalara özel ve tatmin edici restorasyonlar yapabilme esnekliği sağlar. Ancak, kök kanal tedavisi uygulanmış dişlerin endokron restorasyonlarında ideal materyal konusunda henüz bir görüş birliğine varılamamıştır (Erdemir, 2021; Hasanoğlu Aydın, 2012).

Kompozit rezinler. CAD/CAM teknolojisiyle laboratuvarlarda üretilen kompozit rezin restorasyonları, direkt teknikte uygulanan kompozit rezinlere kıyasla polimerizasyon büzülmesi, cilalama problemleri ve polimerizasyonun tamamlanamaması gibi sorunları ortadan kaldırır. Ayrıca, basınç, sıcaklık, ışık, vakum ve nitrojen altında polimerize edilebilerek geniş kavitelerde kullanılabilen CAD/CAM kompozit rezinler, daha dirençli bir yapıya ve artan renk stabilitesine sahip olur. Bu restorasyonlar, iyi bir marjinal uyuma sahip olup ağız içinde kolayca tamir edilebilirler. Kompozit rezinlerin bükülme direnci ve elastisite modülleri mine

ve dentinle benzer olduğundan, kırılma paternleri daha zararsız ve restore edilebilir şekildedir. Bu nedenle, seramiklere kıyasla daha iyi bir biyomekanik davranış sergileyen bir materyal olarak kabul edilirler. Son yıllarda yapılan çalışmalar, restorasyonun dayanıklılığında ziyade uzun vadede diş üzerindeki etkisinin önemli olduğunu göstermektedir. Bu sebeple, biyomekanik yaklaşıma uygun materyaller olarak kompozit rezinler daha sık tercih edilmektedir (Sevimli vd., 2015; Altier vd., 2018; Üstün, 2019; Erdemir, 2021).

Polietereterketon (PEEK). Protetik diş hekimliğinde tercih edilen yüksek performanslı bir polimer olan PEEK, modifikasyonlarıyla istenen özelliklere sahip olabilir ve özellikle %20 seramik içeren modifiye PEEK CAD/CAM blokları kemiğe yakın bir esneklik ve stres absorbe edici etki gösterebilir. PEEK, biyouyumluluğu yüksek olan bir materyal olup, dişe iyi bir bağlanma sağlamasıyla önemli bir avantaja sahiptir. Bu özellikleri nedeniyle, PEEK endokron restorasyonlarında alternatif bir materyal olarak düşünülebilir. Estetik kaygılar olmadığı durumlarda, PEEK restorasyonlarının kullanımı artmaktadır. Bununla birlikte, PEEK'in yüksek maliyeti ve işleme zorluğu gibi dezavantajları da bulunmaktadır. PEEK'in dayanıklılığı ve biyouyumluluğu konusundaki araştırmalar ve klinik uygulamaların verileri henüz yeterli değildir, ancak gelecekte PEEK'in protetik diş hekimliğinde daha yaygın bir şekilde kullanılabilmesi öngörülmektedir (Seltzer vd., 1963; Apt vd., 1976).

Seramikler. Elmas, oksitler, nitritler, karbürler ve boritler gibi yüksek erime sıcaklığına sahip seramikler, endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, diş hekimliği uygulamalarında kullanılan seramikler, diş renginde ve doğal görünümde olmaları için daha düşük sıcaklıkta üretilirler. Bu seramikler, hem porselenler hem de alüminatlar olarak sınıflandırılabilir (Bayındır & Uzun, 2007).

Porselenler, çoğunlukla feldspar, kuarts ve kaolin gibi doğal hammaddelerden yapılan inorganik bileşiklerdir. Cam seramikler, daha önce sinterlenmiş bir cam matrisi içindeki kristallerin kontrol edilmiş bir şekilde büyütülmesiyle üretilir. Bu seramikler, mukozal yüzeylerde, özellikle laminate veneerleri, onlaylar ve kronlar gibi estetik restorasyonlarda kullanılır (Bayındır & Uzun, 2007).

Alüminatlar ise, oksitlerden oluşan bir matris içinde diğer elementlerle alaşım yaparak üretilirler. Bu seramiklerin daha yüksek bir dayanıklılığı vardır. Alüminatlar,

sıklıkla CAD/CAM teknolojisiyle üretilen implant abutmentleri, kronlar gibi yüksek dayanıklılık gerektiren uygulamalarda kullanılır (Bayındır & Uzun, 2007).

Sonuç olarak, porselenler ve alüminatlar, diş hekimliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılan seramiklerdir. Her bir seramik türü, farklı üretim yöntemleriyle ve farklı özelliklerle üretilir, böylece diş hekimleri, her bir uygulama için en uygun seramik materyalini seçebilirler. seramikleri Cam matriks seramikler, polikristalin seramikler ve rezin-matriks seramikler olarak üç ana başlık altında sınıflandırmıştır.

Tüm seramik materyaller için sınıflandırma sistemleri iletişim ve eğitim açısından önemlidir ve yeni materyallerin dahil edilmesi için sürekli revizyon ve güncelleme gerektirir. Gracis vd. (2016), seramik ve seramik benzeri restoratif materyaller için yeni bir materyal sınıfını sistematize etmek ve dahil etmek amacıyla bir sınıflandırma sistemi önermiştir. Bu yeni sınıflandırma sistemi seramik restoratif materyalleri üç gruba ayırmaktadır: Cam matriksli seramikler, polikristalin seramikler ve rezin matriksli seramikler. Her grupta alt gruplar kendi içerikleriyle birlikte tanımlanmakta ve yeni geliştirilen materyallerin mevcut ana gruplara yerleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Seramik materyalleri ayırt etmek için kullanılan kriterler, kimyasal bileşimlerinde mevcut olan faz veya fazlara dayanmaktadır. Böylece, tamamen seramik bir materyal, cam matriks fazının mevcut olmasına (cam matriks seramikler) veya olmamasına (polikristalin seramikler) veya materyalin seramik partiküllerle yüksek oranda doldurulmuş organik bir matriks içermesine (rezin matriks seramikler) göre sınıflandırmıştır. Ayrıca, üreticilerin farklı materyaller için klinik endikasyonları ve farklı üretim yöntemlerine genel bir bakış ve bunların altyapı materyalleri veya monolitik çözümler olarak kullanılıp kullanılmadığı da sunulmaktadır. Dental pazarda henüz mevcut olmayan seramik materyalindeki güncel gelişmeler tartışılmaktadır.

Cam-matriks seramikler. Cam matriks seramikler; feldspatik, sentetik ve cam infiltre edilmiş seramikler olarak üç alt gruba ayrılmaktadır (Gracis vd., 2015). Feldspatik seramikler mine ve dentinin optik özelliklerini en iyi yansıtan seramiklerdir. Dental seramiklerde bulunan cam içeriği, esas olarak feldspat adı verilen mineral grubundan türetilirken; silika (silikon oksit) ve alüminaya (alüminyum oksit) dayanmaktadır (Giordano, 2000). Günümüzde feldspatik seramikler, metal ve seramik altyapıların

veneerlenmesinde halen kullanılmaktadır (Gracis vd., 2015). İşlenmemiş doğal materyallere olan bağımlılığı azaltmak için seramik endüstrisi sentetik materyalleri kullanmaya başlamıştır. Sentetik seramiklerin kompozisyonu, üreticiler arasında değişiklik göstermesine rağmen genellikle silikon dioksit (SiO_2), potasyum oksit (K_2O), sodyum oksit (Na_2O) ve Al_2O_3 içermektedirler. Lösit bazlı olanlar, lityum disilikat ve türevleri, florapatit bazlı olanlar sentetik seramikler içerisinde yer alırlar. Bu materyallerin cam fazları, metallerle termal genleşme uyumluluğunu artırmak ve geliştirilmiş dayanım için lösite ek olarak apatit kristalleri ile birleştirilebilir. Tam seramik altyapı üzerine veneer materyali olarak kullanıldığında, bu materyaller ilgili altyapının termal genleşme katsayısına uyacak şekilde değişebilmektedir (Gracis vd., 2015).

Bir diğer sentetik seramik olan cam infiltre edilmiş seramiklerin ilk örneği, 1989 yılında kayar döküm tekniğiyle üretilen In-Ceram Alümina adıyla piyasaya sürülmüştür. Yoğun şekilde paketlenmiş Al_2O_3 , bulamaç formda öncelikle refraktör day üzerinde sinterlenmektedir ve alümina parçacıklarının gözenekli bir iskeleti oluşturulmaktadır. Sonrasında porözlerin içerisine daha dayanıklı bir yapı oluşturmak için ikinci fırınlamada lanthanum camı infiltre edilmektedir. Alumina, alumina ve magnezyum, alümina ve zirkonya içerikli cam infiltre seramikler bu grup içerisinde yerini almaktadır. Günümüzde ise bu materyallerin kullanımı, özellikle CAD/CAM için lityum disilikat ve zirkonyumun artan popülaritesi nedeniyle azalmıştır (Gracis vd., 2015).

Polikristalin seramikler. Endokron restorasyonlarda kullanılan zirkonya bazlı polikristalin seramikler, adeziv simantasyona uygun olan zirkonyum oksitlerdir. Bu seramikler, translusent olmayan yapıları sebebiyle estetik açıdan bazı dezavantajlara sahip olabilirler. Ancak, yüksek direnç özellikleri (900-1200 MPa) sayesinde kırılmaya karşı dayanıklıdırlar. Bu yüksek direnç özelliği, dişin mine ve dentin yapısının bükülme direnci ve elastisite modülüyle uyum sağlamaması nedeniyle endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılmasına sebep olabilir ve materyalin rijitliği ara yüzlerde gerilmelere yol açabilir. Bununla birlikte, endokron restorasyonların genellikle 3-7 mm derinliğe sahip olması, rezin simanın ışıkla polimerizasyonunu engelleyebilir ve bu nedenle zirkonya bazlı polikristalin seramiklerin kullanımı sınırlı olabilir (Sevimli vd., 2015; Üstün, 2019; Erdemir, 2021).

Rezin matriks seramikler (RMS'ler). Dental seramiklerin sağlamlığı ile kompozit rezinlerin aşınmaya karşı düşük direnci ve esnekliğini birleştiren yeni bir seramik türü olan rezin matriks seramikler (RMS), bir dizi avantaj sunar. Organik bir matris içerisinde yüksek oranda seramik parçacıkları taşıyan bu materyaller, CAD/CAM sistemleri için özel olarak tasarlanmıştır (Gracis vd., 2016). Amerikan Diş Hekimliği Birliği'nin (ADA) tanımına göre, RMS materyalleri seramik sınıfına dahil edilmiştir. Çünkü bu materyaller, ağırlıkça %50'den fazla inorganik refraktör bileşikler içerir (Gracis vd., 2016).

Bu materyaller, diğer restoratif materyallerin birçok olumlu özelliğini içinde barındırır. RMS'lerin aşınmaya karşı direnci, içerdikleri polimerik matris nedeniyle antagonist diş dokusunda daha düşük aşınma oluşmasına olanak sağlar (Castro vd., 2020). Ayrıca, RMS materyalleri üstün yorgunluk direnci sunarak ultra ince restorasyonların üretimini mümkün kılar. Bu da çiğneme kuvvetlerine karşı restorasyonların daha dayanıklı olmasını sağlar (Lucsanszky & Ruse, 2020).

RMS'ler, oklüzal uyumlamalar sırasında minimum kırılma riski taşır ve rezin matriks yapısı, frezelenmelerinin hızlanmasını sağlar. RMS'lerin üretimi ısıl işlem gerektirmediğinden, intraoral tamirler de kolaylıkla gerçekleştirilebilir (Gracis vd., 2016; Mainjot vd., 2016; Ongun vd., 2021).

RMS materyalleri, dental seramiklerin dayanıklılığını ve kompozit rezinlerin düşük aşındırıcılık ve esneklik özelliklerini bir araya getirerek, restoratif materyallerin çeşitli avantajlarını sunar. Bu materyaller, daha az preparasyon gerektirir, endüstriyel üretim süreçleri sayesinde daha düzgün ve pürüzsüz bir yapıya sahip olabilirler. Ayrıca, CAD/CAM cihazında daha hızlı frezelenme, fırınlamaya gerek duymadan hızlı üretim, ve mekanik yollarla kolayca parlatılabilen bir restorasyon yüzeyi gibi özelliklere sahiptirler. RMS'ler ağız ortamında uzun süre parlaklıklarını koruyabilirler ve elastisite modülünün dentin dokusuna benzer olması, oklüzal kuvvetler karşısında esneme yeteneği sağlar. Bunun sonucunda, iç çatlakların oluşumuna karşı daha fazla direnç gösterebilirler. Diğer taraftan, RMS'ler, kompozisyonundaki organik monomerler nedeniyle mükemmel optik özelliklere sahiptirler ve mine ve dentin dokusuna benzer mekanik özellikler gösterirler. Bu materyaller, antagonist dişlerde daha az aşınmaya neden olur ve ışıqla sertleşen kompozit rezinlerle intraoral olarak kolayca tamir edilebilirler. Radyografik görüntüleme için ayırt edilebilirlik sağlayan radyopasiteyi geliştiren doldurucu partikülleri içerirler. RMS materyalleri adeziv rezin simanlarla simante edilebilir.

RMS'lerin ana özelliklerini etkileyen en önemli faktörler; üretim sürecinin türü, mikroyapılarının farklılığı, polimerizasyon yöntemleri, rezin matriks kompozisyonu, doldurucu büyüklüğü ve hacim içeriği olarak belirtilebilir (Reich, 2005; Mainjot vd., 2016). Blatz ve Conejo (2019)'ya göre RMS sınıflaması şu şekildedir:

Hibrit Seramikler

- Vita Enamic (Vita Zahnfabrik)

Rezin Esaslı Seramikler

- Grandio Blocs (Voco)
- Brilliant Crios (Coltene)
- Ambarino High Class (Creamed)
- HC Block CAD/CAM Ceramic-Based Restorative (Shofu)
- Cerasmart (GC)
- Lava Ultimate (3M ESPE)
- Katana Avencia Block (Kuraray Noritake Dental, Inc)

Rezin Esaslı Seramikler

Grandio Blocs. 2017 yılında piyasaya sürülmüştür. Bu ürünün ağırlıkça %86'sı inorganik doldurucular tarafından, kalan %14'lük kısmı ise UDMA (Üretan Dimetakrilat) ve DM (dimetakrilat) tarafından oluşturulur. Grandio Blocs, hem disk hem de blok formda mevcuttur. Ayrıca lamina veneer, inley-onley, kron ve implant üstü kron uygulamalarında kullanıma uygundur (Akarca vd., 2022; VOCO Dental, 2018). Farklı renk seçenekleri sunarak VITA renk skalasına uymaktadır. A1, A2, A3 ve A3,5 renklerini içeren yüksek translusensi (HT) blok/diskler ve A1, A2, A3, A3.5, B1, C2 ve BL renklerini içeren düşük translusensi (LT) blok/diskler seçenekler arasındadır (VOCO Dental, 2018). Grandio Blocs'un kullanılabilmesi için Al_2O_3 partikülleri ($\leq 50 \mu m$) ile yüzeyin pürüzlendirilmesi, ultrasonik bir temizleme ve alkol ile son temizliğin yapılması gerekmektedir. Son olarak, silan uygulanır ve hava ile kurutulduktan sonra simantasyon işlemi için restorasyon hazır hale getirilir (VOCO Dental, 2018).

Coltène tarafından üretilen Brilliant Crios. Ağırlıkça %70.7'sini baryumcam, amorf silika SiO_2 ve inorganik pigmentler oluştururken, %29.3'lük kısmı ise Bis-GMA (Bisfeno-A-Glisidil Metakrilat), Bis-EMA (Etoksilated Bisfenol-A-Dimetakrilat) ve TEGDMA (Trietilenglikol Dimetakrilat) monomerlerinden oluşan organik matriksi içerir. Hem disk hem de blok formunda sunulan Brilliant Crios, geniş bir renk yelpazesi sunarak tek diş estetik restorasyonlarında kullanıma uygundur. Üretici firma, materyalin düşük elastisite modülünün, implant üstü

restorasyonlarda kullanım için ideal bir şok emici etkisi yarattığını belirtmiştir (Coltene, 2022). Brilliant Crios'un hızlı üretim, geniş renk yelpazesi, estetik sonuçlar ve oklüzal uyumlamalar için düşük kırılma riski gibi bir dizi avantajı bulunmaktadır. Ancak su absorpsiyonuna bağlı genişleme eğilimi ve lekelenme riski gibi bazı olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Simantasyon işlemi sırasında, hidroflorik asit kullanılmaz, 1.5 bar basınç altında 25-50 µm boyutundaki Al₂O₃ partikülleriyle pürüzlendirilir ve ardından ONE COAT 7 UNIVERSAL adlı adeziv ajan uygulanır (Coltene, 2022). Brilliant Crios blok/disk formu, HT (yüksek translusensi) ve LT (düşük translusensi) olmak üzere iki farklı translusensi seçeneği sunmaktadır. Toplamda 15 renk seçeneği sunar. Bloklar için LT özellikli renkler BL, A1, A2, A3, A3.5, B1, B2, B3, C2; HT özellikli renkler ise A1, A2, A3, B1 olarak belirlenmiştir. Disk formu için ST (süper tranludent) özelliğinde BL (beyaz) ve UN (universal) renkleri mevcuttur (Coltene, 2022). Restorasyonun kalınlığına göre, simantasyon işlemi ışıkla sertleşen, dual-cure veya self-cure rezin simanlar ile yapılabilir. Üretici, Al₂O₃ partikülleriyle pürüzlendirme işlemini ve ardından ONE COAT 7 UNIVERSAL adeziv ajanın uygulanmasını önermektedir (Coltene, 2022).

Creamed adlı Almanya merkezli firma tarafından üretilen Ambarino High Class. Ağırlıkça %70 oranında inorganik doldurucular (~0.8 µm boyutunda SiO₂) ve organik matrikste UDMA, Bis-GMA, bütandiol dimetakrilat bulunur. Hem disk hem de blok formunda mevcut olan bu materyal, lamina veneer, inley/onley, kron ve implant üstü kron endikasyonlarında kullanılabilir. Renk seçenekleri arasında A1, A2, A3, B1, C2, D2 ve beyaz (BL2 ve BL3.5) bulunur. Ambarino High Class'tan üretilen restorasyonların simantasyonu için, restorasyonun iç yüzeyi 50 µm Al₂O₃ partikülleriyle kumlanır, yağ ve su içermeyen hava ile temizlenir ve adeziv uygulanarak simantasyona hazır hale getirilir (Creamed, 2011).

Shofu Block HC (Shofu Inc., Kyoto, Japonya). %61 oranında zirkonyum silikat doldurucu içeren hibrit seramiklerdir (Lauvahutanon vd., 2014). Veneer, inley, onley, tam ve implant destekli kronlar için kullanıma uygundur. Bloklar, yüksek ve düşük translusensi seçenekleriyle ve küçük ve orta boyutlar olmak üzere iki farklı boyut seçeneğiyle sunulmaktadır (Ordu & Cengiz, 2015). Shofu Block HC, hem blok hem de disk formunda mevcuttur ve endüstriyel ölçekli freze makineleri için uygundur. 170 MPa ile 180 MPa arasında değişen bükülme direnci ve 66 HV'lik

Vickers sertliği ile bu materyal, posterior restorasyonlar, implant destekli vakalar ve uzun süreli geçiciler için idealdir. Üretici firma, Shofu Block & Disk HC'nin hassas bir şekilde frezelenmeye uygun olduğunu, hızlı bir şekilde yüksek cilalanma kapasitesine sahip olduğunu ve hem simante hem de vida tutuculu restorasyonlar için uygun olduğunu belirtmiştir. Materyalin doğal ışık iletim özelliği ve antagonist diş üzerinde aşınma olasılığını azaltma yeteneği, Shofu Block HC'yi lityum disilikat ve zirkonya için ideal bir alternatif haline getirir (Awada & Nathanson, 2015; Lauvahutanon vd., 2014).

Cerasmart hibrit seramik. Cerasmart, yüksek yoğunluklu bir nano-seramik yapıda olan hibrit bir materyal olup, içeriğinde ultra ince cam parçacıkları barındırır (Lauvahutanon vd., 2014; Arnetzl & Arnetzl, 2015). Bu malzemenin tekdüze dağılımı gösteren, ayrı ayrı silanlanmış ve bağlanmış parçacıklar, Cerasmart'ın retansiyon, dayanıklılık ve aşınma direnci özelliklerini belirler. Malzeme, 500 nm'den daha küçük boyutta tek tip dolgu parçacıkları içerir ve bu özelliği sayesinde yüksek parlaklık değerlerine ulaşır (Lawson vd., 2016).

Cerasmart'ın kullanım alanları oldukça geniştir. Tam kron, inley, onley, veneer ve implant destekli kronlar gibi metal içermeyen indirekt restorasyonlarda kullanılır. Cerasmart'ın iki çeşit bloğu vardır: HT ve LT. HT bloklar inley, onley, veneer, bölümlü ve tam kuron restorasyonlarında tercih edilir. Öte yandan, LT bloklar, renklenmiş dişlerin preperasyonlarını maskelemek ve bölümlü kronlarda kullanılmak üzere uygundur (Curtis vd., 2006).

Lava Ultimate, 3M ESPE. Lava Ultimate, 3M ESPE firması tarafından geliştirilen ve yüksek oranda sertleştirilmiş rezin matriksin güçlendirdiği, nanoseramik partiküllerin ağırlığının yaklaşık %80'ini oluşturduğu bir materyaldir. Bu materyalde, 20 nm çapında silika nanopartiküller, 4-11 nm çapında zirkonya nanopartiküller ve zirkonya-silika nanopartikül kümeleri (nanopartiküllerin birbirine bağlanmış çökeltisi) birleştirilmiştir. Bu sayede, doldurucu partiküllerin intersitisyel boşluğu azaltılmış ve yüksek nanoseramik bileşenine ulaşılmıştır (3M ESPE firması). **CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacture) Sistemleri**

CAD/CAM sistemleri, diş hekimliği teknolojisinde 'Bilgisayar Destekli Tasarım' ve 'Bilgisayar Destekli Üretim' terimlerinin birleşiminden oluşmaktadır. Diş restorasyonlarının tasarım ve üretim süreçlerinde, kronlar, veneerler, inley, onley,

sabit köprüler, implantlar, tam protezler ve ortodontik apareyler gibi birçok farklı uygulamada CAD/CAM sistemleri kullanılmaktadır. Ayrıca, çene yüz protezleri de CAD/CAM teknolojisiyle üretilmektedir. Bu teknolojinin ilk denemeleri 1980'lerin ortalarında gerçekleştirilmiştir ve Dr. Mörmann, CEREC Sistemi adlı yenilikçi yaklaşımla aynı gün içinde restorasyonların yapımını sağlayan ilk hasta başı CAD/CAM sistemi olan CEREC Sistemi'ni tanıtmıştır (Mörmann, 2006). CEREC Sistemi, diş hekimliğinde kullanılan ilk CAD/CAM sistemidir ve günümüzde üçüncü jenerasyon ürünleri bulunmaktadır. Dr. Mörmann, 2006 yılında, CEREC CAD/CAM konseptinin diş hekimliğinde önemli bir yer edindiğine vurgu yapmıştır (Mörmann, 2006).

CAD/CAM sistemlerinin ilk kullanılan modellerinde, bloklar frezelenirken iki eksende yapılan aşındırmanın neden olduğu uyumsuzluk sorunları yaşanmaktaydı. Ancak günümüzde, altı eksenli aşındırma yapabilen sistemler geliştirilmiştir (Mörmann & Bindl, 2002).

CAD/CAM sistemleri, üç ana bileşenden oluşur. İlk bileşen, dijital bilgiye dönüştürülebilir geometriyi tarayan dijitalizasyon aracı/tarayıcısıdır. İkinci bileşen, bilgiyi işleyen ve belirli bir ürüne dönüştürmek için gerekli olan yazılımdır. Üçüncü bileşen ise, belirli bir ürünü üretmek için bilgiyi kullanan freze cihazı/üretim teknolojisi (Mörmann, 2006).

CAD/CAM sistemleri, diş hekimliği teknolojisinde dijital verilerin kullanılmasıyla dental restorasyonların tasarım ve üretimini yapmak için kullanılır. Bu sistemler, ofis, in-lab ve merkezi üretim olmak üzere üç gruba ayrılır. Ofis sistemleri, hastanın ağız içinden alınan dijital verileri kullanarak restorasyonu aynı gün içinde üretebilmektedir. İn-lab sistemleri ise laboratuvar ortamında modelin taranması ve CAD/CAM teknolojisi kullanılarak restorasyonun üretilmesi üzerine odaklanmaktadır. Ayrıca, CAD/CAM sistemleri, farklı materyallerin kullanımına olanak sağlar. Seramik, porselen, zirkonyum, PMMA ve titanyum gibi malzemeler, restorasyonların üretimi için kullanılabilir. Özellikle zirkonyum, yüksek dayanıklılığı ve doğal dişlere benzer estetik özellikleri nedeniyle son yıllarda sık tercih edilen bir materyallerdendir (Reich vd., 2005).

CAD/CAM teknolojisi, sadece restorasyon üretimi için değil, aynı zamanda implant tedavisi ve ortodonti gibi diğer diş hekimliği alanlarında da kullanılmaktadır. İmplant restorasyonları için, implant pozisyonunu belirleyen dijital veriler kullanılarak, implant üstüne oturacak olan kronun üretimi sağlanabilir. Bu da implant

tedavisi sürecini hızlandırır ve tedavi sonrası hasta memnuniyetini artırır. CAD/CAM teknolojisi aynı zamanda, ortodontik apareylerin üretiminde de kullanılmaktadır. Bu sistem sayesinde, diş hekimleri, daha doğru ve hızlı bir şekilde ortodontik apareylerin üretimini gerçekleştirebilirler (Kravitz vd., 2016).

Sonuç olarak, CAD/CAM teknolojisi, diş hekimliği alanında önemli bir yere sahiptir. Bu teknolojinin kullanımı, diş hekimleri için daha kolay ve daha verimli bir çalışma ortamı sağlarken, hastalar için daha hızlı ve daha doğru restorasyonlar üretilmesine olanak tanır. Ancak, yüksek maliyet ve estetik sınırlamalar gibi bazı dezavantajları da vardır. Bu nedenle, CAD/CAM teknolojisi, diş hekimliği alanında tercih edilen bir yöntem olmasına rağmen, her zaman her tedavi için uygun olmayabilir.

Simantasyon

Simantasyon işlemi, restorasyonun dişe yapıştırılması için kullanılan bir prosedürdür ve bu işlem restorasyonun ağızda uzun süreli kalıcılığını sağlar. Simantasyon sırasında kullanılan yapıştırıcı ajanlara siman denir ve bu ajanlar, restorasyonun dişe sabitlenmesi sırasında kullanılır. İdeal bir yapıştırma simanı, farklı materyaller arasında kalıcı bir bağlantı sağlamalı, uygun film tabakası ve viskoziteye sahip olmalı, yeterli kırılma direncine sahip olmalı, diş ve restorasyon yüzeyini ıslatabilmeli ve uygun sertleşme ve çalışma süresine sahip olmalıdır (Diaz-Arnold vd., 1999).

Simantasyon işlemi, geleneksel simantasyon ve adeziv simantasyon olmak üzere iki farklı yöntemle gerçekleştirilebilir. Geleneksel simantasyonda, sadece restorasyonun iç yüzeyine siman uygulanırken, adeziv simantasyonda öncelikle bir adeziv uygulanarak diş ve restorasyon yüzeyleri arasında bir bağlantı oluşturulur ve ardından siman uygulanır. Adeziv simantasyon, daha az invaziv preparasyonlar, daha az siman kullanımı ve daha iyi bir bağlantı sağlama yeteneği gibi avantajlar sunar (Blatz vd., 2018).

Geleneksel simantasyonda, restorasyonun uzun süreli kalıcılığını sağlamak için restorasyon ile diş arasında belirli bir siman aralığı bırakılmalıdır. Bu simantasyon işlemi için çinko fosfat, çinko polikarboksilat veya cam iyonomer simanlar kullanılır. Adeziv simantasyonda ise rezin simanlar kullanılarak restorasyon ile diş arasında adezyon oluşturulur. Pürüzlü yüzeyler oluşturulur ve uygun akıcılığa sahip rezin simanlar bu pürüzlü yüzeylere uygulanır. Bu iki simantasyon tekniği

arasındaki en önemli fark, sertleşme mekanizmalarıdır. Geleneksel simanlar asit baz reaksiyonu ile sertleşirken, rezin simanlar polimerizasyon yoluyla sertleşirler (Gregor vd., 2014).

Tam seramik restorasyonların simantasyonunda, daha önce çinko fosfat ve cam iyonmer simanlar kullanılmıştır ancak bu simanlarla yapılan yapıştırılmalarda ince bölgelerde kırılma ve estetik sorunlar gözlenmiştir. Bu nedenle, daha sonra geliştirilen adeziv rezin simanların kullanımı artmıştır (Öztürk & Aykent, 2001). Adeziv rezin simanlarının basınç dayanımı çinko fosfat simanlarından daha yüksektir (320 MPa'ya karşı 121 MPa). Bu nedenle, özellikle ince seramik restorasyonların simantasyonunda üstün fiziksel özelliklere sahip adeziv rezin simanlar tercih edilmektedir (Bindl vd., 2005).

Geleneksel simanlar opak oldukları için tam seramik restorasyonların estetiğini olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle, ışık geçirgenliği olan kompozit rezin esaslı yapıştırma simanlarının kullanılması önerilir. Doğru seçilen yapıştırıcı siman ve simantasyon tekniği, tam seramik restorasyonların başarısını etkileyen önemli faktörlerdir (McLaren, 1998).

Rezin Simanlar

Eski yöntemlerde tam seramik restorasyonların simantasyonunda çinkofosfat ve cam iyonmer simanlar tercih edilirdi. Ancak, rezin simanların geliştirilmesiyle daha dayanıklı ve estetik sonuçlar elde edilmiştir. Rezin simanlar, mine ve dentin yüzeylerini pürüzlendirerek mikromekanik ve kimyasal bağlantılarla bağlanırlar. Ayrıca, metal yüzeylerdeki oksit tabakasıyla da güçlü bir bağ oluştururlar. Rezin simanları, baskı ve gerilme kuvvetlerine karşı daha dirençli olması için %50-70 oranında cam ve silika gibi doldurucular içerir. Bu doldurucular aynı zamanda simanın çözünürlüğünü azaltır (Van Landuyt vd., 2007).

Kompozit rezinler, üç faza ayrılan; organik polimer matris faz, inorganik faz ve ara faz içerir. Organik fazda Bis-GMA, UDMA ve TEGDMA bulunurken, inorganik fazda çeşitli kuvars, cam ve diğer inorganik bileşenler yer alır. Ara fazda ise organik silisyum bileşikler olan silanlar bulunur. UDMA, renk değişimine karşı daha dirençli ve iyi bir adezyon sağlar. Bis-GMA ve UDMA aşırı viskoz yapıya sahip olduklarından, matrikse TEGDMA eklenerek viskozite azaltılır (Van Landuyt vd., 2007; Dikicier, 2016).

Rezin simanlarının polimerizasyonu, ışık, kimyasal veya dual (iki tekniğin birleşimi) polimerizasyon mekanizmalarıyla gerçekleştirilir. Işık polimerizasyonunda, önceden hazırlanan siman, diş yüzeyine uygulandıktan sonra özel bir ışık kaynağıyla sertleştirilir. Kimyasal polimerizasyonda ise siman, iki bileşenin karıştırılması sonucu oluşan kimyasal reaksiyonla sertleşir. Dual polimerizasyon mekanizması ise öncelikle ışıkla sertleştirilen simanın daha sonra kimyasal reaksiyonla tamamen sertleştirilmesini sağlar (Üstün, 2019).

Işıkla polimerize olan rezin simanlar. Polimerizasyonu ışıkla sağlanan rezin simanlar, uzun çalışma süreleri, çeşitli renk ve viskozite seçenekleri ve iyi bir renk stabilitesine sahiptir. Bu simanlar, kamforokinon polimerizasyon başlatıcısı ve alifatik amin hızlandırıcı içeren tek bileşenli sistemlerdir. Genellikle 1.5 mm kalınlığından daha az translusent lamine restorasyonların simantasyonunda kullanılırlar. Bu rezin simanların yalnızca ışığın kolayca erişebileceği alanlarda kullanılmaları önerilir (Zaimoğlu & Can, 2011; Türk vd., 2014).

Kimyasal polimerize olan rezin simanlar. Rezin simanların kimyasal polimerizasyon yoluyla sertleşen türleri, toz-likit veya iki ayrı pat halinde kullanıma sunulur ve ışık gerektirmezler. Bu tip simanlar, metal restorasyonların tutuculuğunun zayıf olduğu durumlarda, endodontik postların yerleştirilmesinde ve ışık ünitesinin ulaşamadığı kalın veya opak tam seramik ve kompozit restorasyonların simantasyonunda tercih edilirler. Ancak, renk seçenekleri ve translusenslik açısından sınırlıdır (Zaimoğlu ve Can, 2011; Türk vd, 2014).

Hem ışıkla hem de kimyasal yolla polimerize olan rezin simanlar. Hem kimyasal hem de ışıkla polimerizasyonu sağlayabilen simanlardır. Bu simanlar, kalın veya opak restorasyonların simantasyonunda kullanılır. Polimerizasyon başlatıcısı olarak kamforokinon ve kimyasal aktivatör olarak peroksitamin içerirler. Işık kaynağının tam olarak ulaşamadığı bölgelerde kimyasal polimerizasyon reaksiyonu gerçekleşir. Ancak, simanın viskozitesi hızla arttığından, ışıkla polimerizasyon reaksiyonu mümkün olduğunca son evrede gerçekleştirilmelidir. Dual polimerize simanların, ışıkla polimerize olan simanlara göre renk seçenekleri ve translusensileri daha sınırlıdır (Zaimoğlu & Can, 2011; Türk vd, 2014).

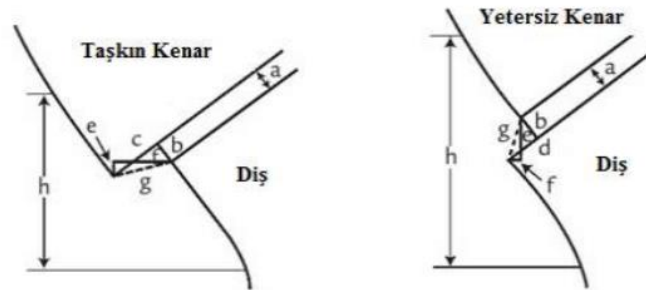
Marjinal Uyum

Dental restorasyonların başarısı, estetik, kırılmaya karşı direnç ve marjinal uyum gibi faktörlere bağlıdır (Contrepolis vd., 2013). Marjinal uyum, restorasyonunuzun uzun vadeli başarısı için önemli bir faktördür. Yetersiz uyum, marjinal aralıktan mikrosızıntıya neden olarak dişlerin çürüme riskini artırır, ayrıca plak birikimine neden olabilir (Contrepolis vd., 2013). Özellikle subgingival marjinal kenarlarda birikim gösteren plak, periodontal hastalıklara ve endodontik enflamasyona yol açabilir (Felton vd., 1991). Marjinal uyum ölçümü, geçmişte her zaman aynı mesafeden ölçülmemiştir (Contrepolis vd., 2013). Holmes vd. (1989), marjinal uyumu değerlendirmek için genellikle marjinal aralık veya mutlak marjinal farklılık ölçümleri yaparak net bir terminoloji önermiştir (şekil 11).

Amerikan Diş Hekimleri Birliği (Spesifikasyon No. 8), çinko fosfat siman film kalınlığı için 25 µm (Tip 1) ve 40 µm (Tip 2) sınırlarını önerse de, yapılan çalışmalar marjinal uyumda bu hedefe nadiren ulaşılabildiğini göstermektedir (Contrepolis vd., 2013). Gardner (1982), uygun şartlar altında bile, bu doğruluk seviyesine nadiren ulaşıldığını gözlemlemiştir. McLean ve von Fraunhofer (1971), 1000'den fazla restorasyon üzerinde yapılan 5 yıllık bir çalışma sonucunda, kabul edilebilir marjinal aralığın maksimum 120 µm olduğunu belirlemiştir.

Şekil 11

Marjinal Aralığa Ait Terminoloji



- a. İnternal aralık
- b. Marjinal aralık
- c. Taşkın kenar
- d. Yetersiz kenar
- e. Vertikal marjinal açıklık
- f. Horizontal marjinal açıklık
- g. Mutlak marjinal açıklık
- h. Oturma uyumsuzluğu

Marjinal Uyum Ölçüm Yöntemleri

Marjinal uyumun ölçümü için birçok yöntem kullanılmaktadır ve bu yöntemler sonuçları etkileyebilir (Contrepolis vd., 2013).

Lazer videografi kullanımı. Marjinal uyumun ölçümü için gerekli temel referans noktalarının tanımlanmasında güçlükler yaşanabilir (Contrepolis vd., 2013)..

Profilometri tekniği. Profilometre cihazı kullanılarak marjinal uyum ölçülebilir. Marjinal uyumu indirekt olarak ölçülmesine izin verir (Contrepolis vd., 2013)..

X-ışını mikrotomografisi. En yenilikçi ve koruyucu yöntemdir. Bu yöntem, restorasyon ve diş arasındaki boşluğun 2 ve 3 boyutlu görüntüsünü sağlar, kritik aralıkların ölçümü daha rahat hale gelir ve çok sayıda ölçüm alanı sağlar. Bu tekniğin dezavantajı, maliyetinin yüksek olmasıdır (Contrepolis vd., 2013).

Direkt-görüş tekniği. En yaygın kullanılan yöntemdir. Restorasyon, bir ana model üzerine eklenir ve genellikle bir ışık mikroskopu altında detayları incelenir. Bu teknik, restorasyonun marjinal uyumunu belirlemeye yardımcı olur, ancak internal uyumu değerlendirmek için yeterli değildir. Bu sebeple, bu metot yalnızca laboratuvar ortamında (in-vitro) gerçekleştirilen çalışmalarda tercih edilir. Bu tekniğin en önemli avantajları arasında karmaşık ve invaziv olmaması, maliyeti düşük bir ölçüm tekniği olması ve hata olasılığının az olması sayılabilir (Nawafleh vd., 2013). Ancak, ölçüm yapılacak referans noktalarının belirlenmesi zor olabilir ve projeksiyon hataları oluşabilir (Groten vd., 2000).

Kesit alma tekniği. Ana modelin bir kopyası alınır ve restorasyonlar bu kopya modellere yapıştırılır. Daha sonra epoksi rezin ile stabil hale getirilen modeller, hassas bir kesme aleti ile belirlenen bölgeden kesilir ve mikroskop altında incelemeye ve ölçümlere hazır hale getirilir (Kim vd., 2013). Bu teknik ile alınan kesitlerden son derece hassas ölçümler yapılabilir (Nawafleh vd., 2013; Park vd., 2016). Ancak, bu yöntem kullanılarak kesitler alındığında ve mikroskop altında incelendiğinde, örneklerin deforme olması kaçınılmaz olacaktır. Çok sayıda ölçüm yapılması gereken durumlarda, örneklerin korunması açısından en uygun ölçüm tekniğini seçmek büyük önem taşır. Aksi takdirde, bu teknikle çok sayıda örnek gerekecektir. Ayrıca, bu teknik, çeşitli bölgelerden incelemeye imkan tanımamaktadır (Kim vd., 2013; Nawafleh vd., 2013; Park vd., 2016).

Silikon replika ile uyumun değerlendirilmesi. Silikon replika tekniği, dental restorasyonların marjinal ve internal uyumlarının doğru, tekrarlanabilir ve invaziv olmayan bir şekilde ölçülmesine olanak sağlayan bir tekniktir (Nawafleh vd., 2013; Tamac vd., 2014). Bu teknikte, restorasyonun içine uygulanan light-body silikon ölçü materyali sayesinde siman kalınlığı replike edilir ve daha sonra restorasyon, stabilizasyon için heavy-body silikon ölçü materyali ile desteklenerek, bistüri ile istenilen bölgeden kesit alınarak aralık değerlerinin ölçümü gerçekleştirilir. Silikon replika tekniği, ucuz olması ve non-invaziv bir şekilde restorasyonların uyumunun ölçülmesine izin vermesi gibi avantajlara sahiptir (Kim vd., 2013; Park vd., 2016). Ancak bu teknikte de bazı limitasyonlar mevcuttur, örneğin elastomerik film tabakasının restorasyondan uzaklaştırılması esnasında zarar görebilmesi, kesitlerin doğru şekilde alınmaması gibi nedenlerle kron kenarlarının ve bitiş çizgisinin tanımlanmasında zorluklar yaşanabilir. Ayrıca, ölçü materyalinin boyutsal stabilitesi ve uygulanan light-body silikon ölçü materyalinin miktarı gibi faktörler de ölçümlerin hassasiyetini etkileyebilir. Hidrostatik basınç oluşumu da restorasyonun abutment dişler üzerine tam oturmamasına yol açabileceğinden, materyal miktarının uygun bir şekilde uygulanması oldukça önemlidir (Mou vd., 2002; Reich vd., 2005).

Ölçüm yapılan alan sayısı. Marjinal uyumu belirlemek için alınacak ölçüm noktalarının sayısı üzerinde genel bir ortak karar yoktur. Bu parametre, önemli bir rol oynamaktadır çünkü marjinal aralık, aynı numunede bile 300 µm'lik bir aralıkta 100 µm'lik bir değişkenlik gösterebilir. Marjinal uyum analizlerinde ± 5 µm'lik sayısal varyasyonu sınırlamak amacıyla Groten vd, 2000 yılında 50 ölçümün alınması gerektiğini öne sürmüştür (Groten vd., 2000). Ancak, 2004 yılında Gassino vd., laboratuvar koşullarında hazırlanan abutment dişler üzerine yerleştirilen deneysel kronların değerlendirmesinde 18, ağız içinde gerçekleştirilen ölçümlerde ise 90 ölçüm noktasının gerektiğini iddia ederek, Groten vd.'nin bulgularının hatalı olduğunu belirtmiştir (Gassino vd., 2004; Contrepolis vd., 2013).

Kırılma Direnci ve Testi

Bir malzemenin en yüksek gerilim düzeyinde direnci, kırılma dayanımı olarak adlandırılır ve bu, deformasyon oluşmadan uygulanan yükü karşılar. Farklı durumlar için çekme, basma veya makaslama dayanımı şeklinde de bilinir. Restoratif

işlemlerin çoğunda çiğneme kuvvetleri esas olarak basma kuvveti biçiminde olur, bu nedenle bu tür bir gerilim restorasyonların klinik performansını değerlendirirken kritiktir (Zaimoğlu & Can, 2011).

Dental seramikler gibi kırılğan malzemelerin yükleme kuvvetlerine ve çatlak yayılımına tepkileri, kırılma dayanımıyla karakterize edilir. Bu değer, yüzey kusurlarının ve boyutlarının, termal ve mekanik işlemler sırasında oluşan ve büyüyen mikro çatlakların varlığı gibi unsurlar tarafından belirgin bir biçimde etkilenir (Kelly vd., 1996). Bir cismin kırılma direnci (veya kırılma dayanımı), uygulanan kuvvet karşısında meydana gelen gerilim miktarını temsil eder ve çekme dayanımı, basma dayanımı, makaslama dayanımı gibi isimlerle de bilinir (Craig & Powers, 2002).

Kırılma deneylerinin yapılmasında dişin anatomik konfigürasyonunu taklit edecek şekilde hazırlanan örnek dişler kullanılabilir, bu da siman ve seramik materyallerin davranışlarını daha doğru bir şekilde anlamamızı sağlar (Strub & Beschnidt, 2006; Koutayas vd., 2000). Bu testler, anatomik yapıların, yani kronların, köprülerin, inleyelerin, kuvvet dayanımı noktasına kadar kuvvet uygulanması esasına dayanır. Kırılma testlerinin sonuçları, bu materyallerin performans kapasitesi hakkında fikir edinmemizi sağlar (Hammad vd., 2007).

Kırılma direnci testlerinde genellikle bıçak şeklindeki uçlar kullanılır ve bu endodontik uygulamalar için özellikle tercih edilir. Test esnasında örneğe uygulanan en yüksek kuvvet, test cihazındaki yük cisimleri aracılığıyla Newton veya Megapaskal cinsinden kaydedilir (Hammad vd., 2007; Ban & Anusavice, 1990).

Endodontik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan ve Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) tarafından onaylanmış bir metod olan Universal Test Cihazı, örneğe kontrollü bir şekilde kuvvet uygulayarak kırılma direncini ölçer (Zeng vd., 1996). Statik yükleme testinde örnek, belirlenen bir yük hızıyla kuvvet uygulanacak şekilde tutucu kollarına bağlanır ve kuvvet uygulayan uç altına yerleştirilir. Test süresince, yük yönü, hızı ve örnek pozisyonu gibi parametreler ayarlanabilir (Kelly vd., 1996). Kontrol sistemi ve yazılım, örneğe uygulanan kuvvetin değerini, kırılma anındaki kuvvet değerini ve örneğin esneme veya sıkışma değerlerini bir grafik üzerinde kaydeder (Kelly vd., 1996). Bu yöntem, seramik malzemeler arasındaki karşılaştırmalar için basit, güvenilir ve hassas bir yöntem olarak kabul edilir. Test sonuçları, materyallerin kırılma direncini belirlemek için kopma modülü hesaplamalarında kullanılabilir (Ban & Anusavice, 1990).

BÖLÜM III

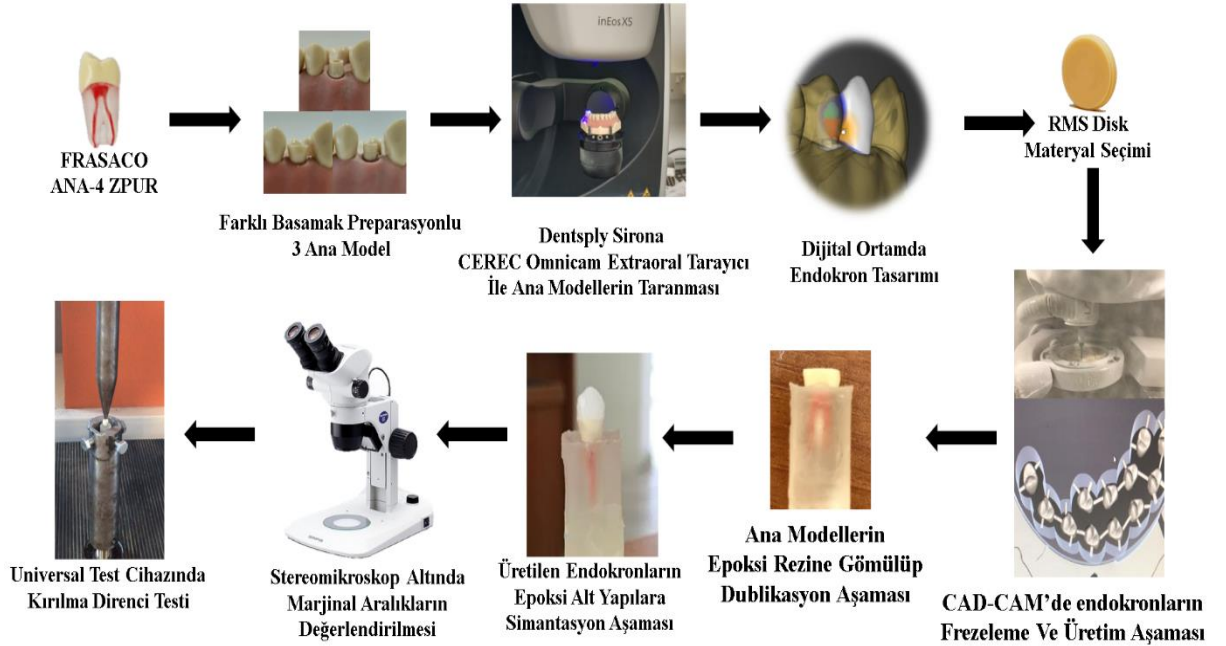
Yöntem

Bu bölümde araştırmada kullanılan materyaller, çalışma grupları, çalışma modeli, test ve analiz yöntemleri, verilerin toplanması ve istatistiksel değerlendirme yöntemlerine ilişkin bilgilere yer verilmiştir.

Bu tez çalışmasında; farklı marjin konfigürasyonlarına sahip güncel RMS materyallerinden üretilen endokron restorasyonların kırılma dirençleri ve marjinal uyumları değerlendirilmiştir. Şekil 12’de çalışma tasarımı şematize edilmiştir.

Şekil 12

Endokron Hazırlığının ve Çalışma Tasarımının Şematik Gösterimi

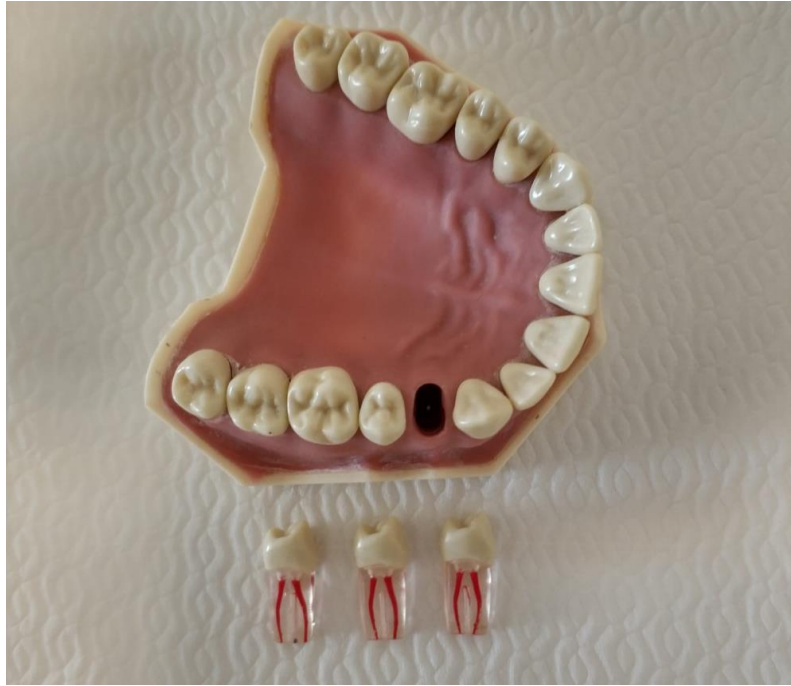


Ana Modellerin Hazırlanması

Bu çalışmada, 3 adet frasaco maksiller birinci premolar diş ANA-4 ZPUR (Tettngang, Almanya, prelinik kök kanal tedavisi için kullanılan, pulpa odalı ve içi kırmızı mumlu, X-ray kontrolüne uygun) fantom modele (ANA-4 Frasaco GmbH, Tettngang, Almanya) adapte edilmiştir. Bu 3 adet frasaco diş ana model (Şekil 13) olarak belirlenmiştir.

Şekil 13

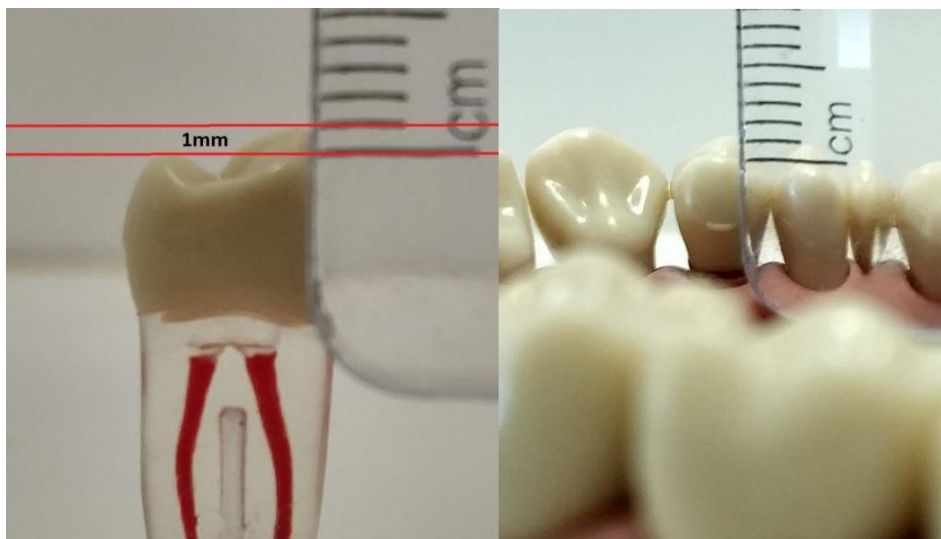
Ana Model Olarak Belirlenen 3 Adet ANA-4 ZPUR Diş ve Fantom Model



Ana modellerin tüberkülleri arasındaki mesafe farkı yaklaşık 1mm'dir (Şekil 14). Tasarlanan endokron restorasyonun ideal direnci için minimum 2 mm oklüzal kalınlığa ihtiyacı vardır. Bu nedenle palatinal tüberkülden minimum 2 mm oklüzal redüksiyon yapılırken bukkal tüberkülden minimum 3mm oklüzal redüksiyon yapılmıştır. Bu sayede alt yapı ile endokronun adaptasyonunda paralellik sağlanmıştır.

Şekil 14

Maksillar 1.Premolar Tüberküller Arası Yükseklik Farkı



Bukkal ve palatinal yüzeylerdeki rehber oluklar (Şekil 15) dikkate alınarak fissür frez (FİSHER) yardımıyla oklüzal redüksiyon uygulanmıştır. Keskin kenarları ve yüzeyleri pürüzsüzleştirmek için zımpara tekerlek frez kullanılmıştır (Şekil 16).

Şekil 15

*Oklüzalden Redüksiyonun Dengeli Yapılabilmesi İçin De Bukkalde 3mm
Palatinalde ise 2mm Boyutundaki Frezlerle Açılan Rehber Oluklar*



Şekil 16

Oklüzal Redüksiyon ve Pürüzlü Yüzeylerin Giderilmesi



Ana modellerin pulpa odasını ve marjin konfigürasyonu hazırlamak için elmas kaplı paslanmaz çelik frezler (Hager and Meisinger GmbH, Berlin, Almanya) kullanılmıştır. Minimum 4 mm pulpa odası derinliği, 6 mm pulpa odası genişliği ve pulpa odasının aksiyal duvarları pulpa tabanından kavite ağzına 8° lik olacak şekilde pulpa odası şekillendirilmesi yapılmıştır. Pulpa odası giriş

kavitesini açarken elmas rond frez kullanılmış olup, pulpa odası duvarlarının eğimini sağlayabilmek ve pulpa odası tabanına zarar vermemek için ucunda elmas grenleri bulunmayan 8° açılı shoulder frez kullanılmıştır (Şekil 17).

Şekil 17

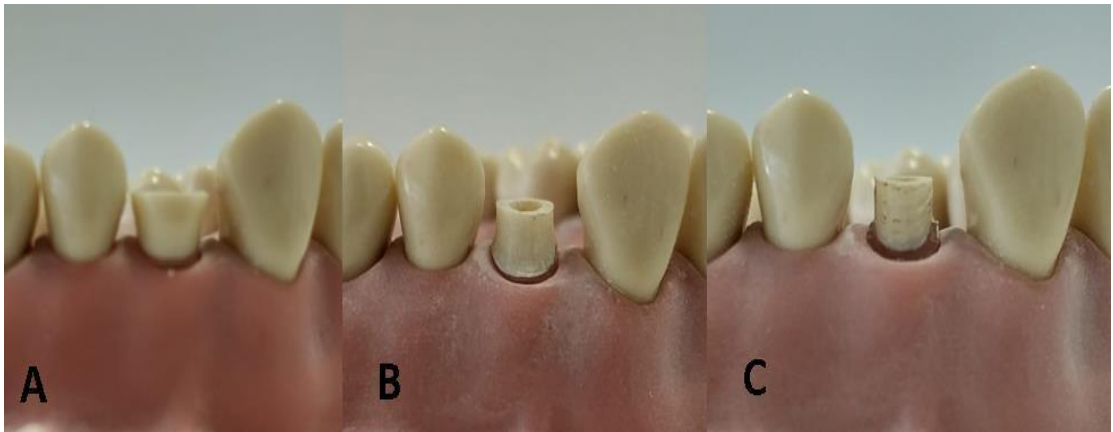
Pulpa Odası Giriş Kavitesi ve Duvarlarının Şekillendirilmesi



Daha sonra, 3 ana model 3 farklı marjin konfigürasyonuna tabi tutulmuştur: butt-joint, heavy chamfer ve heavy shoulder (Şekil 18). Heavy chamfer ve heavy shoulder marjin konfigürasyonu diş eti seviyesinde ve 1 mm genişlikte olacak şekilde hazırlanmıştır.

Şekil 18

A) Butt-Joint B) Heavy Chamfer ve C) Heavy Shoulder Marjin Konfigürasyonu

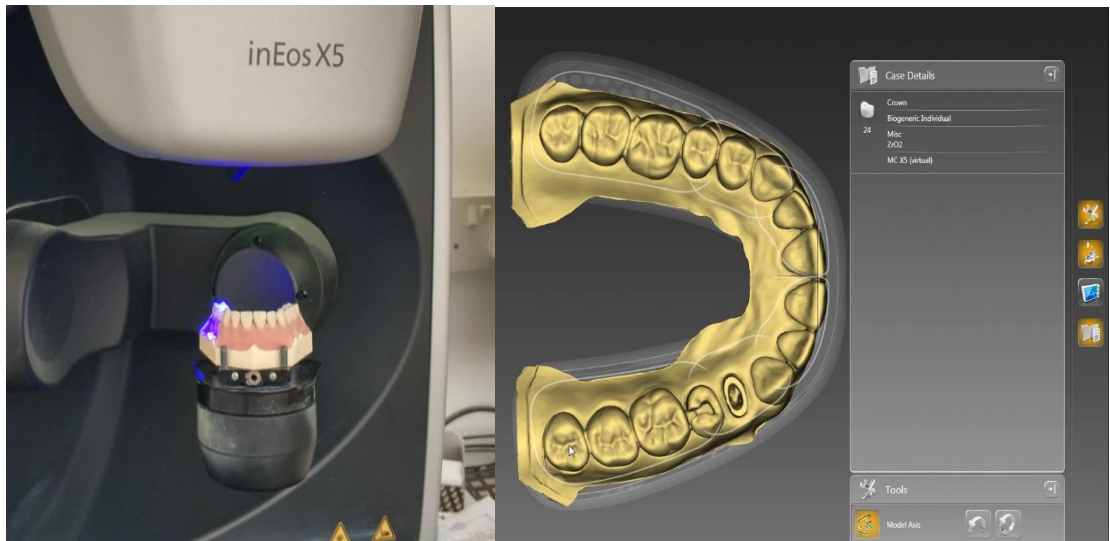


Ana Modellerin Çoğaltılması ve Endokronların Hazırlanması

3 ana modelin üç boyutlu dijital görüntüleri Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Klinik Laboratuvarı bünyesinde bulunan ekstraoral tarayıcı (Sirona inEOS X5, Dentsply Sirona, York, PA, ABD) ile elde edilmiştir ve veriler bilgisayar destekli tasarım (CAD) yazılımına (inLab SW 16.1; Dentsply Sirona, North Carolina, USA) aktarılmıştır (Şekil 19).

Şekil 19

Ekstraoral Tarayıcı ile Dijital Görüntülerin Elde Edilmesi



Tarama işleminin ardından ana modelin dublike edilmesi için ana model dişler frasco çenelerden çıkarılıp, marjin konfigürasyonu farklı olan 3 diş servikal hat sınırına kadar şeffaf akriliğe gömülmüştür (Şekil 20).

Şekil 20

Şeffaf Akriliğe Dişin Sabitlenmesi



Şeffaf akriliğe gömülen dişleri duplike edebilmek için negatif ölçüleri A tipi silikon (Elite HD+ Maxi Putty Soft-Fast Set Vinylpolysiloxane, Zhermack, İtalya) ile alınmıştır (Şekil 21). Negatif ölçü içerisine cerrahi şırınga ile epoksi rezin (Epoksi Resin EPOART Ultra Şeffaf, Polisan, Kocaeli, Türkiye)(Şekil 21) enjekte edilerek ana modellerin duplikasyonları üretilmiştir (Şekil 22).

Şekil 21

Ana Modellerin Duplikasyonunda Kullanılan A Tipi Silikon ve Epoksi Resin



Ana model çoğaltma işlemi farklı marjin konfigürasyonuna sahip 3 ana model için 40 tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Toplam 120 ana model replikası üretilmiştir.

Şekil 22

Ana Model Duplikasyonu



Endokron restorasyonların üretiminde; Ambarino High Class, Voco Grandio, Brilliant Crios ve Shofu olmak üzere 4 farklı disk formunda rezin matriks seramik materyali kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1.

Bu Çalışmada Kullanılan Rezin Matriks Seramik Özellikleri

MARKA	BOYUT	RENK	REF	LOT	KİMYASAL KOMPOZİSYON
BRILLIANT Crios COLTENE	14 x 98.5 (mm)	A2 LT	60022900	J69904	Organik kısım: çapraz bağlı metakrilatlar İnorganik kısım: ağırlıkça %70.7 baryum camı ve amorf silika
VOCO Grandio Disc	15 x 98.4 (mm)	A2 HT	6058	2122709	Organik kısım : metakrilatlar İnorganik kısım: ağırlıkça %86 dolgu maddesi
CREAMED AMBARINO High- Class Blanc	15 x 98.5 (mm)	A2	900200	121020	Organik kısım: ağırlıkça %30 yüksek çapraz bağlı polimer karışımları (Bis-GMA, UDMA ve BUDMA) İnorganik kısım: ağırlıkça %70 seramik benzeri inorganik silikat cam dolgu partikülleri
SHOFU	14 x 98.5 (mm)	A2 LT	2189S	121701	Dolgu bileşimi: %61, bunlara zirkonyum silikat, silikon dioksit, UDMA, TEGDMA dahildir

Tüm endokron restorasyonlar Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Klinik Laboratuvarı bünyesinde bulunan, 5 akslı CAD/CAM cihazında (Sirona inLab, MC X5, Dentsply Sirona, Bensheim, Almanya)(Şekil 23), ana modellerin marjin konfigürasyonu tipine göre tasarlanıp su soğutması altında frezelenerek üretilmiştir (Şekil 24).

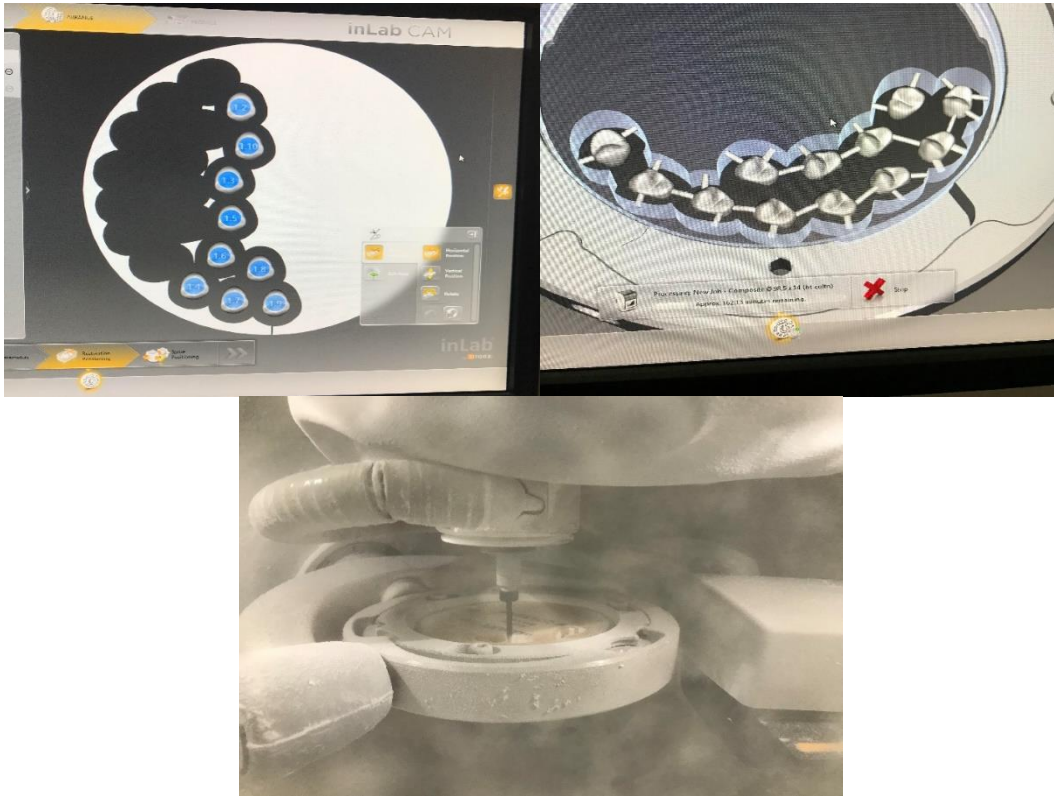
Şekil 23

CAD/CAM Cihazı



Şekil 24

Endokron Üretimi



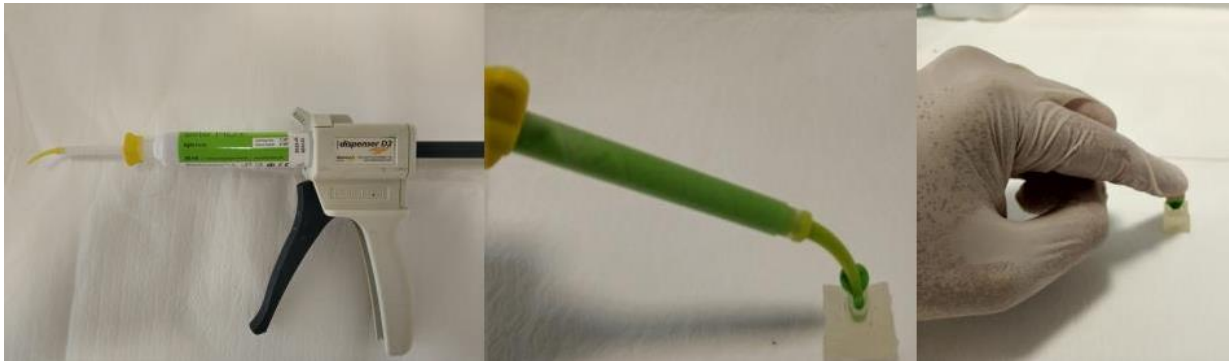
Ana model replikalarına simantasyon yapılmadan önce, endokron tasarımlarının bukkal, lingual, mezial ve distal marjinal uyumları 40× büyütmede bir stereomikroskop (Olympus SZ61TR, Olympus Corporation, Tokyo, Japonya) cihazı yardımıyla incelenmiştir.

Simantasyon Öncesi Marjinal Uyumun Değerlendirilmesi

Bu çalışmada marjinal uyumun değerlendirilmesi için Doğu Akdeniz Üniversitesi Fen ve Edebiyat Fakültesi Laboratuvarı bünyesindeki stereomikroskop (Olympus SZ61TR; Olympus Corporation, Tokyo, Japonya) kullanılmıştır. Marjinal ölçümlerin daha kolay izlenebilmesi için silikon replika tekniği kullanılmıştır. Yapılan çalışmada örneklerin internal uyumu incelenmediğinden ve daha sonra kırılma direncine maruz bırakılacağı için örnekler bu aşamada bistüri ile kesit alma işlemi uygulanmamıştır. Örneklerin internal uyumuna bakmak yerine sadece marjinal uyumu incelenmiştir. Silikon replika tekniği uygulanırken, restorasyonun siman aralığını taklit etmek ve restorasyonu epoksi rezin alt yapıya geçici olarak yapıştırmak için light-body silikon materyali (Elite HD + Lightbody Fast Setting, Zhermack, İtalya) bir karıştırma tabancası (Applyfix 4, Kettenbach GmbH & Co KG, Eschenburg, Almanya) yardımıyla endokron restorasyonlara uygulanmıştır (Şekil 25).

Şekil 25

Silikon Materyali ile Restorasyonun Epoksi Rezin Alt Yapıya Geçici Olarak Yapıştırılması

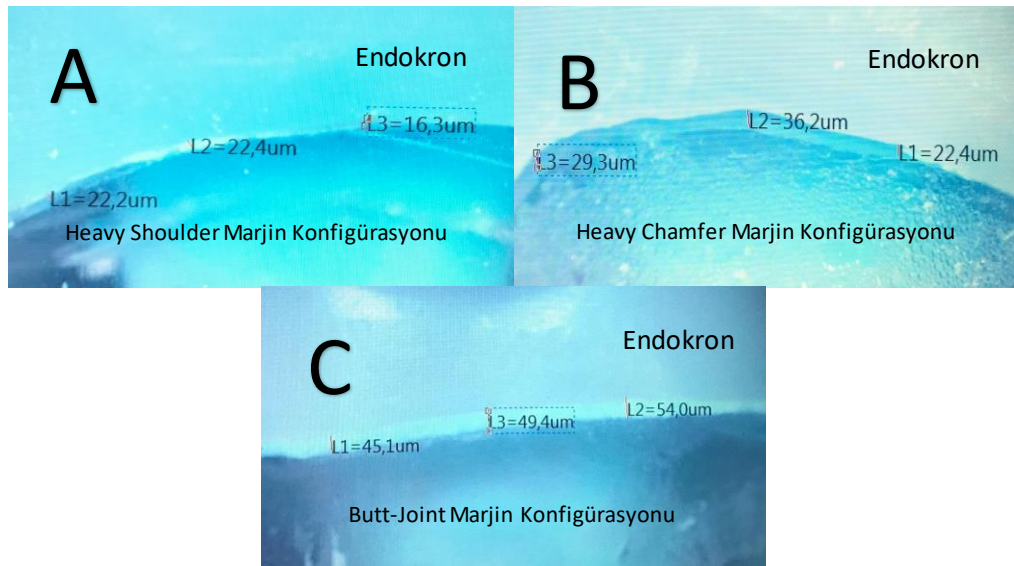


Bu yapılan işlemin nedeni, stereomikroskop altında 40× büyütmede marjinal aralığı incelemenin daha kolay olmasıdır. Marjinal aralık ölçümleri her örneğin bukkal, mezial, distal ve palatalinden 3'er ölçüm noktası birbirinden eşit

uzaklıkta olmak üzere toplamda 12 ölçüm noktası belirlenmiştir. Marjinal aralık değerleri stereomikroskopta bulunan ölçüm yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 26).

Şekil 26

Distal Yüzeyden Marjinal Aralık Ölçüm Değerleri. (A) Heavy Shoulder Marjin Konfigürasyonu (B) Heavy Chamfer Marjin Konfigürasyonu (C) Butt-joint Marjin Konfigürasyonu



Simantasyon

Replikaların pulpa odası duvarlarına Single Bond Universal (3M ESPE, St. Paul, MN, Amerika) (Şekil 27) mikro-fırça yardımıyla 20 saniye boyunca uygulanmış ve 5 saniye boyunca hafif hava ile seyreltilmiştir. Pulpa odası duvarlarına uygulanan bağlanma ajanının fotopolimerizasyonu için halojen ışık kaynağı (LED-B, Woodpecker, Guilin, Çin, 1000-1700 mw/cm²) (Şekil 27) 10 saniye boyunca kullanılmıştır.

Yeterli miktarda dual cure self- adeziv rezin siman (Nova Resin, IMICRYL, Konya, Türkiye) (Şekil 28) endokronlara karıştırma ucu yardımıyla epoksirezinden alt yapılara yerleştirilmiştir.

Endokronların simantasyonu 60 sn boyunca parmak basıncı altında kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Parmak basıncı sonrası taşan simanın kolay temizlenebilmesi için taşan siman 1-2 saniye ışıkla sertleştikten sonra sondun ucu ile fazla siman uzaklaştırıldı. Endokronun 5 yüzeyinden (bukkal, lingual, mezial,

distal ve oklüzal) halojen ışık kaynağı 20'ser sn süreyle uygulanmış ve self adeziv rezin simanın polimerizasyon işlemi sağlanmıştır.

Şekil 27

Single Bond Universal ve Halojen Işık Kaynağı



Şekil 28

Dual Cure Self-Adeziv Resin Siman



Kırılma Direnci Testi

Kırılma direncini karşılaştırmak için, endokronlar üretildikleri RMS malzemesine göre 4 gruba ayrıldı. Bu 4 grup ayrıca marjinal konfigürasyonlarına göre 3 alt gruba ayrıldı. Bu 12 gruba Yakın Doğu Üniversitesi İnovasyon Fakültesi'nde bulunan Universal Test Cihazı (EZ50 Universal Test Machine 50 kN, Ametek Lloyd Instruments Ltd., West Sussex, İngiltere)(Şekil 29) kullanılarak kırılma direnci testi uygulanmıştır. Restorasyonların oklüzal yüzeyindeki santral fossaya, 6 mm çapında olan küre şeklindeki çelik uç konumlandırılmıştır. Örnekler kuvvet uygulaması esnasında dik açıda hareketsiz kalması için düzeneğin alt parçası ile sabitlenmiştir. Statik yükleme, kırılma meydana gelene kadar 1 mm/dak çapraz kafa hızında gerçekleştirilmiş ve kırılma yükleri Newton cinsinden kaydedilmiştir.

Şekil 29

Universal Test Cihazı ile Statik Yükleme



İstatistiksel Analiz

Gerekli örneklem büyüklüğünü hesaplamak için bir analiz yazılımı (Mac için G*Power, Versiyon 3.1.9.3.) kullanılarak güç analizi yapılmıştır. Her

grubun örneklem büyüklüğü $\alpha = 0.05$ 'te %80 güç ve %95 güven düzeyi ile 10 olarak hesaplanmıştır. Hedeflenen istatistiksel gücü sağlamak için her bir test grubu için 10 numune hazırlanmıştır.

Hem marjinal uyum hem de kırılma direnci testlerinden elde edilen tüm verilerin istatistiksel analizi bir istatistiksel yazılım programı (SPSS, IBM Statistics 23.0, Chicago, IL, Amerika) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Marjinal uyum ve kırılma direnci değerleri iki yönlü varyans analizi (ANOVA) ile ayrı ayrı analiz edilmiştir. Gruplar arasındaki anlamlı farklılıkları karşılaştırmak için Tukey post-hoc testi yapıldı. İstatistiksel anlamlılık $p \leq 0.05$ olarak kabul edildi.

BÖLÜM IV

Bulgular

Bu bölümde, örneklerden elde ettiğimiz marjinal aralık değerlerinin ve kırılma direnci verilerinin analizi sunulmaktadır.

Araştırmamızda elde edilen veriler, 2 ana başlık altında incelenmiştir.

1. Marjinal aralık verileri
2. Kırılma direnci testi verileri

Marjinal Aralık Verileri

İki yönlü ANOVA parametrik testinin sonuçlarına göre (Tablo 2), RMS tipinin ($p = 0.00$) ve RMS tipi ile marjin konfigürasyonu arasındaki etkileşimin ($p = 0.018$) marjinal uyumu önemli ölçüde etkilediği gözlenirken; marjin konfigürasyon tipinin tek başına marjinal uyumu etkilemediği görülmüştür ($p = 0.80$). Test gruplarının ortalama \pm standart sapma marjinal aralık değerleri Tablo 3'te belirtilmiştir.

Tablo 2.

İki Yönlü ANOVA Parametrik Testinin Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	Önemlilik Düzeyi
RMS Tipi (A)	1293,652	3	431,217	6,973	,000
Preparasyon Tipi (B)	319,22	2	159,61	2,581	,080
A * B	1002,604	6	167,101	2,702	,018

F, varyans analiz test istatistikleri; RMS, rezin matriks seramik; SD, serbestlik derecesi. $p \leq 0.05$ istatistiksel açıdan önemli ölçüde fark olduğunu gösterir.

Tablo 3.

Test Gruplarının Ortalama \pm Standart Sapma Marjinal Aralık Değerleri

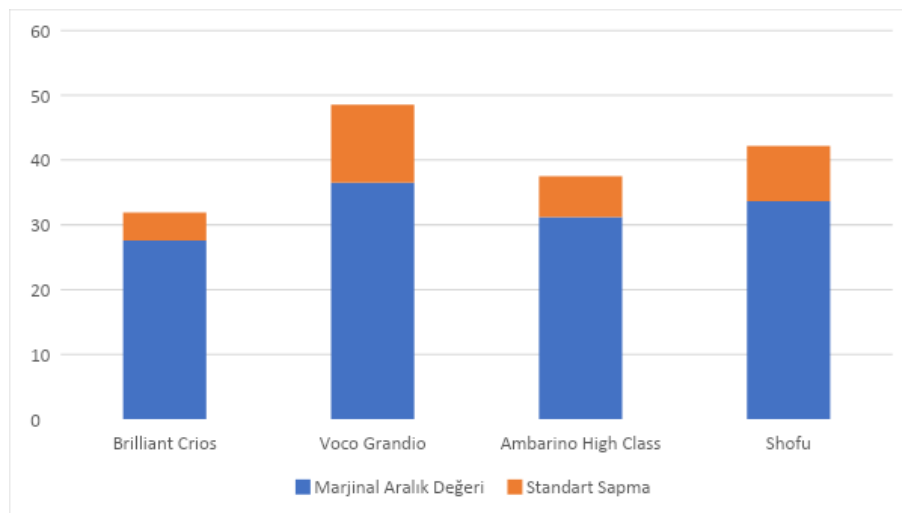
	Butt-Joint	Heavy Chamfer	Heavy Shoulder	Ortalama
Brilliant Crios	27.47 \pm 4.95	29.89 \pm 3.39	25.39 \pm 3.66	27.58 \pm 4.34
Voco Grandio	30.31 \pm 4.36	39.36 \pm 3.84	39.93 \pm 19.15	36.53 \pm 12.01
Ambarino High Class	35.44 \pm 8.08	30.76 \pm 1.98	27.42 \pm 4.67	31.2 \pm 6.28
Shofu	32.41 \pm 12	38.05 \pm 2.65	30.42 \pm 7.07	33.63 \pm 8.56
Ortalama	31.41 \pm 8.19	34.52 \pm 5.19	30.79 \pm 11.67	32.24 \pm 8.84

RMS Tipinin Marjinal Aralık Değerine Etkisi

RMS tipinin marjinal aralık değerleri üzerindeki etkisi Şekil 30 ve Tablo 4'te sunulmuştur. RMS materyallerinin ortalama marjinal aralık değerleri incelendiğinde, en yüksek marjinal aralık değerlerinin Voco Grandio (36.53 \pm 12.01 μ m) grubunda olduğu gözlenirken; en düşük değerlerin Brilliant Crios'ta (27.58 \pm 4.34 μ m) olduğu gözlenmiştir.

Şekil 30

Farklı RMS Materyallerinin Marjinal Aralık Değerleri Grafisi



Tukey HSD çoklu karşılaştırma testinin sonucuna göre (Tablo 4); Brilliant Crios grubu, Voco Grandio ve Shofu gruplarına kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük marjinal aralık değerleri göstermiştir ($p \leq 0.05$). Diğer tüm gruplar arasında önemsiz bir farklılık gözlenmiştir ($p > 0.05$). RMS tipine bağlı olarak ortalama marjinal aralık değerleri şu şekilde sıralanabilir: Voco Grandio = Shofu \geq Ambarino High Class \geq Brilliant Crios

Tablo 4.

RMS Tipinin Marjinal Aralık Değeri Üzerindeki Etkisinin Tukey HSD Testi ile İncelenmesi

RMS Tipi	Marjinal Aralık Değeri
Brilliant Crios	27.58±4.34 ^a
Voco Grandio	36.53±12.01 ^b
Ambarino High Class	31.2±6.28 ^{ab}
Shofu	33.63±8.56 ^b

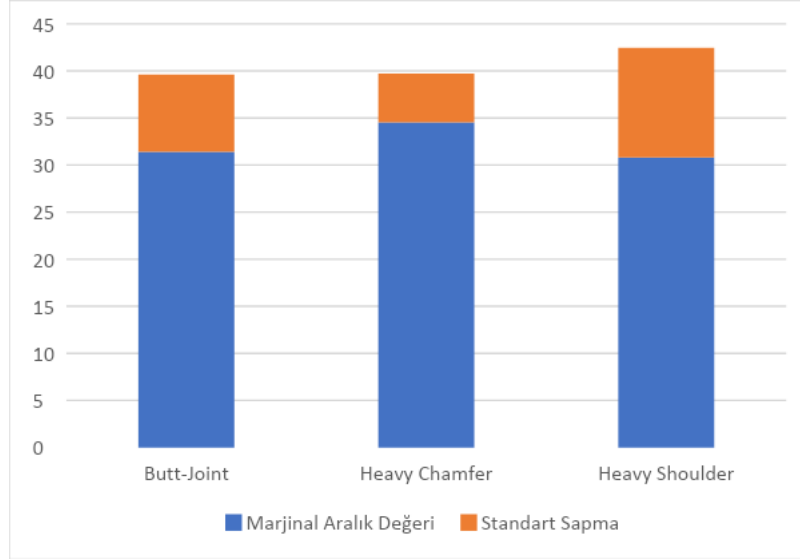
Gruplar arasında farklı üst simgeye sahip olunması istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ($p \leq 0.05$).

Marjin Konfigürasyonunun Marjinal Aralık Değerine Etkisi

Marjin konfigürasyon tipine göre elde edilen marjinal aralık değerleri Şekil 31'de görülmektedir. En yüksek değer heavy chamfer ($34.52 \pm 5.19 \mu\text{m}$) grubunda olduğu gözlenirken, en düşük değer heavy shoulder ($30.79 \pm 11.67 \mu\text{m}$) olduğu görülmektedir.

Şekil 31

Farklı Marjin Konfigürasyonuna Sahip Örneklerin Marjinal Aralık Değerleri



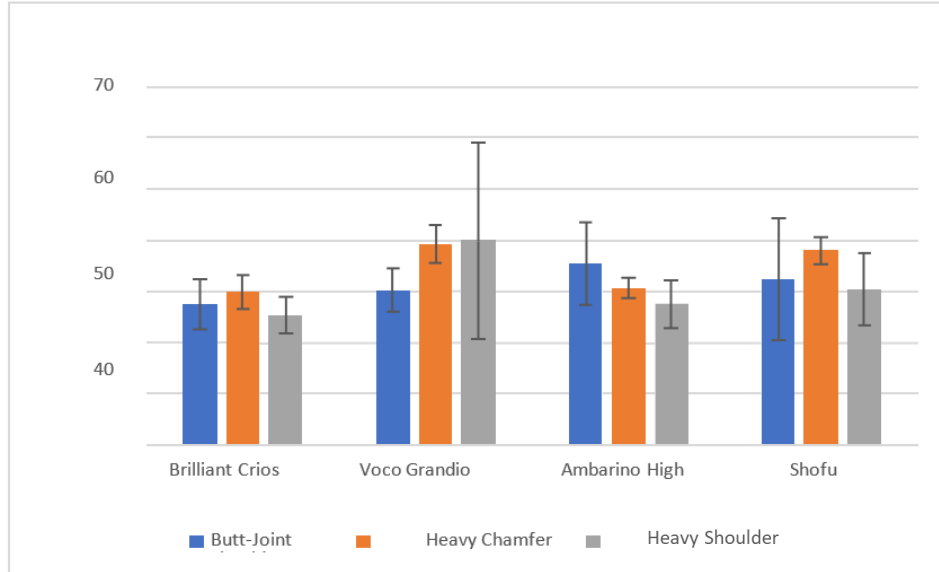
Bununla birlikte; materyalden bağımsız olarak uygulanan marjin konfigürasyon tipi değerlendirildiğinde, gruplar arasındaki farkın istatistiksel önem göstermemesi nedeniyle ($p = 0.80$) Tukey post-hoc testi gerçekleştirilmemiştir.

RMS Tipi ile Marjin Konfigürasyonu Arasındaki İntraksiyonun Marjinal Aralık Değerine Etkisi

RMS tipi ile marjin konfigürasyonu arasındaki intraksiyonun marjinal aralık değerleri üzerindeki etkisi Şekil 32 ve Tablo 4'te sunulmuştur. Materyal tipi tek başına etkiliyken marjinal aralık değeri en fazla Voco Grandio'da görülmüştür. Ancak marjin konfigürasyonu ile birlikte materyal tipi değerlendirildiğinde, en fazla marjinal aralığın heavy shoulder marjin konfigürasyonuna sahip Voco Grandio'da (39.93 ± 19.15) olduğu gözlenmiştir. En düşük marjinal aralık değeri ise heavy shoulder marjin konfigürasyonuna sahip Brilliant Crios (25.39 ± 3.66) grubunda saptanmıştır.

Şekil 32

Farklı Marjin Konfigürasyonu RMS Materyallerinin Ortalama Marjinal Aralık Değerleri (μm).



Tukey HSD çoklu karşılaştırma testinin sonucuna göre (Tablo 5); sadece Voco Grandio grubunda butt-joint konfigürasyonu, diğer marjin konfigürasyonlarına göre anlamlı derecede daha düşük marjinal aralık değeri göstermiştir ($p \leq 0.05$). Diğer tüm gruplarda marjin konfigürasyonları arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$).

Marjin konfigürasyonuna göre materyal tipleri incelendiğinde; butt-joint konfigürasyonunda materyal tipleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p > 0.05$). Heavy chamfer konfigürasyonunda, sadece Brilliant Crios ve Voco Grandio arasındaki farklılık önem göstermiştir ($p \leq 0.05$). Heavy shoulder konfigürasyonunda ise, Voco Grandio diğer tüm materyallere göre anlamlı derecede daha yüksek marjinal aralık değeri sergilemiştir ($p \leq 0.05$).

Tablo 5.

Farklı Marjin Konfigürasyonlarına Sahip RMS Materyallerinin Ortalama Marjinal Aralık Değerleri (μm) ve Standart Sapmaları.

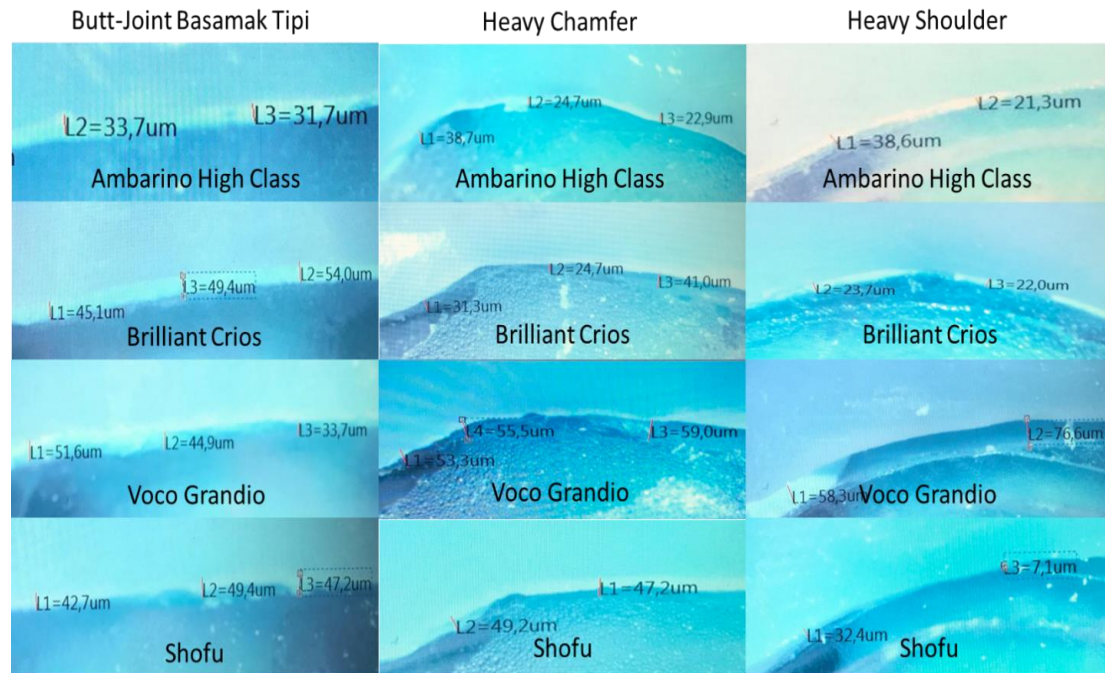
	Butt-Joint	Heavy Chamfer	Heavy Shoulder
Brilliant Crios	27.47 \pm 4.95 ^{A,a}	29.89 \pm 3.39 ^{A,a}	25.39 \pm 3.66 ^{A,a}
Voco Grandio	30.31 \pm 4.36 ^{A,a}	39.36 \pm 3.84 ^{B,b}	39.93 \pm 19.15 ^{B,b}
Ambarino High Class	35.44 \pm 8.08 ^{A,a}	30.76 \pm 1.98 ^{A,ab}	27.42 \pm 4.67 ^{A,a}
Shofu	32.41 \pm 12 ^{A,a}	38.05 \pm 2.65 ^{A,ab}	30.42 \pm 7.07 ^{A,a}

Aynı üst simge harflerine sahip olan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0.05$). Büyük harfler aynı satır, küçük harfler ise aynı sütundaki değerlerin istatistiksel analiz sonuçlarını göstermektedir.

Gruplarda oluşan marjinal aralıkların stereomikroskop görüntüleri Şekil 33'de gösterilmiştir.

Şekil 33

Her Bir Grup için Stereomikroskop Görüntüsü



Kırılma Direnci Testi Verileri

İki yönlü ANOVA parametrik testinin sonuçları (Tablo 6); kullanılan RMS tipinin ($p=0.00$), marjin konfigürasyonunun ($p=0.00$) ve materyal ile marjin konfigürasyonu arasındaki etkileşimin ($p=0.00$) kırılma direncini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Test gruplarının ortalama \pm standart sapma kırılma direnci değerleri Tablo 7’te belirtilmiştir.

Tablo 6.

İki Yönlü ANOVA Parametrik Testinin Sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	Önemlilik Düzeyi
RMS Tipi (A)	1035695,232	3	345231,744	9,324	,000
Preparasyon Tipi (B)	1570172,671	2	785086,336	21,203	,000
A * B	1022164,625	6	170360,771	4,601	,000

F, varyans analiz test istatistikleri; RMS, rezin matriks seramik; SD, serbestlik derecesi. $p \leq 0.05$ istatistiksel açıdan önemli ölçüde fark olduğunu gösterir.

Tablo 7.

Test gruplarının ortalama \pm standart sapma kırılma direnci değerleri

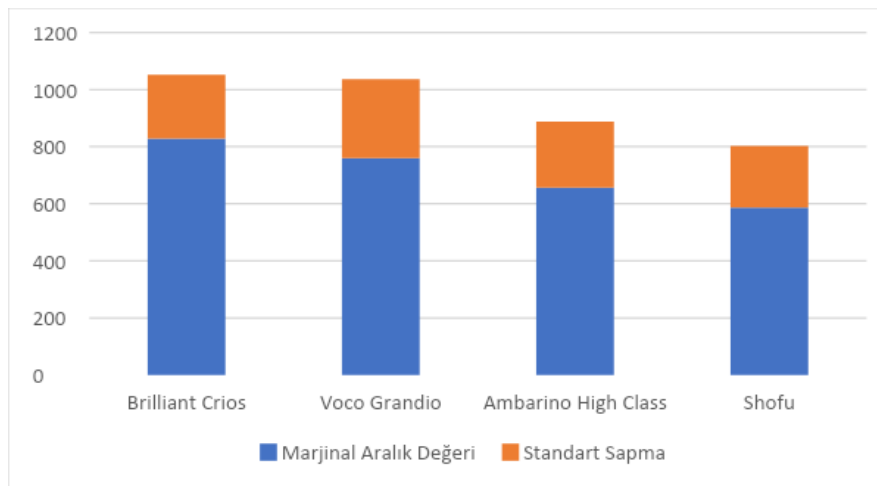
	Butt-Joint	Heavy Chamfer	Heavy Shoulder	Ortalama
Brilliant Crios	688.83 \pm 185.88	845.12 \pm 168.86	950.37 \pm 245.12	828.10 \pm 223.87
Voco Grandio	490.29 \pm 27.93	834.19 \pm 97.60	954.16 \pm 327.80	759.54 \pm 276.63
Ambarino High Class	711.14 \pm 169.58	517.46 \pm 117.53	742.36 \pm 281.50	656.98 \pm 231.38
Shofu	357.73 \pm 154.51	682.04 \pm 151.90	718.79 \pm 123.99	586.18 \pm 216.92
Ortalama	561.99 \pm 206.17	719.70 \pm 199.05	841.42 \pm 270.50	707.70 \pm 253.16

RMS Tipinin Kırılma Direncine Etkisi

RMS tipinin kırılma direnci üzerindeki etkisi Şekil 34 ve Tablo 8’de sunulmuştur. RMS materyallerinin kırılma direncine etkisi incelendiğinde, en yüksek kırılma direnci değerinin Brilliant Crios’da (828.10 ± 223.87 N) olduğu gözlenirken; en düşük değer Shofu’da (586.18 ± 216.92 N) olduğu görülmüştür.

Şekil 34

Farklı RMS Materyallerinin Kırılma Direnci Değerleri Grafisi



Tukey HSD çoklu karşılaştırma testinin sonucuna göre; Brilliant Crios grubu Ambarino High Class ve Shofu materyallerine göre önemli derecede daha yüksek kırılma direnci değeri sergilemiştir ($p \leq 0.05$). Ayrıca Voco Grandio ve Shofu materyalleri arasında önemli bir fark saptanmıştır ($p \leq 0.05$). Diğer gruplar arasındaki farklıklar ise istatistiksel önem sergilememiştir ($p > 0.05$).

Tablo 8.

RMS Tipinin Kırılma Direnci Üzerindeki Etkisinin Tukey HSD Testi ile İncelenmesi

RMS Tipi	Kırılma Direnci Değeri
Brilliant Crios	828.10 ± 223.87^a
Voco Grandio	759.54 ± 276.63^{ab}
Ambarino High Class	656.98 ± 231.38^{bc}
Shofu	586.18 ± 216.92^c

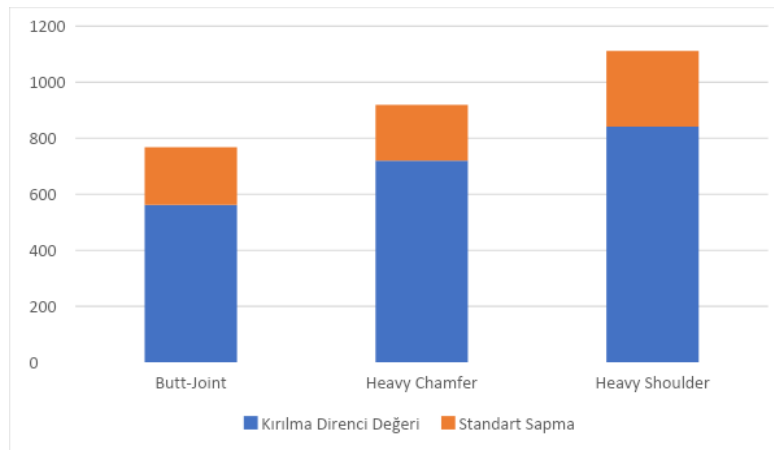
Gruplar arasında farklı üst simgeye sahip olunması istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ($p < 0.05$)

Marjin Konfigürasyonunun Kırılma Direnci Değerine Etkisi

Marjin konfigürasyonunun kırılma direncine etkisi Şekil 35 ve Tablo 9'da görülmektedir ($p = 0.00$). En yüksek kırılma direncinin heavy shoulder marjin konfigürasyonunda (841.42 ± 270.50 N) olduğu gözlenirken; en düşük değer butt-joint marjin konfigürasyonunda (561.99 ± 206.17 N) olduğu görülmüştür.

Şekil 35

Farklı Marjin Konfigürasyonu Endokronların Kırılma Direnci Değerleri Grafisi



Tukey HSD çoklu karşılaştırma testinin sonucuna göre; marjin konfigürasyonları arasındaki farklar istatistiksel önem göstermiştir ($p \leq 0.05$). Marjin konfigürasyonu tipine bağlı olarak ortalama kırılma direnci değerleri şu şekilde sıralanabilir: butt-joint < heavy chamfer < heavy shoulder

Tablo 9.

Marjin Konfigürasyonunu Kırılma Direnci Değeri Üzerindeki Etkisinin Tukey HSD Testi ile İncelenmesi

Marjin Konfigürasyonu	Kırılma Direnci Değeri
Butt-Joint	561.99 ± 206.17^A
Heavy Chamfer	719.70 ± 199.05^B
Heavy Shoulder	841.42 ± 270.50^C

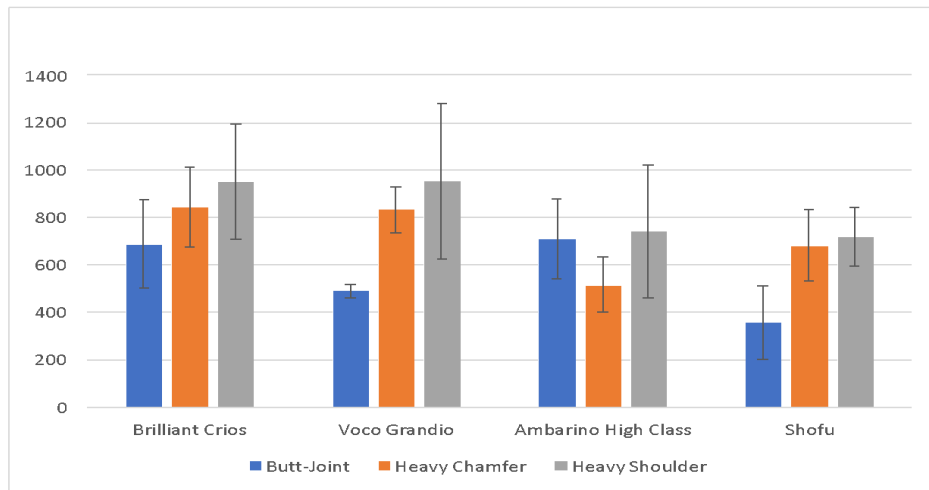
Gruplar arasında farklı üst simgeye sahip olunması istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğunu gösterir ($p < 0.05$)

RMS Tipi ile Marjin Konfigürasyonu Arasındaki İnteraksiyonunun Kırılma Direncine Etkisi

RMS tipi ile marjin konfigürasyonu arasındaki interaksiyonun kırılma direnci değerleri üzerindeki etkisi Şekil 36 ve Tablo 10'da sunulmuştur. En yüksek kırılma direnci değeri heavy shoulder marjin konfigürasyonlu Brilliant Crios grubunda (950.37 ± 245.12 N) gözlenirken; en düşük kırılma direnci butt-joint marjin konfigürasyonlu Shofu (357.73 ± 154.51 N) grubunda saptanmıştır.

Şekil 36

Farklı Marjin Konfigürasyonlu RMS Endokron Restorasyonların Ortalama Kırılma Direnci Değerleri (N)



RMS tipine göre marjin konfigürasyonları incelendiğinde (Tablo 10); Voco Grandio ve Shofu materyallerinde butt-joint marjin konfigürasyonu önemli derecede daha düşük kırılma direnci göstermiştir ($p < 0.05$). Diğer iki marjin konfigürasyonu arasındaki fark ise önem sergilememiştir ($p > 0.05$). Brilliant Crios grubunda sadece butt-joint ve heavy shoulder arasındaki fark anlamlılık gösterirken, Ambarino High Class grubunda sadece heavy chamfer ve heavy shoulder arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.05$)

Marjin konfigürasyonuna göre materyal tipleri incelendiğinde (Tablo 10) butt-joint konfigürasyonunda, Shofu grubunun Ambarino High Class ve Brilliant Crios materyallerine kıyasla; heavy chamfer konfigürasyonunda Ambarino High Class grubunun Brilliant Crios ve Voco Grandio materyallerine kıyasla ve heavy shoulder konfigürasyonunda ise Shofu grubunun Brilliant Crios ve Voco Grandio

materyallerine kıyasla anlamlı derecede daha düşük kırılma direnci değerleri gösterdiği saptanmıştır ($p \leq 0.05$).

Tablo 10.

Farklı Marjin Konfigürasyonlu RMS Endokron Restorasyonların Ortalama Kırılma Direnci Değerleri (N) ve Standart Sapmaları.

	Butt-Joint	Heavy Chamfer	Heavy Shoulder
Brilliant Crios	688.83±185.88 ^{A,b}	845.12±168.86 ^{AB,b}	950.37±245.12 ^{B,b}
Voco Grandio	490.29±27.93 ^{A,ab}	834.19±97.60 ^{B,b}	954.16±327.80 ^{B,b}
Ambarino High Class	711.14±169.58 ^{AB,b}	517.46±117.53 ^{A,a}	742.36±281.50 ^{B,ab}
Shofu	357.73±154.51 ^{A,a}	682.04±151.90 ^{B,ab}	718.79±123.99 ^{B,a}

Aynı üst simge harflerine sahip olan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0.05$). Büyük harfler aynı satır, küçük harfler ise aynı sütündeki değerlerin istatistiksel analiz sonuçlarını göstermektedir.

BÖLÜM V

Tartışma

Kanal tedavisi yapılmış dişlerde eksik diş dokusunun restore edilmesi için birçok tedavi seçeneği bulunmaktadır. Ancak var olan tedavi seçenekleri ile her daim fonksiyonel ve estetik açıdan tatmin edici sonuçlar elde edilmesi garantili değildir. Özellikle aşırı madde kayıplı, kanalları dar ve aşırı eğimli dişlerde hekimler tarafından tercih edilen yöntemlerden biri endokron uygulamalarıdır (Acar & Ünver, 2016; Acar vd., 2021). Bu *invitro* çalışmada, aşırı madde kaybına sahip kanal tedavili dişlerde CAD/CAM yardımıyla dört farklı RMS materyalinden üretilen farklı marjin konfigürasyonlarına sahip endokron restorasyonların marjinal uyumu ve kırılma dayanımı değerlendirilmektedir.

Kanal tedavisi yapılan dişlerde, pulpa ve çevre dentin dokusunun uzaklaştırılması nedeniyle büyük bir madde kaybı meydana gelir. Bu durum, restorasyon sürecinde çeşitli zorluklar yaratabilir. Koronal retansiyonun sağlanması için kanal içi postlar ve kor yapısı kullanılabilir ancak post kullanımı sağlıklı diş dokusunun çıkarılmasını gerektirdiği için restore edilen yapının biyomekanik özellikleri olumsuz etkilenebilir. Bu nedenle, postlara alternatif olarak endokronlar gibi farklı restoratif yaklaşımlar önerilmektedir (Biacchi vd., 2012; Biacchi vd., 2013).

Endokronlar, kanal tedavisi yapılan dişlerin restorasyonunda kullanılan bir yöntemdir ve post, kor ve kronu tek bir sistemde birleştirerek monoblok yapıda restorasyonlar sunar (Zarone vd., 2006; Mörmann & Bindl, 2002). Diğer yöntemlerden farklı olarak, endokronlar pulpa odasının iç kısmına ve kavite duvarlarına bağlanarak makromekanik ve mikromekanik retansiyon elde eder. Bu sayede daha az sağlıklı diş dokusu çıkarılır ve hızlı bir şekilde restore edilebilir. Endokronlarla restore edilen dişlerde, çiğneme kuvvetleri tüm diş yapısı boyunca daha homojen bir şekilde dağılır ve supragingival marjinler plak kontrolünü ve klinik muayeneyi kolaylaştırır (Veselinović vd., 2008). Böylece endokron restorasyonlar daha az invaziv bir seçenek haline gelir ve diş dokusunun bütünlüğünün korunmasını sağlar (Mörmann & Bindl, 2002; Sedrez-Porto vd., 2016).

Endokron restorasyonların uygulanması teknik olarak zorlu bir süreç olabilir. Doğru materyal seçimi, uygun preparasyon ve adezyon teknikleri, doğru marjin

konfigürasyonu ve uygun simantasyon işlemi gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca, endokron restorasyonların kırılma direnci ve dayanıklılığı, kullanılan malzemenin özelliklerine ve tasarımına bağlı olarak değişebilir (Biacchi vd., 2013).

Endokronlar, geleneksel kron restorasyonlara kıyasla daha düşük stres seviyelerine sahip olması nedeniyle avantajlıdır (Lin vd., 2010). Ayrıca, yapılan bir çalışmada endokronların, kırılma direnci açısından geleneksel kron restorasyonlardan daha iyi bir performans gösterdiği ve sağlam premolar dişlerden daha yüksek bir kırılma direncine sahip olduğu bildirilmiştir (Lin vd., 2010). Endokronlar ayrıca, endodontik olarak tedavi edilmiş ve ciddi şekilde çürümüş dişlerin yapısını geri kazandırarak, diş hekimlerine bu tür dişlerin restore edilmesi için bir seçenek sunar (Chang vd., 2009).

Sedrez-Porto vd. (2016), endokron restorasyonları, post-kor, direkt kompozit rezin ve inley/onley restorasyonlar hakkında 8 farklı çalışmanın sistematik inceleme ve meta analizini yapmıştır ve endokron restorasyonların, geleneksel restorasyonlardan daha iyi bir performans sergileyebileceği sonucuna varmıştır. Benzer şekilde, Belleflamme vd. (2017), endokronların geniş koronal sert doku kaybı, brüksizm veya uyumsuz oklüzal ilişkiler gibi oklüzal risk faktörleri varlığında bile ciddi şekilde hasar görmüş dişlerin restore edilmesi için güvenilir bir tedavi seçeneği olduğunu bildirmiştir.

Sonuç olarak, endokron restorasyonlar, geniş koronal yıkıma sahip endodontik tedavi görmüş dişlerin restorasyonunda etkili bir seçenek olabilir. Bu restorasyonlar, diş dokusunun bütünlüğünü korurken aynı zamanda iyi bir kırılma direnci ve estetik sonuç sağlayabilirler. Ancak, uygulama sırasında dikkatli bir planlama ve doğru tekniklerin kullanılması gerekmektedir (Biacchi vd., 2013; Sedrez-Porto vd., 2016; Belleflamme vd., 2017).

Materyallerin uzun dönemde pre-klinik ve klinikte kullanımları önemlidir, çünkü amaç doğal dişlere benzer malzemeleri kullanmaktır. Ancak, her dişin farklı yönlerde farklı çekme ve baskı dayanımlarına sahip olmaları ve farklı özellikler sergilemelerine bağlı olarak, test edilen materyallerle doğrudan karşılaştırılamazlar (Gresnigt vd., 2016). İn vitro çalışmalarda, restoratif materyallerle bağlantısının iyi olması, elastisite modülü ve dayanıklılık gibi özellikleri ile klinik ortamı daha iyi yansıttığı için insan dişlerinin kullanılması tavsiye edilmektedir (Gresnigt vd., 2016). Bununla birlikte çalışmalarda insan dişlerinin kullanılması, boyut ve mekanik özellik

bakımından geniş bir varyasyon göstermeleri ve standardizasyonlarının zor olması sebebiyle dezavantaj yaratmaktadır (Sidoli vd., 1997).

Ayrıca kullanılan dişlerin morfolojisi, biyomekanik kompozisyonu, kök ve kron boyutlarındaki farklılıklar ve dentindeki mikro çatlaklar, yapılan test sonuçlarını etkileyebilir. Bijelic vd. (2011), yapay olarak üretilen dişlerle yapılan çalışmaların çekilmiş dişlerle yapılan çalışmalara göre daha tutarlı sonuçlar verdiğini bildirmiştir. Gresnigt vd. (2016), doğal dişler kullanarak yaptıkları çalışmada; dişler arasında standart bir durum sağlanamaması nedeniyle sonuçların etkilendiğini belirtmiştir. Bu nedenle, çalışmalarda örneklem boyutunun ve kullanılan dişlerin standardizasyonu önemlidir. Bu nedenle çalışmamızda literatürle uyumlu olarak (Bijelic vd. 2011; Gурpinar & Tak, 2022; Munoz-Sanchez vd., 2023; Sterzenbach vd., 2023), insan dişine en yakın ve standardizasyonu kolay sağlayabilmek adına frasco dişler kullanılmıştır.

Endokronlar, kanal tedavili anterior ve posterior dişlerin restorasyonunda kullanılabilen bir yöntemdir. Endokron restorasyonlarının dayanıklılığı, kırılma direnci ve marjinal uyumu hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Lin vd. (2010), endokron restorasyonların tam kron restorasyonlara göre daha düşük stres seviyelerine sahip olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, premolar dişlerde uygulanan endokron restorasyonların, yüzey alanı gereksinimleri ve artan kron yüksekliği nedeniyle molar endokronlara göre daha az başarılı olduğu bildirilmiştir (Bindl vd., 2005).

Başka bir çalışmada ise, molar dişler üzerinde butt-joint ve shoulder marjin konfigürasyonları arasındaki kırılma direnci farklılıkları araştırılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, butt-joint marjin konfigürasyonunun shoulder marjin konfigürasyonuna göre daha düşük bir kırılma direncine sahip olduğunu göstermiştir. Ayrıca, farklı materyallerin kullanımı da kırılma direncini etkilemiştir (Taha vd., 2018).

Premolar dişler, posterior dişler arasında bulunan çok sayıda kök kanalına sahip olan dişlerdendir. Bu nedenle, premolar dişlerde endodontik tedavi ve restorasyon işlemleri sırasında molar dişlere oranla yüzey alanı daha küçük olduğundan kırılma riski daha yüksektir. Ayrıca, premolar dişlerin anatomik yapısı; marjin hazırlığı ve materyal seçimini etkileyebilir (Dammachke vd., 2013).

Literatürde, endodontik tedavili premolar dişe uygulanan farklı restoratif materyale göre sıkıştırma kuvvetleri incelenmiştir. Sonuçlar, farklı materyallerin

sıkıştırma kuvvetlerinde farklılıklar gösterdiğini ve bu farklılıkların dişlerin restorasyonunda kullanılan materyallerin seçiminde dikkate alınması gerektiğini göstermiştir (Pradeep vd., 2013; Lise vd., 2017; Andrade vd., 2023).

Premolar dişler üzerinde yapılan bu tür çalışmalar, diş restorasyonu ve endodontik tedavi alanlarında yeni materyaller ve tekniklerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, premolar dişlerin araştırmalarda kullanılması, daha kaliteli ve dayanıklı restorasyonlar yapmak için önemlidir. Elde etmek istediğimiz verileri ve sonuçları standartlaştırmak amacıyla çalışmamızda Frasco 1. premolar diş kullanılmıştır.

Endokronların preparasyonu için molar dişlerde 5 mm çapında silindirik bir eksen ve 5 mm derinliğinde retansiyon kavitesi tavsiye edilmektedir. Bindl ve Mörmann (1999) gerçekleştirdikleri çalışmada merkezi retansiyon kavitesinin derinliğinin standardize edilemediğini ve 1-4 mm arasında değiştiğini bildirmektedir. Endokron uygulamalarında artan kavite derinliği ile daha derin intraradiküler uzantı ile adezyon alanının arttırılacağı ve çiğneme kuvvetlerinin köke direkt olarak transfer edileceği söylenmektedir (Lise vd., 2017).

Elsharkawy (2021), kanal tedavili 24 premolar diş üzerinde yapmış olduğu bir çalışmada pulpa odası derinliğine bağlı olarak endokronların kırılma direncini test etmiştir. Üç gruba ayırdığı premolar dişlere sırası ile 2, 3 ve 4 mm derinlikte pulpa odası uzantısı oluşturmuştur. Premolar dişleri de Brilliant Crios RMS materyali ile restore etmiştir. 2 ve 3 mm pulpa odası derinliğine sahip dişlerin 4 mm pulpa odası derinliğine sahip dişlere oranla daha yüksek kırılma direnci gösterdiği, ayrıca 2 mm pulpa odası derinliğine sahip dişlerde gözlenen kırılmaların çoğunlukla onarılabilir olduğunu bildirmiştir.

Biacchi ve Basting (2012), endokron restorasyonların cam fiber post restorasyonlara göre daha yüksek kırılma dayanımı gösterdiğini rapor etmiştir. Ancak, endokron restorasyonun direnç ve tutuculuğunun sağlanması için pulpa odasının derinliğinin 3 mm'den az olmaması gerektiğini vurgulamıştır.

Bu tez çalışmasında endokron preparasyonu için yapılan ana modellere 2 mm oklüzal redüksiyon, 4 mm pulpa odası derinliği ve 6 mm pulpa odası genişliği verilmiştir. Pulpa odasının aksiyal duvarlarına, pulpa tabanından kavite ağzına doğru 8°'lik bir açı verilerek pulpa odası şekillendirilmiştir. Standardizasyonun sağlanması için kavite preparasyonu sırasında 4 mm uzunluğunda shoulder elmas frezler kullanılmış ve işlem tek bir operatör (B. M.) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu

özellikler ile çalışmanın sonuçlarının daha tutarlı ve karşılaştırılabilir kılınması amaçlanmıştır.

Bu in vitro çalışmada, dört farklı RMS disk materyalinden CAD/CAM ile tasarlanıp üretilen endokronların marjinal uyumu ve kırılma dayanımı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, endokronların marjinal uyumunda ve kırılma dayanımında materyal ve preparasyon tipi arasında önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur. En iyi marjinal uyum Brilliant Crios endokronlarda, en yüksek kırılma direnci ise Voco Grandio endokronlarda gözlenmiştir. Heavy shoulder preparasyon tipi tüm materyaller için en yüksek kırılma direnci değerlerini göstermiştir.

Bu sonuçlar, endokronların restorasyonunun başarısı için materyal ve preparasyon tipinin önemli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, endokronların, daha invaziv olan post ve kor yapısı kullanımına alternatif olarak düşünülebileceğini de göstermektedir. Ancak, premolar dişlerin restorasyonunda endokronların başarısı daha düşük olduğu için, tercih edilirken dikkatli olunmalıdır. Sonuç olarak, bu çalışma, endokronların kanal tedavisi yapılmış dişlerin restorasyonunda iyi bir seçenek olabileceğini ve endokron seçimi yapılırken materyal ve preparasyon tipinin dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Endodontik tedavinin başarısı, doğru bir preparasyonun yanı sıra uygun restorasyonun da seçimine bağlıdır. Ferrule varlığı, kırılma direnci ve restorasyonun uzun ömürlülüğü açısından önemlidir. Ferrule, dişin koronal yapısının kalıntı miktarını ifade eder ve dişin restorasyonla birlikte sağlam kalmasına yardımcı olur. Sorensen ve Engelman (1990) tarafından yapılan bir in vitro çalışmada, 1 mm ferrule varlığı olan kanal tedavili dişlerin kırılma direncinin ferrule olmayan dişlere göre iki kat daha fazla olduğu belirtilmiştir. Ferrule yüksekliğinin daha etkili olduğunu gösteren diğer çalışmalar da bulunmaktadır (Barkhordar vd., 1989; Isidor vd., 1999; Zhi-Yue & Yu-Xing, 2003). Libman ve Nicholls (1995) tarafından yapılan bir başka in vitro çalışmada, farklı ferrule yüksekliklerine sahip kesici dişlerin kırılma direnci karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre, 0,5 ve 1 mm yükseklikteki ferrule varlığı, 1,5 ve 2 mm yüksekliğe sahip ferruleye göre daha düşük kırılma direnci göstermiştir. Bazı in vitro çalışmalarda, kırılma direncinin en yüksek görüldüğü dişlerde ferrule yüksekliğinin 2 mm (Akkayan, 2004; Fokkinga vd., 2007) ve 3 mm (Pereira vd., 2006) olduğu bildirilmiştir. Lise vd. (2017), ferrule olmadan yapılan endodontik tedavinin, dişlerin kırılma direncinde azalmaya neden olduğunu ve

restorasyonun kırılma direnci ve kuvvet iletiminde ferrule varlığının önemli etkisi olduğu belirtmiştir.

Lise vd. (2017), ferrule olmadan endodontik olarak tedavi edilmiş premolarların kırılma direncine, restorasyon tasarımının ve CAD/CAM materyal tipinin etkisini değerlendirmiştir. Çalışmalarında, ferrule etkisi olmadan 5 mm pulpa odası uzantılı bir endokron tasarımının 2.5 mm pulpa odası uzantılı kısa endokron restorasyondan daha yüksek kırılma direncine sahip olduğu ancak daha az invaziv olduğunu ve daha çok kök kırığı gözlemlendiği bildirilmiştir. Ayrıca, RMS kullanımının yüksek bir yük-kırılma dayanımı sağladığı ve bu malzemenin elastik olmasının, stres dağılımını daha homojen hale getirerek yük dağılımını arttırdığı gösterilmiştir (Lise, 2017).

Bu çalışmada standartlaştırılmış bir model kullanarak, doğru bir endokron preparasyonu ile uygun restorasyon seçiminin önemini vurgulanması amaçlanmıştır. Pulpa odasının derinliği, ferrule ve restorasyon tasarımının, endodontik tedavinin başarısı ve dişin kırılma direnci üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. Bu bilgilerin, diş hekimlerinin endodontik tedavi ve restorasyon seçimlerinde karar vermelerine yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

Endokron restorasyonlarda kullanılan materyallerin seçimi, kırılma direnci ve diğer mekanik özellikler açısından önemlidir. RMS materyalleri, polikristalin seramikler ve cam seramiklere göre daha kolay frezelenir, daha yüksek eğilme dayanımı ve elastisite modülüne sahip olabilirler (Awada & Nathanson, 2015; Hassouneh vd., 2020). Ayrıca, kompozit rezin ile onarım kolaylığı diğer seramiklere göre avantaj sağlayabilir (Gracis vd., 2016). Bu nedenle, RMS materyalleri endokron restorasyonlar için popüler bir seçenektir.

Farklı RMS materyallerinin kırılma direnci değerleri, çalışmalar arasında farklılık gösterir. Hassouneh vd. (2020), CAD/CAM RMS bloklardan elde edilen endokronların endodontik olarak tedavi edilen premolar dişlerin restorasyonu için güvenilir bir seçenek olduğunu belirtmiştir. Acar ve Kalyoncuoğlu (2021), IPS e.max CAD (IPS), Vita Enamic (VE), GC Cerasmart (GC), Shofu (SH), and Brilliant Crios (BC) materyallerinden ürettikleri endokron restorasyonlarda en yüksek kırılma direncinin Brilliant Crios'ta olduğunu ve en düşük kırılma direncinin Shofu'da olduğunu bildirmişlerdir ve bu sonuç çalışmamızın bulgularını desteklemektedir. Feldspatik tam seramik restorasyonlarla karşılaştırıldığında, RMS'lerle restore edilen dişlerin kırılma direnci incelendiğinde Attia vd. (2006), önemli bir fark

bulamamışken, Lise vd. (2017), RMS restorasyonlar kullanıldığında daha iyi sonuçlar elde ettiklerini bildirmiştir.

Bununla birlikte, kırılma direnci sadece bir materyalin mekanik özelliklerini yansıtmaz. Materyallerin aşınma direnci gibi diğer mekanik özellikleri de önemlidir. RMS'lerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi için nano dolduruculu partiküller kullanılabilir. Yamaguchi vd. (2017), RMS'lerin kırılma direncini arttırmak için daha küçük boyutlara sahip nano dolduruculu partiküllerin kullanılabileceğini ifade etmiştir. Koenig vd. (2021), RMS'lerde kullanılan doldurucu partiküllerin boyutunun kırılma direnci üzerinde önemli bir etkisi olduğunu belirtmiştir. En büyük doldurucu partikülleri Shofu Block HC ve Voco Grandio'da tespit edilmiştir. Bu bilgilere dayanarak, Brilliant Crios'un daha küçük dolgu partiküllerine sahip olması ve bu sayede nano partiküller arasındaki boşluk sayısı ve mesafesindeki azalmadan kaynaklı en yüksek kırılma direncine sahip olduğu sonucuna varılabilir.

Rosentritt vd. (2020), Voco Grandio ve Shofu Blok materyallerinin kırılma direnci değerlerini karşılaştırmış ve Voco Grandio'nun 2500 N üzerindeki basınca dayanabildiğini rapor etmiştir. Shofu Blok ise 1500 N değerlerinde kırılmaların gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu sonuçlar, Voco Grandio'nun daha yüksek bir kırılma direncine sahip olduğunu ve Shofu Blok'un daha düşük bir kırılma direncine sahip olduğunu göstermektedir.

Soares vd. (2020), yaptığı bir çalışmada, Ambarino High Class ve Brilliant Crios restoratif materyallerle restore edilen endodontik olarak tedavi edilmiş premolarların kırılma direncini farklı yüklenme koşullarında değerlendirmiştir. Her iki materyalin de statik yüklenme koşullarında benzer kırılma direnci gösterdiği, ancak Brilliant Crios'un darbe yüklenme koşullarında Ambarino High Class'a göre daha yüksek kırılma direncine sahip olduğu bulunmuştur.

Kassem vd. (2020), Cerasmart (GC) ve Ambarino High-Class materyalinden üretilen endokron restorasyonlarda Ambarino High-Class materyalinde daha yüksek kırılma direnci göstermiştir. Bunun nedeni, materyalin inorganik içeriğindeki karbon içeriğinin diğer materyallere oranla daha yüksek olması ve bu bağlanma özelliğinden kaynaklanmaktadır (Kassem vd., 2020).

Acar ve Kalyoncuoğlu (2021), Voco Grandio ve Shofu materyallerinin kırılma direncini karşılaştırmış ve Voco Grandio'nun daha yüksek kırılma direnci sergilediğini belirtmiştir. Ayrıca, Ambarino ve Brilliant Crios materyallerinin kırılma

dirençlerinin karşılaştırıldığı bir başka çalışmada Brilliant Crios'un daha yüksek bir kırılma direncine sahip olduğu rapor edilmiştir (Hampe vd., 2019).

Hafez vd., (2019) Voco Grandio ve Brilliant Crios materyallerinin kırılma dirençlerini karşılaştırdıkları çalışmada bu materyaller arasında anlamlı bir farklılık bulamamışlardır.

Bu sonuçlar, farklı materyallerin farklı mekanik özelliklere sahip olduğunu ve bu özelliklerin restorasyonların kırılma direnci üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Genel olarak, restoratif materyalin ve marjin konfigürasyonunun premolar restorasyonlarının kırılma direncini etkileyen önemli faktörler olduğu görülmektedir. Özellikle, Ambarino High Class ve Brilliant Crios materyallerinin farklı kırılma direnci değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir, ancak bu değerler çalışmanın özelliklerine ve yükleme koşullarına bağlı olarak değişebilir. Ayrıca, post sistemlerinin türü gibi diğer faktörlerin de premolar restorasyonlarının kırılma direncini belirlemede rol oynayabileceği unutulmamalıdır.

Sonuç olarak, endokron restorasyonlar için kullanılan materyallerin mekanik özellikleri, restorasyonların kırılma direnci üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kırılma direnci açısından, Brilliant Crios'un en yüksek kırılma direncine sahip olduğu görülmüştür.

Bu tez çalışmasında RMS materyallerin ortalama marjinal aralık değerleri incelendiğinde, RMS tipine bağlı olarak ortalama marjinal aralık değerleri şu şekilde sıralanabilir: Voco Grandio (36.53 ± 12.01) = Shofu (33.63 ± 8.56) > Ambarino High Class (31.2 ± 6.28) > Brilliant Crios (27.58 ± 4.34). RMS tipine bağlı olarak ortalama kırılma direnci değerleri şu şekilde sıralanabilir: Brilliant Crios (828.10 ± 223.87) > Voco Grandio (759.54 ± 276.63) > Ambarino High Class (656.98 ± 231.38) > Shofu (586.18 ± 216.92). Dolayısıyla çalışmanın birinci boş hipotezi olan RMS tipinin endokron restorasyonların kırılma direncini ve marjinal uyumunu etkilemeyeceği hipotezi tamamen reddedilmiştir. Ancak, materyallerin diğer mekanik özellikleri gibi faktörler de gelecekteki çalışmalarda daha detaylı bir şekilde değerlendirilmelidir.

Taha vd. (2018), endokron restorasyonlarda materyal seçiminin yanı sıra marjin konfigürasyonunun da önemli olduğunu bildirmiştir. Bamajboor ve Dudley (2022), endokronda shoulder marjin konfigürasyonu uygulandığında oluşan ferrule etkisinden dolayı butt-joint marjin konfigürasyonlu endokrona göre daha yüksek kırılma direnci gösterdiğini bildirmiştir. Marjin konfigürasyonunun materyalin

kırılma direncini etkilediği göz önüne alındığında, butt-joint marjin konfigürasyonunun tercih edilmesi durumunda materyal seçiminin daha da dikkatli yapılması gerektiği söylenebilir.

Suebsawadphatthana ve Leevailoj, (2019) farklı marjin konfigürasyonlarının Brilliant Crios ile restore edilmiş endodontik olarak tedavi edilmiş premolar dişlerin kırılma direnci üzerindeki etkisini değerlendirdikleri çalışmada, heavy chamfer marjin konfigürasyonu kullanımının en yüksek kırılma direncini sağladığı, butt-joint marjin konfigürasyonu kullanımının ise en düşük kırılma direncine sahip olduğu gözlenmiştir.

Elsaka vd. (2017), yaptıkları bir çalışmada endodontik olarak tedavi edilmiş premolar dişlerde farklı post sistemleri ve restoratif materyaller kullanılarak restorasyonların kırılma dirençlerini karşılaştırmıştır. Çalışmada, farklı marjin konfigürasyonlarının kırılma direnci üzerindeki etkisi de değerlendirilmiştir. Fiber postlar ve Ambarino High Class materyalleri kullanıldığında, butt-joint marjin konfigürasyonunun kırılma direncinde bir azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir. Heavy chamfer marjin konfigürasyonu ise en yüksek kırılma direnci sonuçlarını vermiştir (Elsaka vd., 2017).

Scherrer vd. (2019), tarafından yürütülen bir çalışmada, endodontik olarak tedavi edilmiş premolar dişler Brilliant Crios materyali kullanılarak farklı marjin konfigürasyonunda üretilmiştir. Butt-joint marjin konfigürasyonu en düşük kırılma direnci sonuçlarını verirken, heavy chamfer marjin konfigürasyonu en yüksek kırılma direnci sonuçlarını vermiştir.

Yukarıdaki çalışmaların sonuçları, marjin konfigürasyonlarının premolar dişlerin kırılma direnci üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir. Heavy chamfer marjin konfigürasyonu genellikle en yüksek kırılma direnci sonuçlarını verirken, butt-joint marjin konfigürasyonu genellikle en düşük kırılma direnci sonuçlarını verir. Bununla birlikte, kullanılan restoratif materyalin türünün ve mekanik özelliklerinin de kırılma direncini etkileyebileceği unutulmamalıdır.

Bu tez çalışmasında marjin konfigürasyonu tipine bağlı olarak ortalama kırılma direnci değerleri şu şekilde sıralanabilir: butt-joint (561.99 ± 206.17) < heavy chamfer (719.70 ± 199.05) < heavy shoulder (841.42 ± 270.50). Bu veriler sonucunda çalışmanın diğer boş hipotezi, farklı marjin konfigürasyonlarının kırılma direncini etkilemeyeceği hipotezi, reddedilmiştir. Bununla birlikte, marjin konfigürasyonu tipinin marjinal aralık değeri üzerindeki etkisi butt-joint

$(31.41 \pm 8.19) = \text{heavy chamfer } (34.52 \pm 5.19) < \text{heavy shoulder } (30.79 \pm 11.67)$ olup materyalden bağımsız olarak uygulanan marjin konfigürasyonu değerlendirildiğinde, butt- joint, heavy chamfer ve heavy shoulder marjin konfigürasyonlarında marjinal aralık değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, endokron restorasyonlarının marjin konfigürasyonunun, restorasyonun yalnızca dayanıklılığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Marjinal uyumun değerlendirilmesi için kullanılan en yaygın yöntemler: Direkt-vizyon, kesit alma ve silikon replika tekniğidir (Nawafleh vd., 2013). Silikon replika tekniği, restorasyonların hem marjinal hem de internal uyumun incelenmesine, tekrarlanabilir ölçümler yapılmasına izin veren, ucuz ve invaziv olmayan bir yöntemdir (Kim vd., 2013; Park vd., 2016). Bu yöntem, in vivo değerlendirmelerde de tercih edilmektedir. Ancak, silikon replika tekniğinde uygulanan parmak basıncı standartlaştırılamamaktadır ve bu durum ölçümlerde hata yapılmasına neden olabilir. Ayrıca, kron kenarlarının ve marjin konfigürasyonunun belirlenmesinde zorluklar yaşanabilir, restorasyonlardan çıkarma sırasında elastomerik film tabakasının zarar görmesi mümkündür ve doğru kesitlerin elde edilememesi gibi bazı kısıtlamalar da vardır (Nawafleh vd., 2013). Marjinal uyumun değerlendirilmesi için kullanılan yöntemlerin farklılığı, çalışmalarda ortaya çıkan sonuçların karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır.

Bu nedenle, marjinal uyumun objektif bir şekilde ölçülebilmesi için daha gelişmiş tekniklerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu tekniklerin, farklı preparasyon tipleri, materyaller, ölçü materyalleri ve yöntemleri, siman türleri ve simantasyon işlemi ve laboratuvarında seramiklerin dökümü, modellenmesi ve işlenmesi gibi faktörleri dikkate alarak standartlaştırılması gerekmektedir (Nawafleh vd., 2013).

Bu tez çalışmasında aşınma direnci, termal ve çiğneme döngüsü aşamalarının olmaması bir limitasyon olarak kabul edilebilir ve bu faktörleri araştıran ve karşılaştıran daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

BÖLÜM VI

Sonuç ve Öneriler

Bu bölümde araştırmanın amaçları doğrultusunda ulaşılan sonuçlara ve bu sonuçlardan yola çıkarak geliştirilen önerilere yer verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Endokron restorasyonlarda, farklı marjin konfigürasyonu marjinal uyumda bir değişikliğe neden olmamaktadır.
- Kullanılan RMS türü marjinal uyumu etkilemektedir.
- Butt-joint marjin konfigürasyonu, Ambarino High Class materyali dışındaki diğer üç materyalde en düşük kırılma direncine neden olmuştur.
- Heavy chamfer marjin konfigürasyonu, Ambarino High Class materyalinde en düşük kırılma direncine neden olmuştur.
- Heavy shoulder marjin konfigürasyonunun restorasyonların kırılma direncini artırdığı bulunmuştur.
- Restorasyon tekniği seçerken her bir tekniğin avantaj ve dezavantajlarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Öneriler de aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Heavy shoulder marjin konfigürasyonu kullanılarak ferrule etkisi kazandırmak önerilir.
- Butt-joint marjin konfigürasyonundan kaçınılmalıdır.
- İleri in vitro çalışmalar yapılmalıdır.
- Elde edilen veriler in vivo çalışmalarla desteklenmelidir.
- Uzun dönem klinik takipler yapılmalıdır.
- Klinik uygulamalarda, yöntem ve materyal seçimi, vakaya özel olarak yapılmalıdır.

İlerde Yapılacak Araştırmalara Yönelik Öneriler

Sonuçlar, endokron restorasyonların marjinal uyum ve kırılma direnci açısından en uygun marjin konfigürasyonu ve materyal seçimini belirlemek için önemlidir. Bununla birlikte, çalışmanın bazı kısıtlamaları da bulunmaktadır. Örneğin, çalışma sadece laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir ve aşınma direnci, termal

ve çiğneme döngüsü gibi faktörler göz önünde bulundurulmamıştır. Bu nedenle, daha ileri çalışmalar, bu faktörlerin de dikkate alındığı ve gerçek yaşam koşullarına uygun araştırmalara ihtiyaç duymaktadır.

Önerilerimiz arasında, heavy shoulder marjin konfigürasyonunun ideal marjin tipi olarak kullanılması ve butt-joint marjin konfigürasyonundan kaçınılması yer almaktadır. Ayrıca, farklı materyallerin ve tekniklerin çekilmiş dişler üzerinde yapılan ileri laboratuvar çalışmalarıyla değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu verilerin gerçek yaşam çalışmalarıyla desteklenmesi ve uzun dönem klinik takiplerin yapılması önemlidir. Klinik uygulamada, her restorasyon tekniğinin avantajları ve dezavantajları göz önünde bulundurulmalı ve vakaya özgü yöntem ve materyal seçimi yapılmalıdır.

Ayrıca, silikon replika tekniği gibi uygun yöntemlerin marjinal uyumu değerlendirmek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Son olarak, restorasyonların marjinal uyumu ve kırılma direnci açısından değerlendirilirken, preparasyon tipi, materyal özellikleri, simantasyon teknikleri ve ölçüm yöntemleri gibi faktörlerin dikkate alınması önemlidir.

Kaynakça

- Acar, D. H., & Kalyoncuoğlu, E. (2021). The fracture strength of endocrowns manufactured from different hybrid blocks under axial and lateral forces. *Clinical Oral Investigations*, 25, 1889-1897. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03495-y>
- Acar, Ö., & Ünver, S. (2016). Endokuronlar: literatür derlemesi. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg*, 16, 184-188. <https://doi.org/10.17567/ataunidfd.290735>
- Akarca, E. M., ŞAHİN, D., & CANA, R. Ş. (2022). Rezin matriks seramikler-derleme. *Current Research in Dental Sciences*, 32(1), 114-118. <https://doi.org/10.17567/ataunidfd.888870>
- Akkayan, B. (2004). An in vitro study evaluating the effect of ferrule length on fracture resistance of endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced and zirconia dowel systems. *The Journal of prosthetic dentistry*, 92(2), 155-162. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.04.027>
- Al-Hazaimeh, N., & Gutteridge, D. L. (2001). An in vitro study into the effect of the ferrule preparation on the fracture resistance of crowned teeth incorporating prefabricated post and composite core restorations. *International Endodontic Journal*, 34(1), 40-46. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00351.x>
- Altier, M., Erol, F., Yıldırım, G., & Dalkilic, E. E. (2018). Fracture resistance and failure modes of lithium disilicate or composite endocrowns. *Nigerian journal of clinical practice*, 21(7), 821-826. https://doi.org/10.4103/njcp.njcp_175_17
- Andreasen, J. O., Farik, B., & Munksgaard, E. C. (2002). Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. *Dental Traumatology*, 18(3), 134-137. <https://doi.org/10.1034/j.1600-9657.2002.00097.x>
- Apt, H., Dyrná, G., Nitzsche, W., & Völker, J. (1976). Results and consequences of clinical-radiological follow-up studies of root canal treated teeth. 2. Dependence of the results on age, degree of root canal obturation and devitalizing drugs. Conclusions for the dental practice. *Stomatologie der DDR*, 26(11), 743-747.
- Arnetzl G, Arnetzl GV. Hybrid materials offer new perspectives. *Int J Comput Dent*. 2015;18(2):177-86.

- Asmussen, E., Peutzfeldt, A., & Heitmann, T. (1999). Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *Journal of dentistry*, 27(4), 275-278. [https://doi.org/10.1016/S0300-5712\(98\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0300-5712(98)00066-9)
- Attia, A., Abdelaziz, K. M., Freitag, S., & Kern, M. (2006). Fracture load of composite resin and feldspathic all-ceramic CAD/CAM crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*, 95(2), 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.11.014>
- Awada, A., & Nathanson, D. (2015). Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 114(4), 587-593. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2015.04.016>
- Baba, N. Z., Golden, G., & Goodacre, C. J. (2009). Nonmetallic prefabricated dowels: a review of compositions, properties, laboratory, and clinical test results. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*, 18(6), 527-536. <https://doi.org/10.1111/j.1532-849X.2009.00464.x>
- Bamajboor, A., & Dudley, J. (2022). The Influence of Ferrule on the Marginal Gap and Fracture Resistance of Zirconia Endocrowns. *The International journal of prosthodontics*, 35(4), 494–501. <https://doi.org/10.11607/ijp.8060>
- Ban S, Anusavice KJ. (1990). Influence of Test Method on Failure Stress of Brittle Dental Materials. *Journal of Dental Research*, 69(12):1791-1799. <https://doi.org/10.1177/00220345900690120201>
- Barbakow, F. H., Cleaton-Jones, P., & Friedman, D. (1980). An evaluation of 566 cases of root canal therapy in general dental practice 2. Postoperative observations. *Journal of endodontics*, 6(3), 485-489. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(80\)80006-9](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(80)80006-9)
- Barkhordar, R. A., Radke, R., & Abbasi, J. (1989). Effect of metal collars on resistance of endodontically treated teeth to root fracture. *The Journal of prosthetic dentistry*, 61(6), 676-678. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(89\)80040-X](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(89)80040-X)
- Basmadjian-Charles, C. L., Farge, P., Bourgeois, D. M., & Lebrun, T. (2002). Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: a review of the literature. *International Dental Journal*, 52(2), 81-86. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595X.2002.tb00605.x>
- Bayındır, F., & Uzun, A. G. D. İ. H. (2007). Tam seramik kuron sistemleri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2007(2).

- Belleflamme, M. M., Geerts, S. O., Louwette, M. M., Grenade, C. F., Vanheusden, A. J., & Mainjot, A. K. (2017). No post-no core approach to restore severely damaged posterior teeth: An up to 10-year retrospective study of documented endocrown cases. *Journal of Dentistry*, 63, 1-7.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.04.009>
- Bıçakçı, H. (2015). Renklenmiş Devital Dişlerin Walking Bleaching Tekniği ile Beyazlatılması. *Türkiye klinikleri dergisi*.
<https://doi.org/10.5336/dentalcase.2015-48448>
- Biacchi, G. R., & Basting, R. T. (2012). Comparison of fracture strength of endocrowns and glass fiber post-retained conventional crowns. *Operative dentistry*, 37(2), 130-136. <https://doi.org/10.2341/11-105-L>
- Biacchi, G. R., Mello, B., & Basting, R. T. (2013). The endocrown: an alternative approach for restoring extensively damaged molars. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(6), 383-390. <https://doi.org/10.1111/jerd.12065>
- Bijelic, J., Garoushi, S., Vallittu, P. K., & Lassila, L. V. (2011). Fracture load of tooth restored with fiber post and experimental short fiber composite. *The open dentistry journal*, 5, 58.
<https://doi.org/10.2174%2F1874210601105010058>
- Bindl, A., & Mörmann, W. H. (1999). Clinical evaluation of adhesively placed Cerec endo-crowns after 2 years--preliminary results. *The journal of adhesive dentistry*, 1(3), 255–265.
- Bindl, A., Richter, B., & Mörmann, W. H. (2005). Survival of ceramic computer-aided design/manufacturing crowns bonded to preparations with reduced macroretention geometry. *The International journal of prosthodontics*, 18(3), 219–224.
- Blatz, M. B., & Conejo, J. (2019). The Current State of Chairside Digital Dentistry and Materials. *Dental Clinics of North America*, 63(2), 175–197.
<https://doi.org/j.cden.2018.11.002>
- Blatz, M. B., Vonderheide, M., & Conejo, J. (2018). The effect of resin bonding on long-term success of high-strength ceramics. *Journal of dental research*, 97(2), 132-139. <https://doi.org/10.1177/0022034517729134>
- BOYACI, B. K., & KOCACIKLI, M. (2017) Elastomerik Ölçü Materyallerinde Güncel Gelişmeler. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 8(1), 1535-1546.

- Brown, L. (1993). *New shorter Oxford English dictionary on historical principles*. Clarendon.
- Can, G., Ersoy, E., & Aksu, L. M. (2014). Diş hekimliğinde maddeler bilgisi. *Özyurt matbacılık*, 210-4.
- Castro, E. F., Azevedo, V. L. B., Nima, G., Andrade, O. S., Dias, C. T. D. S., & Giannini, M. (2020). Adhesion, Mechanical Properties, and Microstructure of Resin-matrix CAD-CAM Ceramics. *The journal of adhesive dentistry*, 22(4), 421–431. <https://doi.org/10.3290/j.jad.a44874>
- Chan, C. P., Lin, C. P., Tseng, S. C., & Jeng, J. H. (1999). Vertical root fracture in endodontically versus nonendodontically treated teeth: a survey of 315 cases in Chinese patients. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 87(4), 504–507. [https://doi.org/10.1016/s1079-2104\(99\)70252-0](https://doi.org/10.1016/s1079-2104(99)70252-0)
- Chang, C. Y., Kuo, J. S., Lin, Y. S., & Chang, Y. H. (2009). Fracture resistance and failure modes of CEREC endo-crowns and conventional post and core-supported CEREC crowns. *Journal of Dental Sciences*, 4(3), 110-117. [https://doi.org/10.1016/S1991-7902\(09\)60016-7](https://doi.org/10.1016/S1991-7902(09)60016-7)
- Chavali, R., Nejat, A. H., & Lawson, N. C. (2017). Machinability of CAD-CAM materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 118(2), 194–199. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.09.022>
- Cheron, R. A., Marshall, S. J., Goodis, H. E., & Peters, O. A. (2011). Nanomechanical properties of endodontically treated teeth. *Journal of endodontics*, 37(11), 1562-1565. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.08.006>
- Cho G. C. (2004). Evidence-based approach for treatment planning options for the extensively damaged dentition. *Journal of the California Dental Association*, 32(12), 983–990.
- Christensen G. J. (1998). Posts and cores: state of the art. *Journal of the American Dental Association* (1939), 129(1), 96–97. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1998.0028>
- COLTENE. (2022). Brilliant Crios. Erişim Tarihi: 09.12.2022, <https://nam.coltene.com/pim/DOC/BRO/docbro31464a-03-19-en-brilliant-criosproduct-guidelinesenaindv1.pdf>

- Contrepois, 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. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.08.003>
- Craig R. G. (2002). Powers JM. *Restorative dental materials*. 11th Ed. Mosby Elsevier; Missouri, Chapter 3, 9.
- Creamed. (2011). Amberino High Class. Erişim Tarihi: 01.7.2022, <https://www.smartgateurope.com/images/download/creamed/AMBARINO%20High%20Class%20instruction%20of%20use.pdf>
- Curtis AR, Wright AJ, Fleming GJ. The influence of surface modification techniques on the performance of a Y-TZP dental ceramic. *J Dent*. 2006;34(3):195-206.
- Dalton, B. C., Ørstavik, D., Phillips, C., Pettiette, M., & Trope, M. (1998). Bacterial reduction with nickel-titanium rotary instrumentation. *Journal of endodontics*, 24(11), 763-767. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(98\)80170-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(98)80170-2)
- Dammaschke, T., Nykiel, K., Sagheri, D., & Schäfer, E. (2013). Influence of coronal restorations on the fracture resistance of root canal-treated premolar and molar teeth: A retrospective study. *Australian Endodontic Journal*, 39(2), 48-56.
- Dartora, N. R., de Conto Ferreira, M. B., Moris, I. C. M., Brazão, E. H., Spazin, A. O., Sousa-Neto, M. D., ... & Gomes, E. A. (2018). Effect of intracoronal depth of teeth restored with endocrowns on fracture resistance: in vitro and 3-dimensional finite element analysis. *Journal of endodontics*, 44(7), 1179-1185. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2018.04.008>
- de Andrade, G. S., Saavedra, G. D. S. F. A., Augusto, M. G., Leon, G. A., Brandão, H. C. B., Tribst, J. P. M., & Dal Piva, A. M. D. O. (2023). Post-endodontic restorative treatments and their mechanical behavior: A narrative review. *Dentistry Review*, 100067.
- De Moor, R., & Delmé, K. (2008). Noir ou blanc--Quel choix pour les molaires? 2ème partie. Que choisir pour la restauration des dents postérieures: amalgame ou composite? [Black or white--Which choice for the molars? Part 2. Which does one choose for the restoration of posterior teeth: amalgam or composite?]. *Revue belge de medecine dentaire*, 63(4), 135–146.
- DeLong, R., & Douglas, W. H. (1983). Development of an artificial oral environment for the testing of dental restoratives: bi-axial force and

- movement control. *Journal of dental research*, 62(1), 32–36.
<https://doi.org/10.1177/00220345830620010801>
- Diaz-Arnold, A. M., Vargas, M. A., & Haselton, D. R. (1999). Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *The Journal of prosthetic dentistry*, 81(2), 135–141. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(99\)70240-4](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(99)70240-4)
- Dietschi, D., Duc, O., Krejci, I., & Sadan, A. (2008). Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence international* (Berlin, Germany : 1985), 39(2), 117–129.
- Dikicier, S. (2016). Diş hekimliğinde adezyon ve adeziv rezin simanlarda güncel yaklaşımlar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26(4).
- Dimitriu, B., Vârlan, C., Suci, I., Vârlan, V., & Bodnar, D. (2009). Current considerations concerning endodontically treated teeth: alteration of hard dental tissues and biomechanical properties following endodontic therapy. *Journal of medicine and life*, 2(1), 60–65.
- Einhorn, M., DuVall, N., Wajdowicz, M., Brewster, J., & Roberts, H. (2019). Preparation ferrule design effect on endocrown failure resistance. *Journal of Prosthodontics*, 28(1), e237-e242. <https://doi.org/10.1111/jopr.12671>
- Ekstrand, J., Nielsen, J. B., Havarinasab, S., Zalups, R. K., Söderkvist, P., & Hultman, P. (2010). Mercury toxicokinetics--dependency on strain and gender. *Toxicology and applied pharmacology*, 243(3), 283–291.
<https://doi.org/10.1016/j.taap.2009.08.026>
- Elashmawy, Y., Elshahawy, W., Seddik, M., & Aboushelib, M. (2021). Influence of fatigue loading on fracture resistance of endodontically treated teeth restored with endocrowns. *Journal of Prosthodontic Research*, 65(1), 78-85.
https://doi.org/10.2186/jpr.JPOR_2019_485
- ElAyouti, A., Serry, M. I., Geis-Gerstorfer, J., & Löst, C. (2011). Influence of cusp coverage on the fracture resistance of premolars with endodontic access cavities. *International endodontic journal*, 44(6), 543–549.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2011.01859.x>
- Eliyas, S., Jalili, J., & Martin, N. (2015). Restoration of the root canal treated tooth. *British dental journal*, 218(2), 53-62. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2015.27>

- ElSaka HE, Rahoma A, Abdalla AI. (2017). Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with different post systems and restorative materials. *J Adv Prosthodont*.
- Elsharkawy, A. (2021). FRACTURE RESISTANCE OF ENDODONTICALLY TREATED PREMOLARS RESTORED with ENDOCROWNS WITH DIFFERENT PREPARATION DEPTH. IN VITRO STUDY. *Egyptian Dental Journal*, 67(3), 2465-2474.
- Erdemir, U., 2021, Estetik diş hekimliği akıl notları, Güneş tıp kitabevleri, Ankara, 978-975-277-843-6.
- Eyuboglu, T. F., Olcay, K., & Özcan, M. (2017). A clinical study on single-visit root canal retreatments on consecutive 173 patients: frequency of periapical complications and clinical success rate. *Clinical oral investigations*, 21(5), 1761–1768. <https://doi.org/10.1007/s00784-016-1957-2>
- Fages, M., & Bennasar, B. (2013). The endocrown: a different type of all-ceramic reconstruction for molars. *Journal (Canadian Dental Association)*, 79, d140.
- Faria, A. C. L., Rodrigues, R. C. S., de Almeida Antunes, R. P., de Mattos, M. D. G. C., & Ribeiro, R. F. (2011). Endodontically treated teeth: characteristics and considerations to restore them. *Journal of prosthodontic research*, 55(2), 69-74. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2010.07.003>
- Fauchard P. (1980). *The Surgeon Dentist*, 2nd edition, Vol. II, Classics of Dentistry Library, Birmingham, Alabama. pp.173–204.
- Felton, D. A., Kanoy, B. E., Bayne, S. C., & Wirthman, G. P. (1991). Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. *The Journal of prosthetic dentistry*, 65(3), 357–364. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(91\)90225-1](https://doi.org/10.1016/0022-3913(91)90225-1)
- Ferrari, M., Vichi, A., Mannocci, F., & Mason, P. N. (2000). Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *American journal of dentistry*, 13(Spec No), 9B–13B.
- Fokkinga, W. A., Kreulen, C. M., Bronkhorst, E. M., & Creugers, N. H. (2007). Up to 17-year controlled clinical study on post-and-cores and covering crowns. *Journal of dentistry*, 35(10), 778–786. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2007.07.006>

- Gardner F. M. (1982). Margins of complete crowns--literature review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 48(4), 396–400. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(82\)90072-5](https://doi.org/10.1016/0022-3913(82)90072-5)
- Gassino, G., Barone Monfrin, S., Scanu, M., Spina, G., & Preti, G. (2004). Marginal adaptation of fixed prosthodontics: a new in vitro 360-degree external examination procedure. *The International journal of prosthodontics*, 17(2), 218–223.
- Gelb, M. N., Barouch, E., & Simonsen, R. J. (1986). Resistance to cusp fracture in class II prepared and restored premolars. *The Journal of prosthetic dentistry*, 55(2), 184–185. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(86\)90338-0](https://doi.org/10.1016/0022-3913(86)90338-0)
- Ghajghouj, O., & Taşar-Faruk, S. (2019). Evaluation of Fracture Resistance and Microleakage of Endocrowns with Different Intracoronal Depths and Restorative Materials Luted with Various Resin Cements. *Materials (Basel, Switzerland)*, 12(16), 2528. <https://doi.org/10.3390/ma12162528>
- Goldin, E. B., Boyd III, N. W., Goldstein, G. R., Hittelman, E. L., & Thompson, V. P. (2005). Marginal fit of leucite-glass pressable ceramic restorations and ceramic-pressed-to-metal restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 93(2), 143-147. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.10.023>
- Gomez-Polo, M., Llidó, B., Rivero, A., Del Río, J., & Celemín, A. (2010). A 10-year retrospective study of the survival rate of teeth restored with metal prefabricated posts versus cast metal posts and cores. *Journal of dentistry*, 38(11), 916–920. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.08.006>
- Goracci, C., & Ferrari, M. (2011). Current perspectives on post systems: a literature review. *Australian dental journal*, 56 Suppl 1, 77–83. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01298.x>
- Govare, N., & Contrepolis, M. (2020). Endocrowns: A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 123(3), 411–418.e9. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.04.009>
- Göhring, T. N., & Peters, O. A. (2003). Restoration of endodontically treated teeth without posts. *American journal of dentistry*, 16(5), 313–317.
- Gracis, S., Thompson, V. P., Ferencz, J. L., Silva, N. R., & Bonfante, E. A. (2016). A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *The International journal of prosthodontics*, 28(3), 227–235. <https://doi.org/10.11607/ijp.4244>

- Gregor, L., Bouillaguet, S., Onisor, I., Ardu, S., Krejci, I., & Rocca, G. T. (2014). Microhardness of light- and dual-polymerizable luting resins polymerized through 7.5-mm-thick endocrowns. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112(4), 942–948. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2014.02.008>
- Gresnigt, M. M., Özcan, M., van den Houten, M. L., Schipper, L., & Cune, M. S. (2016). Fracture strength, failure type and Weibull characteristics of lithium disilicate and multiphase resin composite endocrowns under axial and lateral forces. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 32(5), 607–614. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2016.01.004>
- Grigoratos, D., Knowles, J., Ng, Y. L., & Gulabivala, K. (2001). Effect of exposing dentine to sodium hypochlorite and calcium hydroxide on its flexural strength and elastic modulus. *International endodontic journal*, 34(2), 113-119. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2001.00356.x>
- Groten, M., Axmann, D., Pröbster, L., & Weber, H. (2000). Determination of the minimum number of marginal gap measurements required for practical in-vitro testing. *The Journal of prosthetic dentistry*, 83(1), 40–49. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(00\)70087-4](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(00)70087-4)
- Gurpinar, B., & Tak, O. (2022). Effect of pulp chamber depth on the accuracy of endocrown scans made with different intraoral scanners versus an industrial scanner: An in vitro study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 127(3), 430-437. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2369821/v1>
- Gülsahi K, Çetin AR, Üşümez A. (2018). Endodontik tedavi sonrası indirekt restorasyonlar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 28(2), 260-270.
- Güven, M. Ç., & Yıldırım, G. (2019). Endokron restorasyonlar. *Selcuk Dental Journal*, 6(2), 201-205. <https://doi.org/10.15311/selcukdentj.339075>
- Hafez, S., Hafez, A., Amr, H., & Aboudorra, H. A. (2019). Effect of Different Filler Loading on Fracture Resistance of CAD/CAM Resin Composite restoration in Premolar Teeth: An In vitro Study. *Egyptian Dental Journal*, 65(3-July (Fixed Prosthodontics, Dental Materials, Conservative Dentistry & Endodontics)), 2457-2465.
- Hammad, M., Qualtrough, A., & Silikas, N. (2007). Effect of new obturating materials on vertical root fracture resistance of endodontically treated teeth.

- Journal of endodontics, 33(6), 732–736.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.02.004>
- Hampe, R., Theelke, B., Lünkemann, N., Eichberger, M., & Stawarczyk, B. (2019). Fracture toughness analysis of ceramic and resin composite CAD/CAM material. *Operative dentistry*, 44(4), E190-E201. <https://doi.org/10.2341/18-161-L>
- Hansen E. K. (1988). In vivo cusp fracture of endodontically treated premolars restored with MOD amalgam or MOD resin fillings. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 4(4), 169–173. [https://doi.org/10.1016/s0109-5641\(88\)80058-7](https://doi.org/10.1016/s0109-5641(88)80058-7)
- Hasanoğlu Aydın, D. (2012). Cam Seramik Endokronların Biyomekaniksel Özelliklerinin Preklinik ve Klinik Olarak Değerlendirilmesi.
- Hassouneh, L., Jum'ah, A. A., Ferrari, M., & Wood, D. J. (2020). Post-fatigue fracture resistance of premolar teeth restored with endocrowns: An in vitro investigation. *Journal of dentistry*, 100, 103426. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2020.103426>
- Helfer, A. R., Melnick, S., & Schilder, H. (1972). Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, 34(4), 661–670. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(72\)90351-9](https://doi.org/10.1016/0030-4220(72)90351-9)
- Heling, I., Gorfil, C., Slutzky, H., Kopolovic, K., Zalkind, M., & Slutzky-Goldberg, I. (2002). Endodontic failure caused by inadequate restorative procedures: review and treatment recommendations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 87(6), 674–678. <https://doi.org/10.1067/mpr.2002.124453>
- Holmes, J. R., Bayne, S. C., Holland, G. A., & Sulik, W. D. (1989). Considerations in measurement of marginal fit. *The Journal of prosthetic dentistry*, 62(4), 405–408. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(89\)90170-4](https://doi.org/10.1016/0022-3913(89)90170-4)
- Huang, T. J., Schilder, H., & Nathanson, D. (1992). Effects of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin. *Journal of endodontics*, 18(5), 209–215. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81262-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81262-8)
- Isidor, F., Brøndum, K., & Ravnholt, G. (1999). The influence of post length and crown ferrule length on the resistance to cyclic loading of bovine teeth with prefabricated titanium posts. *The International journal of prosthodontics*, 12(1), 78–82.

- Jotkowitz, A., & Samet, N. (2010). Rethinking ferrule--a new approach to an old dilemma. *British dental journal*, 209(1), 25–33.
<https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2010.580>
- Juloski, J., Radovic, I., Goracci, C., Vulicevic, Z. R., & Ferrari, M. (2012). Ferrule effect: a literature review. *Journal of endodontics*, 38(1), 11–19.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.09.024>
- Kahler, B., & Rossi-Fedele, G. (2016). A Review of Tooth Discoloration after Regenerative Endodontic Therapy. *Journal of endodontics*, 42(4), 563–569.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.12.022>
- Kanat Ertürk B, Sarıdağ S, Kösel E, Helvacıoğlu Yiğit D, Avcu E, Yildiran Avcu Y (2018) Fracture strengths of endocrown restorations fabricated with different preparation depths and CAD/CAM materials. *Dent Mater J* 37:256–265. <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-035>
- Karzoun, W., Abdulkarim, A., Samran, A., & Kern, M. (2015). Fracture strength of endodontically treated maxillary premolars supported by a horizontal glass fiber post: an in vitro study. *Journal of endodontics*, 41(6), 907–912.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.01.022>
- Kassem, I. A., Farrag, I. E., Zidan, S. M., ElGuindy, J. F., & Elbasty, R. S. (2020). Marginal gap and fracture resistance of CAD/CAM ceramill COMP and cerasmart endocrowns for restoring endodontically treated molars bonded with two adhesive protocols: an in vitro study. *Biomaterial investigations in dentistry*, 7(1), 50–60. <https://doi.org/10.1080/26415275.2020.1728277>
- Kelly, J. R., Nishimura, I., & Campbell, S. D. (1996). Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *The Journal of prosthetic dentistry*, 75(1), 18–32. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(96\)90413-8](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(96)90413-8)
- Khera, S. C., Chan, K. C., & Rittman, B. R. (1978). Dentinal crazing and interpin distance. *The Journal of prosthetic dentistry*, 40(5), 538–543.
[https://doi.org/10.1016/0022-3913\(78\)90089-6](https://doi.org/10.1016/0022-3913(78)90089-6)
- Kim, K. B., Kim, W. C., Kim, H. Y., & Kim, J. H. (2013). An evaluation of marginal fit of three-unit fixed dental prostheses fabricated by direct metal laser sintering system. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 29(7), e91–e96.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2013.04.007>

- Kirli, M. Ç., & Şen, Ö. G. (2021). Renklenmiş Kanal Tedavili Dört Farklı Olgunun Beyazlatma Tedavisi ile Estetiklerinin Yeniden Kazandırılması. *Turkiye Klinikleri. Dishekimligi Bilimleri Dergisi*, 27(3), 514-520.
<https://doi.org/10.5336/dentalsci.2020-77111>
- Koç, S., & SARIDAĞ, S. (2020). Endodontik tedavili molar dişlerin, endokron ile protetik rehabilitasyonu: Olgu serisi. *Selcuk dental journal*, 7, 500-506.
<https://doi.org/10.15311/selcukdentj.574189>
- Koenig, A., Schmidtke, J., Schmohl, L., Schneider-Feyrer, S., Rosentritt, M., Hoelzig, H., Kloess, G., Vejjasilpa, K., Schulz-Siegmund, M., Fuchs, F., & Hahnel, S. (2021). Characterisation of the Filler Fraction in CAD/CAM Resin-Based Composites. *Materials (Basel, Switzerland)*, 14(8), 1986.
<https://doi.org/10.3390/ma14081986>
- Koutayas, S. O., & Kern, M. (1999). All-ceramic posts and cores: the state of the art. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)*, 30(6), 383–392.
- Koutayas, S. O., Kern, M., Ferraresso, F., & Strub, J. R. (2000). Influence of design and mode of loading on the fracture strength of all-ceramic resin-bonded fixed partial dentures: an in vitro study in a dual-axis chewing simulator. *The Journal of prosthetic dentistry*, 83(5), 540–547. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(00\)70012-6](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(00)70012-6)
- Kravitz, N. D., Grauer, D., Schumacher, P., & Jo, Y. M. (2017). Memotain: a CAD/CAM nickel-titanium lingual retainer. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(4), 812-815.
<https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.11.021>
- Krastl, G., Allgayer, N., Lenherr, P., Filippi, A., Taneja, P., & Weiger, R. (2013). Tooth discoloration induced by endodontic materials: a literature review. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology*, 29(1), 2–7. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.2012.01141.x>
- Krejci, I., & Stavridakis, M. (2000). New perspectives on dentin adhesion--differing methods of bonding. *Practical periodontics and aesthetic dentistry : PPAD*, 12(8), 727–734.
- Krejci, I., Duc, O., Dietschi, D., & de Campos, E. (2003). Marginal adaptation, retention and fracture resistance of adhesive composite restorations on devital teeth with and without posts. *Operative dentistry*, 28(2), 127–135.

- Lander, E., & Dietschi, D. (2008). Endocrowns: a clinical report. *Quintessence international* (Berlin, Germany : 1985), 39(2), 99–106.
- Lauvahutanon, S., Takahashi, H., Shiozawa, M., Iwasaki, N., Asakawa, Y., Oki, M., Finger, W. J., & Arksornnukit, M. (2014). Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. *Dental Materials Journal*, 33(5), 705–710. <https://doi.org/10.4012/dmj.2014-208>
- Lawson NC, Bansal R, Burgess JO. Wear, strength, modulus and hardness of CAD/CAM restorative materials. *Dent Mater.* 2016;32(11):e275-e83.
- Libman, W. J., & Nicholls, J. I. (1995). Load fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns. *The International journal of prosthodontics*, 8(2), 155–161.
- Lin, C. L., Chang, Y. H., Chang, C. Y., Pai, C. A., & Huang, S. F. (2010). Finite element and Weibull analyses to estimate failure risks in the ceramic endocrown and classical crown for endodontically treated maxillary premolar. *European journal of oral sciences*, 118(1), 87–93. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2009.00704.x>
- Lin, C. L., Chang, Y. H., Hsieh, S. K., & Chang, W. J. (2013). Estimation of the failure risk of a maxillary premolar with different crack depths with endodontic treatment by computer-aided design/computer-aided manufacturing ceramic restorations. *Journal of endodontics*, 39(3), 375–379. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.11.042>
- Lise, D. P., Van Ende, A., De Munck, J., Umeda Suzuki, T. Y., Cardoso Vieira, L. C., & Van Meerbeek, B. (2017). Biomechanical behavior of endodontically treated premolars using different preparation designs and CAD/CAM materials. *Journal of dentistry*, 59, 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.02.007>
- Loomans, B. A., Opdam, N. J., Roeters, J. F., Bronkhorst, E. M., & Plasschaert, A. J. (2013). Influence of composite resin consistency and placement technique on proximal contact tightness of Class II restorations. *The journal of adhesive dentistry*, 8(5), 305–310.
- Lucsanszky, I. J. R., & Ruse, N. D. (2020). Fracture Toughness, Flexural Strength, and Flexural Modulus of New CAD/CAM Resin Composite Blocks. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*, 29(1), 34–41. <https://doi.org/10.1111/jopr.13123>

- Maccari, P. C., Conceição, E. N., & Nunes, M. F. (2017). Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with three different prefabricated esthetic posts. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et al.]*, 15(1), 25–31. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2003.tb00279.x>
- Madison, S., & Wilcox, L. R. (1988). An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part III. In vivo study. *Journal of endodontics*, 14(9), 455–458. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(88\)80135-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(88)80135-3)
- Magne, P., & Knezevic, A. (2009). Thickness of CAD-CAM composite resin overlays influences fatigue resistance of endodontically treated premolars. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 25(10), 1264–1268. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.05.007>
- Mainjot, A. K., Dupont, N. M., Oudkerk, J. C., Dewael, T. Y., & Sadoun, M. J. (2016). From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the Art of Indirect Composites. *Journal of dental research*, 95(5), 487–495. <https://doi.org/10.1177/0022034516634286>
- Malferrari, S., Monaco, C., & Scotti, R. (2003). Clinical evaluation of teeth restored with quartz fiber-reinforced epoxy resin posts. *The International journal of prosthodontics*, 16(1), 39–44.
- Mamoun J. S. (2014). On the ferrule effect and the biomechanical stability of teeth restored with cores, posts, and crowns. *European journal of dentistry*, 8(2), 281–286. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.130639>
- Manfredi M, Gherlone E, Giovannetti A. (2019). Current concepts on indirect composite restorations: a narrative review. *BMC Oral Health*, 19(1), 242.
- Mannocci, F., & Cowie, J. (2014). Restoration of endodontically treated teeth. *British dental journal*, 216(6), 341-346. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.198>
- McLaren E. A. (1998). All-ceramic alternatives to conventional metal-ceramic restorations. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)*, 19(3), 307–326.
- McLean, J. W., & von Fraunhofer, J. A. (1971). The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *British dental journal*, 131(3), 107–111. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4802708>

- Metiner, C., begüm Türker, Ş., & Keleş, M. A. (2019). Sabit protetik restorasyonlarda marjinal adaptasyon. *European Journal of Research in Dentistry*, 3(1), 35-43. <https://doi.org/10.35333/ERD.2019.12>
- Meyenberg, K. H. (1994). Dental esthetics: a European perspective. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 6(6), 274-281. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.1994.tb00869.x>
- Michael, C. G., Javid, N. S., Colaizzi, F. A., & Gibbs, C. H. (1990). Biting strength and chewing forces in complete denture wearers. *The Journal of prosthetic dentistry*, 63(5), 549–553. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(90\)90074-m](https://doi.org/10.1016/0022-3913(90)90074-m)
- Moore P. Molar endodontic treatment and simultaneous combined “post-less” core and crown. *Gate Clinic Dock Road Galway*; 1. Baskı. 2013. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2013.0207>
- Mou, S. H., Chai, T., Wang, J. S., & Shiau, Y. Y. (2002). Influence of different convergence angles and tooth preparation heights on the internal adaptation of Cerec crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*, 87(3), 248–255. <https://doi.org/10.1067/mpr.2002.122011>
- Mörmann W. H. (2006). The evolution of the CEREC system. *Journal of the American Dental Association* (1939), 137 Suppl, 7S–13S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2006.0398>
- Mörmann, W. H., & Bindl, A. (2002). All-ceramic, chair-side computer-aided design/computer-aided machining restorations. *Dental clinics of North America*, 46(2), 405–viii. [https://doi.org/10.1016/s0011-8532\(01\)00007-6](https://doi.org/10.1016/s0011-8532(01)00007-6)
- Munoz-Sanchez, M. L., Gravier, A., Francois, O., Nicolas, E., Hennequin, M., & Decerle, N. (2023). In Vitro Resistance of Natural Molars vs. Additive-Manufactured Simulators Treated with Pulpotomy and Endocrown. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(9), 444. <https://doi.org/10.3390/jfb14090444>
- Naoum, H. J., & Chandler, N. P. (2002). Temporization for endodontics. *International endodontic journal*, 35(12), 964–978. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00600.x>
- Nawafleh, N. A., Mack, F., Evans, J., Mackay, J., & Hatamleh, M. M. (2013). Accuracy and reliability of methods to measure marginal adaptation of crowns and FDPs: a literature review. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*, 22(5), 419–428. <https://doi.org/10.1111/jopr.12006>

- Ng, C. C., Dumbrigue, H. B., Al-Bayat, M. I., Griggs, J. A., & Wakefield, C. W. (2006). Influence of remaining coronal tooth structure location on the fracture resistance of restored endodontically treated anterior teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*, 95(4), 290–296. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2006.02.026>
- of Prosthodontics, A. B., Society, A. E., Society, A. P., Society, A. P., Conference, C. O. B. P., of Prosthodontics, G. N. Y. A., ... & Implantology Association. (1999). *The glossary of prosthodontic terms seventh edition (GPT-7)*. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 81(1), 48-110.
- Okutan, Y., Bayraktar, C., & Yücel, M. T. (2020). Hidroflorik asit ve primer uygulamalarının zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat cam seramik ve rezin siman arasındaki bağlanma dayanımına etkisi. *Selcuk Dental Journal*, 7(3), 422-427. <https://doi.org/10.15311/selcukdentj.681572>
- Ongun, S., Önöral, Ö., & Günal-Abduljalil, B. (2021). Evaluation of shade correspondence between current monolithic CAD/CAM blocks and target shade tab by considering the influence of cement shade and restorative material thickness. *Odontology*, 109(2), 393–402. <https://doi.org/10.1007/s10266-020-00554-4>
- Ordu, Ü. & Cengiz, S. (2015). Klinikte Kullanılan CAD/CAM Sistemlerinin Güncel Materyalleri. *Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*, (1), 9-12. <https://doi.org/10.21306/jids.2015.1.02>
- Ozkurt, Z., İşeri, U., & Kazazoğlu, E. (2010). Zirconia ceramic post systems: a literature review and a case report. *Dental materials journal*, 29(3), 233–245.
- Öztürk, A. N., & Aykent, F. (2001). Dentin bonding ajanlar ve simantasyon. *Cumhuriyet Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 4(2), 128-131.
- Papa, J., Cain, C., & Messer, H. H. (1994). Moisture content of vital vs endodontically treated teeth. *Endodontics & dental traumatology*, 10(2), 91–93. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1994.tb00067.x>
- Park, J. Y., Jeong, I. D., Lee, J. J., Bae, S. Y., Kim, J. H., & Kim, W. C. (2016). In vitro assessment of the marginal and internal fits of interim implant restorations fabricated with different methods. *The Journal of prosthetic dentistry*, 116(4), 536–542. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2016.03.012>
- Pereira, J. R., de Ornelas, F., Conti, P. C., & do Valle, A. L. (2006). Effect of a crown ferrule on the fracture resistance of endodontically treated teeth

- restored with prefabricated posts. *The Journal of prosthetic dentistry*, 95(1), 50–54. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.10.019>
- Peroz, I., Blankenstein, F., Lange, K. P., & Naumann, M. (2005). Restoring endodontically treated teeth with posts and cores--a review. *Quintessence international* (Berlin, Germany : 1985), 36(9), 737–746.
- Pissis P. (1995). Fabrication of a metal-free ceramic restoration utilizing the monobloc technique. *Practical periodontics and aesthetic dentistry : PPAD*, 7(5), 83–94.
- Powers, J. M., & Sakaguchi, R. L. (2006). *Craig's restorative dental materials*. Mosby Elsevier.
- Pradeep, P., Kumar, V. S., Bantwal, S. R., & Gulati, G. S. (2013). Fracture strength of endodontically treated premolars: An In-vitro evaluation. *Journal of international oral health : JIOH*, 5(6), 9–17.
- Quante, K., Ludwig, K., & Kern, M. (2008). Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 24(10), 1311–1315. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2008.02.011>
- Ree, M., & Schwartz, R. S. (2010). The endo-restorative interface: current concepts. *Dental Clinics*, 54(2), 345-374. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2009.12.005>
- Reeh, E. S., Messer, H. H., & Douglas, W. H. (1989). Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *Journal of endodontics*, 15(11), 512-516. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(89\)80191](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(89)80191)
- Reich, S., Uhlen, S., Gozdowski, S., & Lohbauer, U. (2011). Measurement of cement thickness under lithium disilicate crowns using an impression material technique. *Clinical oral investigations*, 15(4), 521–526. <https://doi.org/10.1007/s00784-010-0414-x>
- Reich, S., Wichmann, M., Nkenke, E., & Proeschel, P. (2005). Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *European journal of oral sciences*, 113(2), 174–179. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2004.00197.x>
- Rivera, E. M., & Yamauchi, M. (1993). Site comparisons of dentine collagen cross-links from extracted human teeth. *Archives of oral biology*, 38(7), 541–546. [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(93\)90118-6](https://doi.org/10.1016/0003-9969(93)90118-6)

- Roberson, T., Heymann, H. O., & Swift Jr, E. J. (2006). *Sturdevant's art and science of operative dentistry*. Elsevier Health Sciences.
- Rocca, G. T., & Bouillaguet, S. (2008). Alternative treatments for the restoration of non vital teeth. *Revue d'Odonto Stomatologie*, 37, 259-272.
- Rosenstiel, S. F., Land, M.F., Fujimoto, J.,Lang, S.C. (2001). Luting agents and cementation procedures. *Contemporary Fixed Prosthodontics*.
- Rosentritt, M., Krifka, S., Strasser, T., & Preis, V. (2020). Fracture force of CAD/CAM resin composite crowns after in vitro aging. *Clinical oral investigations*, 24(7), 2395–2401. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-03099-1>
- Ruemping, D. R., Lund, M. R., & Schnell, R. J. (1979). Retention of dowels subjected to tensile and torsional forces. *The Journal of prosthetic dentistry*, 41(2), 159–162. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(79\)90300-7](https://doi.org/10.1016/0022-3913(79)90300-7)
- Saunders, W. P., & Saunders, E. M. (1994). Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. *Endodontics & dental traumatology*, 10(3), 105–108. <https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1994.tb00533.x>
- Scherrer, S. S., Cesar, P. F., Swain, M. V., & Dresch, W. (2019). Marginal design and loading direction influence on the fracture resistance of endodontically treated premolars restored with CAD/CAM ceramic and composite resin materials. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 91, 38-45.
- Scotti, N., Rota, R., Scansetti, M., Paolino, D. S., Chiandussi, G., Pasqualini, D., & Berutti, E. (2013). Influence of adhesive techniques on fracture resistance of endodontically treated premolars with various residual wall thicknesses. *The Journal of prosthetic dentistry*, 110(5), 376–382. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.08.001>
- Sedgley, C. M., & Messer, H. H. (1992). Are endodontically treated teeth more brittle?. *Journal of endodontics*, 18(7), 332-335. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80483-8](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80483-8)
- Sedrez-Porto, J. A., Rosa, W. L., da Silva, A. F., Münchow, E. A., & Pereira-Cenci, T. (2016). Endocrown restorations: A systematic review and meta-analysis. *Journal of dentistry*, 52, 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.07.005>
- SELTZER, S., BENDER, I. B., & TURKENKOPF, S. (1963). FACTORS AFFECTING SUCCESSFUL REPAIR AFTER ROOT CANAL THERAPY.

- Journal of the American Dental Association (1939), 67, 651–662.
<https://doi.org/10.14219/jada.archive.1963.0349>
- Sevimli, G., Cengiz, S., & Selçuk, O. R. U. Ç. (2015). Endocrowns. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 49(2), 57-63.
<https://doi.org/10.17096/jiufd.71363>
- Shillingburg, H. T., Hobo, S., Whitsett, L. D., Jacobi, R., & Brackett, S. E. (1997). *Fundamentals of fixed prosthodontics* (Vol. 194). Chicago, IL, USA: Quintessence Publishing Company.
- Sidoli, G. E., King, P. A., & Setchell, D. J. (1997). An in vitro evaluation of a carbon fiber-based post and core system. *The Journal of prosthetic dentistry*, 78(1), 5–9. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(97\)70080-5](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(97)70080-5)
- Singh, S. V., Nikhil, V., & Yadav, S. (2011). Effect of cavity varnish and intermediate restorative material on coronal microleakage in endodontically treated tooth. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research*, 22(1), 103–106. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.80007>
- Sjogren, U., Hagglund, B., Sundqvist, G., & Wing, K. (1990). Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *Journal of endodontics*, 16(10), 498–504. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(07\)80180-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(07)80180-4)
- Skupien, J. A., Luz, M. S., & Pereira-Cenci, T. (2016). Ferrule Effect: A Meta-analysis. *JDR clinical and translational research*, 1(1), 31–39.
<https://doi.org/10.1177/2380084416636606>
- Smith, C. T., & Schuman, N. (1998). Prefabricated post-and-core systems: an overview. *Compendium of continuing education in dentistry* (Jamesburg, N.J. : 1995), 19(10), 1013–1022.
- Smith, C. T., Schuman, N. J., & Wasson, W. (1998). Biomechanical criteria for evaluating prefabricated post-and-core systems: a guide for the restorative dentist. *Quintessence international* (Berlin, Germany : 1985), 29(5), 305–312.
- Soares CJ, Santana FR, Oliveira DC, et al. (2020). Fracture Resistance of Endodontically Treated Premolars Restored with Ambarino High Class and Brilliant Crios: Influence of Cyclic, Impact and Static Loading. *Materials* (Basel), 29;13(19):4312.
- Soares, C. J., Santana, F. R., Silva, N. R., Preira, J. C., & Pereira, C. A. (2007). Influence of the endodontic treatment on mechanical properties of root dentin.

- Journal of Endodontics, 33(5), 603-606.
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2007.01.016>
- Soares, P. V., Santos-Filho, P. C., Gomide, H. A., Araujo, C. A., Martins, L. R., & Soares, C. J. (2008). Influence of restorative technique on the biomechanical behavior of endodontically treated maxillary premolars. Part II: strain measurement and stress distribution. *The Journal of prosthetic dentistry*, 99(2), 114–122. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60027-X](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60027-X)
- Sorensen, J. A., & Engelman, M. J. (1990). Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*, 63(5), 529–536. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(90\)90070-s](https://doi.org/10.1016/0022-3913(90)90070-s)
- Stankiewicz, N. R., & Wilson, P. R. (2002). The ferrule effect: a literature review. *International endodontic journal*, 35(7), 575–581.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00557.x>
- Strand, G. V., Tveit, A. B., Gjerdet, N. R., & Eide, G. E. (1995). Marginal ridge strength of teeth with tunnel preparations. *International dental journal*, 45(2), 117–123.
- Strub, J. R., & Beschnidt, S. M. (2006). Fracture strength of 5 different all-ceramic crown systems. *The International journal of prosthodontics*, 11(6), 602–609.
- Suebsawadphatthana, P., & Leevailoj, C. (2019). Fracture Resistance of Endodontically Treated Premolars with Deep Cervical Lesions Restored with and without Posts in Different Restorations. *J DENT ASSOC THAI*, 69(2), 152.
- Swanson, K., & Madison, S. (1987). An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *Journal of endodontics*, 13(2), 56–59. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80155-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80155-3)
- Taha, D., Spintzyk, S., Schille, C., Sabet, A., Wahsh, M., Salah, T., & Geis-Gerstorfer, J. (2018). Fracture resistance and failure modes of polymer infiltrated ceramic endocrown restorations with variations in margin design and occlusal thickness. *Journal of prosthodontic research*, 62(3), 293–297.
<https://doi.org/10.1016/j.jprior.2017.11.003>
- Takeda, T., Ishigami, K., Shimada, A., & Ohki, K. (1996). A study of discoloration of the gingiva by artificial crowns. *The International journal of prosthodontics*, 9(2), 197–202.

- Tamac, E., Toksavul, S., & Toman, M. (2014). Clinical marginal and internal adaptation of CAD/CAM milling, laser sintering, and cast metal ceramic crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112(4), 909-913.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2013.12.020>
- Tamse, A., Zilburg, I., & Halpern, J. (1998). Vertical root fractures in adjacent maxillary premolars: an endodontic-prosthetic perplexity. *International endodontic journal*, 31(2), 127–132. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1998.00129.x>
- Tan, P. L., Aquilino, S. A., Gratton, D. G., Stanford, C. M., Tan, S. C., Johnson, W. T., & Dawson, D. (2005). In vitro fracture resistance of endodontically treated central incisors with varying ferrule heights and configurations. *The Journal of prosthetic dentistry*, 93(4), 331-336.
<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.01.013>
- Tang, W., Wu, Y., & Smales, R. J. (2010). Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *Journal of endodontics*, 36(4), 609-617. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2009.12.002>
- Tikku, A. P., Chandra, A., & Bharti, R. (2010). Are full cast crowns mandatory after endodontic treatment in posterior teeth?. *Journal of conservative dentistry : JCD*, 13(4), 246–248. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.73382>
- Timpawat, S., Amornchat, C., & Trisuwan, W. R. (2001). Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. *Journal of endodontics*, 27(1), 36–39. <https://doi.org/10.1097/00004770-200101000-00011>
- Timur, A. H. (2019). Aşırı kron harabiyeti olan kanal tedavisi görmüş dişlerde CAD/CAD ile yapılan restorasyonların kırılma dirençlerinin karşılaştırılması.
- Tribst, J. P. M., Lo Giudice, R., Dos Santos, A. F. C., Borges, A. L. S., Silva-Concílio, L. R., Amaral, M., & Lo Giudice, G. (2020). Lithium disilicate ceramic endocrown biomechanical response according to different pulp chamber extension angles and filling materials. *Materials*, 14(5), 1307.
<https://doi.org/10.3390/ma14051307>
- Türk, A. G., Ulusoy, M., & Önal, B. (2014). İndirekt restorasyonlarda kullanılan kompozit rezin simanlar. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 35(2), 1-8. <http://doi.org/10.5505/eudfd.2014.24085>

- Üstün, S. (2019). Endodontik Tedavili Dişlerin Restorasyonunda Adeziv Yaklaşımlar: Literatür Derlemesi. Ankara üniversitesi diş hekimliği fakültesi dergisi, 46(2), 127-136.
- van der Burgt, T. P., Mullaney, T. P., & Plasschaert, A. J. (1986). Tooth discoloration induced by endodontic sealers. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*, 61(1), 84–89. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(86\)90208-2](https://doi.org/10.1016/0030-4220(86)90208-2)
- Van Landuyt, K. L., Snauwaert, J., De Munck, J., Peumans, M., Yoshida, Y., Poitevin, A., Coutinho, E., Suzuki, K., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2007). Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. *Biomaterials*, 28(26), 3757–3785. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2007.04.044>
- Van Meerbeek, B., Yoshihara, K., Yoshida, Y., Mine, A., De Munck, J., & Van Landuyt, K. L. (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 27(1), 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.10.023>
- Veselinović, V., Todorović, A., Lisjak, D., & Lazić, V. (2008). Restoring endodontically treated teeth with all-ceramic endo-crowns: case report. *Stomatološki glasnik Srbije*, 55(1), 54-64. <http://doi.org/10.2298/SGS0801054V>
- VOCO Dental. (2018). Grandio blocs. Erişim tarihi: 09.12.2022, https://www.voco.dental/en/portaldata/1/resources/products/folders/gb/grandio_oblocs-disc_fol_gb.pdf
- Weine, F. S. (1989). *Endodontic therapy* 4th ed St. Louis, CV Mosby, 2.
- Winter, W., & Karl, M. (2012). Dehydration-induced shrinkage of dentin as a potential cause of vertical root fractures. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 14, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2012.05.008>
- Yamaguchi, S., Inoue, S., Sakai, T., Abe, T., Kitagawa, H., & Imazato, S. (2017). Multi-scale analysis of the effect of nano-filler particle diameter on the physical properties of CAD/CAM composite resin blocks. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 20(7), 714–719. <https://doi.org/10.1080/10255842.2017.1293664>
- Yoshikawa, T., Sano, H., Burrow, M. F., Tagami, J., & Pashley, D. H. (1999). Effects of dentin depth and cavity configuration on bond strength. *Journal of*

dental research, 78(4), 898–905.

<https://doi.org/10.1177/00220345990780041001>

- Zaimoğlu, A., & Can, G. (2011). *Fixed Prosthodontics*. Ankara: Ankara University Publishing, 139-159.
- Zarone, F., Sorrentino, R., Apicella, D., Valentino, B., Ferrari, M., Aversa, R., & Apicella, A. (2006). Evaluation of the biomechanical behavior of maxillary central incisors restored by means of endocrowns compared to a natural tooth: a 3D static linear finite elements analysis. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 22(11), 1035–1044.
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.11.034>
- Zeng, K., Odén, A., & Rowcliffe, D. (1996). Flexure tests on dental ceramics. *The International journal of prosthodontics*, 9(5), 434–439.
- Zhang, Y. Y., Peng, M. D., Wang, Y. N., & Li, Q. (2015). The effects of ferrule configuration on the anti-fracture ability of fiber post-restored teeth. *Journal of dentistry*, 43(1), 117–125. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2014.10.003>
- Zhi-Yue, L., & Yu-Xing, Z. (2003). Effects of post-core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *The Journal of prosthetic dentistry*, 89(4), 368–373.
<https://doi.org/10.1067/mpr.2003.73>
- Zhi, L., Bortolotto, T., & Krejci, I. (2016). Comparative in vitro wear resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 115(2), 199-202.



Article

In-Vitro Investigation of Marginal Adaptation and Fracture Resistance of Resin Matrix Ceramic Endo-Crown Restorations

Burak Mertsöz ¹, Salim Ongun ^{2,*} and Mutahhar Ulusoy ¹¹ Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Near East University, Mersin 10, Lefkosa 99040, Turkey² Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Fimal International University, Nicosia 99010, Turkey

* Correspondence: ongunsalim@gmail.com

Abstract: The aim of this study was to evaluate the fracture resistance and marginal adaptation of endo-crown restorations produced from different resin-matrix ceramics (RMCs) and the effects of these materials on marginal adaptation and fracture resistance. Three frasco models were used by preparing (first) premolar teeth in three different margin preparations: butt-joint, heavy chamfer and shoulder. Each group was further divided into four subgroups according to the type of restorative material used: Ambarino High Class (AHC), Voco Grandio (VG), Brilliant Crios (BC) and Shofu (S) ($n = 30$). Master models were obtained using an extraoral scanner and fabricated with a milling machine. Marginal gap evaluation was performed with a silicon replica technique using a stereomicroscope. Replicas of the models ($n = 120$) were produced with epoxy resin. The fracture resistance of the restorations was recorded using a universal testing machine. The data were statistically analyzed using two-way ANOVA, and a t-test was applied for each group. Tukey's post-hoc test was performed to compare significant differences ($p \leq 0.05$). The highest marginal gap was observed in VG, and the best marginal adaptation and the highest fracture resistance were found in BC. The lowest fracture resistance in Butt-joint preparation design was found in S. In addition, the lowest fracture resistance value in the heavy chamfer preparation design was found in AHC. The heavy shoulder preparation design displayed the highest fracture resistance values for all materials.

Keywords: endo-crown restoration; fracture resistance; marginal fit; resin matrix ceramics



Citation: Mertsöz, B.; Ongun, S.; Ulusoy, M. In-Vitro Investigation of Marginal Adaptation and Fracture Resistance of Resin Matrix Ceramic Endo-Crown Restorations. *Materials* **2023**, *16*, 2059. <https://doi.org/10.3390/ma16052059>

Academic Editor: Javier Gil

Received: 24 January 2023

Revised: 27 February 2023

Accepted: 1 March 2023

Published: 2 March 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Treatment options for the restoration of endodontically treated teeth with extensive crown damage are increasing with the development of new materials. One of these treatment options is endo-crown restoration, indicated in teeth with short clinical crown length, insufficient interocclusal distance, calcified canals or thin-rooted teeth, which has been reported to be a promising treatment [1,2]. An endo-crown restoration can be defined as a one-piece restoration that replaces the crown macro-mechanically retained with an extension into the pulp chamber [3], thus making it a more suitable treatment option than onlay, overlay and post-core restorations that uses the whole pulp chamber as a retentive resource [1].

Several parameters can affect the mechanical behavior of an endo-crown restoration, including the usage of different restorative materials, the finish line design and the depth of the pulp chamber [4].

Recently introduced resin matrix ceramics (RMCs) consist of materials with a highly infiltrated organic matrix with ceramic particles and have a modulus of elasticity closer to dentin than conventional ceramics. RMCs merge the advantageous characteristics of dental ceramics and composite resins and thereby provide the following benefits: easy and fast machinability, can be repaired intraorally, less chipping, better fracture resistance, acceptable wear resistance, low abrasive effect on opposing teeth, near-to-ideal bond strength, polishability and no need for firing [5–8].

The morphologic fit between the edges of the restoration and preparation is referred to as the marginal adaptation [9,10]. The adaptation of endo-crowns, both marginal and internal, plays an important role in their clinical outcome [1]. In cases where the marginal adaptation of the restorations is not fit, the dissolution of the cement over time can cause endodontic and periodontal inflammation as a result of bacterial microleakage causing failure of the prosthesis [11,12]. In addition to material selection, ferrule and finish line preparation of teeth restored with endo-crown restorations have been reported to provide greater fracture resistance [13]. It also has been reported that building the foundation of the pulp chamber floor does not improve either fracture resistance or marginal adaptation.

The first null hypothesis of this study was that different margin designs will not affect the fracture resistance and marginal adaptation of endo-crown restorations. The second null hypothesis was that the type of current RMC materials will not affect the fracture resistance and marginal adaptation of endo-crown restorations.

This study aims to evaluate the fracture resistance strength and marginal adaptation of the endo-crown restorations produced from different types of RMC materials and to evaluate the effects of these RMC materials and different margin configurations on marginal adaptation and fracture resistance strength.

2. Materials and Methods

2.1. Specimen Preparation

In this study, 3 frasco teeth ANA-4 ZPUR (for preclinical training in root canal treatment, ivory crown with red pulp wall and rooted, suitable for X-ray control) were adapted in the maxillary left second premolar teeth of a phantom model (ANA-4 Frasco GmbH, Tettnang, Germany). The three models were determined as the main models. Diamond-coated stainless steel burs (Hager and Meisinger GmbH, Berlin, Germany) were used to prepare the pulp chamber and finish line of these master models. The dimensions of the master models of endo-crown preparation were 2 mm occlusal reduction, a pulp chamber depth of 4 mm and a width of 6 mm and an 8° angle of artificial pulp chamber. Then, 3 main models were subjected to 3 different finish line preparations: butt-joint, heavy chamfer and heavy shoulder. The margin design of the heavy chamfer and heavy shoulder were prepared to be equal all around and 1 mm wide.

2.2. Teeth Preparation for Endo-Crowns

The 3D scanning process of the main model with 3 different finish line preparations was performed with an extraoral scanner (Sirona inEOS X5, Dentsply Sirona, York, PA, USA), and the obtained digital data were transferred to computer-aided design (CAD) software (inLab SW 16.1; Dentsply Sirona). A schematic illustration of endo-crown preparation and study design is presented in Figure 1.

The main model's negative impressions were taken with A-type silicone (Elite HD+ Maxi Putty Soft-Fast Set Vinylpolysiloxane, Zhermack, Italy). Epoxy resin (Epoxy Resin EPOART Ultra Transparent, Polisan, Kocaeli, Turkey) was injected into the negative impression taken with a surgical syringe, and the main model was duplicated. The main model duplication process was carried out for 40 repetitions for the 3 main models. A total of 120 master model replicas were produced.

From 4 different RMC discs (Ambarino High Class ($n = 30$), Voco Grandio ($n = 30$), Brilliant Crios ($n = 30$), Shofu ($n = 30$)) were investigated, and the discs used in this study are presented in Table 1. All endo-crown restorations were milled with a 5-axis CAD-CAM machine (Sirona inLab MC X5, Dentsply Sirona, PA, USA), and the specimens were fabricated in 3 finish line types. Prior to cementation to master model replicas, the buccal, lingual, mesial and distal marginal adaptations of the endo-crown designs were examined with the aid of a stereomicroscope (Olympus SZ61TR, Olympus Corporation, Shinjuku, Tokyo, Japan) at 40× magnification.

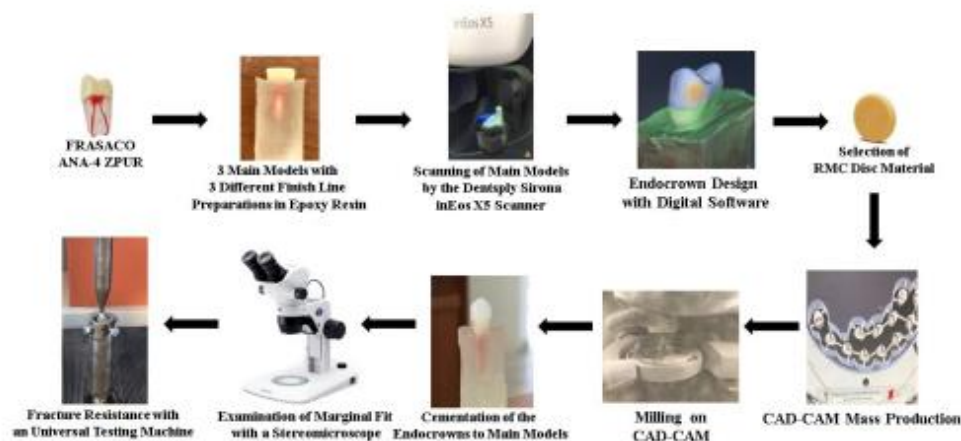


Figure 1. A schematic illustration of endo-crown preparation and study design.

Table 1. Margin design, product, shapes, shades, ref, lot numbers and the composition of the CAD-CAM materials used in this study.

Material	Endo-Crown Preparation	Product	Shapes	Shades	Ref.	Lot	Composition
NANO CERAMIC HYBRID CAD/CAM MATERIAL	Butt-Joint	BRILLIANT Crios	14 × 98.5 (mm)	A2 LT	60022900	J69904	Organic part: cross-linked methacrylates(Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA) Inorganic part: 70.7 wt% barium glass and amorphous silica
	Heavy Chamfer						
	Heavy Shoulder						
	Butt-Joint	VOCO Grandio	15 × 98.4 (mm)	A2 HT	6058	2122709	Organic part: 14% UDMA+ DMA Inorganic part: 86 wt% nanohybrid fillers
	Heavy Chamfer						
	Heavy Shoulder						
	Butt-Joint	AMBARINO High-Class	15 × 98.5 (mm)	A2	900200	121020	Organic part: 30 wt% highly cross-linked polymer blends (Bis-GMA, UDMA and BUDMA) Inorganic part: 70 wt% ceramic-like inorganic silicate glass filler particles (0.2–10 μm, average 0.8 μm)
	Heavy Chamfer						
	Heavy Shoulder						
	Butt-Joint	SHOFU	14 × 98.5 (mm)	A2 LT	2189S	121701	Filler composition: 61%, Includes zirconium silicate, silicon dioxide, UDMA, TEGDMA
	Heavy Chamfer						
	Heavy Shoulder						

2.3. Evaluation of Marginal Adaptation before Cementation

In this study, a stereomicroscope was used for the evaluation of marginal adaptation. The silicone replica technique was used for easier monitoring of marginal measurements. Since we did not examine the internal adaptation of the specimens in the study we performed and in order not to damage the specimens at this stage by subjecting them to fracture resistance later, we did not apply the scalpel sectioning process; instead, we only examined the marginal adaptation. In the silicone replica technique, light-body silicone

material (Elite HD + Lightbody Fast Setting, Zhermack, Italy) is mixed and applied into endo-crown restorations with the help of a mixing gun (Applyfix 4, Kettenbach GmbH & Co KG, Eschenburg, Germany) to mimic the cement gap and temporarily cement the restoration to the epoxy resin framework. The reason for this procedure is that it is easier to examine the marginal gap under the stereomicroscope at $40\times$ magnification. Marginal gap measurements were taken for each shot (four equidistant landmarks along the cervical circumference for each surface of the specimen (mesial, buccal, distal and palatal). Each measurement was repeated five times. The images were calibrated each time to ensure the same distance. The average of the micrometer values was calculated by using the measurement software available in the stereomicroscope to calculate the range values at these measurement points (Figure 2).

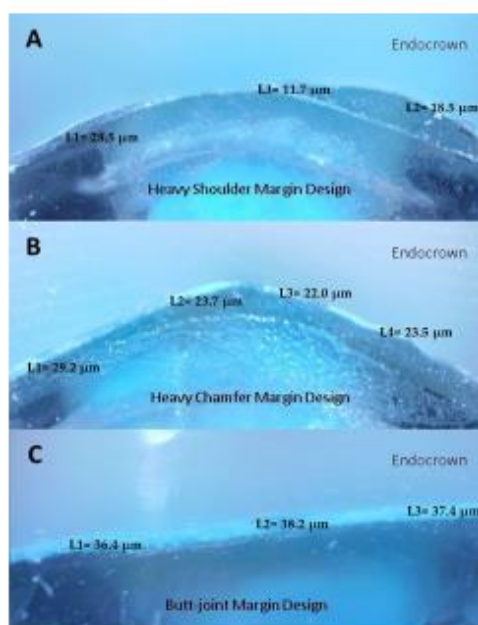


Figure 2. Example of marginal gap from the distal surface. (A) Heavy Shoulder Margin Design (B) Heavy Chamfer Margin Design (C) Butt-joint Margin Design.

2.4. Cementation and Fracture-Strength Test

Single Bond Universal was applied to the pulp chambers of the replicas (Single Bond Universal, 3M ESPE, St. Paul, MN, USA). A halogen light source (LED-B, Woodpecker, $1000\text{--}1700\text{ mw/cm}^2$) was applied to the pulp chamber for 10 s. Cementation of the endo-crowns was performed by using dual cure self-adhesive resin cement (Nova Resin, IMICRYL, Konya, Turkey) under finger pressure for 60 s. The polymerization process was applied to the endo-crown from 5 surfaces (buccal, lingual, mesial, distal, occlusal) with a halogen light source for 20 s each. In order to compare the fracture resistance, the endo-crowns were divided into 4 groups according to the RMC material from which they were produced. These 4 groups were further divided into 3 subgroups according to their margin design. Fracture resistance was applied to a total of 12 groups using a universal test machine (EZ50 Universal Test Machine 50 kN, Ametek Lloyd Instruments Ltd., West

Sussex, UK). The load was implemented through a steel rod with a 4-mm rounded tip, and the tip was positioned at the central fossa of the endo-crown. Static loading was performed at a crosshead speed of 1 mm/min until fracture occurred, and the fracture loads were recorded in Newton.

2.5. Statistical Analysis

Power analysis was performed to calculate the required sample size using an analysis software (G*Power, Version 3.1.9.3. for Mac). The sample size of each group was calculated to be 10 with 80% power and 95% confidence level at $\alpha = 0.05$. Ten specimens were prepared for each test group to ensure the targeted statistical power.

Statistical analysis of all data from both marginal adaptation and fracture resistance tests was performed using a statistical software program (SPSS, IBM Statistics 23.0, Chicago, IL, USA). Marginal adaptation and fracture resistance values were separately analyzed with two-way analysis of variance (ANOVA). T-tests were applied for each group, and Tukey's post-hoc test was performed to compare significant differences between groups. Statistical significance was accepted as $p \leq 0.05$.

3. Results

The mean values of the marginal gap for all groups are summarized in Table 2. The results of the two-way ANOVA parametric test revealed a statistically significant difference between the groups ($p \leq 0.05$). It was observed that the type of preparation did not affect the marginal adaptation ($p = 0.00$). It was concluded that the material used ($p = 0.00$) and the interaction of the material with the preparation type ($p = 0.02$) significantly affected the marginal adaptation. While the highest marginal gap values were observed in Voco Grandio ($36.53 \pm 12.01 \mu\text{m}$), the best marginal adaptation was found in Brilliant Crios ($27.58 \pm 4.34 \mu\text{m}$) compared to all other groups.

Table 2. Values and standard deviations of marginal gap for test groups (μm).

	Brilliant Crios	Voco Grandio	Ambarino High Class	Shofu	Mean
Butt-Joint	$27.47 \pm 4.95^{A,a}$	$30.31 \pm 4.36^{A,a}$	$35.44 \pm 8.08^{A,a}$	$32.41 \pm 12^{A,a}$	31.41 ± 8.19^A
Heavy Chamfer	$29.89 \pm 3.39^{A,a}$	$39.36 \pm 3.84^{B,b}$	$30.76 \pm 1.98^{A,ab}$	$38.05 \pm 2.65^{A,ab}$	34.52 ± 5.19^A
Heavy Shoulder	$25.39 \pm 3.66^{A,a}$	$39.93 \pm 19.15^{B,b}$	$27.42 \pm 4.67^{A,a}$	$30.42 \pm 7.07^{A,a}$	30.79 ± 11.67^A
Mean	27.58 ± 4.34^a	36.53 ± 12.01^b	31.2 ± 6.28^{ab}	33.63 ± 8.56^b	32.24 ± 8.84

Note: Different capital letters indicate differences in same column; different lowercase letters indicate differences in same row for each ceramic type.

The mean values and standard deviations of fracture resistance for different CAD-CAM blocks of endo-crown restorations are presented in Table 3. The results of the two-way ANOVA parametric test revealed a statistically significant difference between the groups ($p \leq 0.05$). A significant difference was observed in the fracture resistance of the materials, the finish line types and the interaction between the material and the finish line ($p = 0.00$). Brilliant Crios (828.10 N) has the highest fracture resistance value and Shofu (586.18 N) has the lowest fracture resistance. The lowest fracture resistance in butt-joint preparation design was found in Shofu (357.73 N). In addition, the lowest fracture resistance value in heavy chamfer preparation design was found in Ambarino High Class (517.46 N). The heavy shoulder preparation design displayed the highest fracture resistance values in all materials.

Table 3. Mean values and standard deviations of fracture resistance in Newtons (N) for test groups.

	Brilliant Crios	Voco Grandio	Ambarino High Class	Shofu	Mean
Butt-Joint	688.83 ± 185.88 ^{A,b}	490.29 ± 27.93 ^{A,ab}	711.14 ± 169.58 ^{AB,b}	357.73 ± 154.51 ^{A,a}	561.99 ± 206.17 ^A
Heavy Chamfer	845.12 ± 168.86 ^{AB,b}	834.19 ± 97.60 ^{B,b}	517.46 ± 117.53 ^{A,a}	682.04 ± 151.90 ^{B,ab}	719.70 ± 199.05 ^B
Heavy Shoulder	950.37 ± 245.12 ^{B,b}	954.16 ± 327.80 ^{B,b}	742.36 ± 281.50 ^{B,ab}	718.79 ± 123.99 ^{B,a}	841.42 ± 270.50 ^C
Mean	828.10 ± 223.87 ^c	759.54 ± 276.63 ^{bc}	656.98 ± 231.38 ^{ab}	586.18 ± 216.92 ^a	707.70 ± 253.16

Note: Different capital letters indicate differences in same column; different lowercase letters indicate differences in same row for each ceramic type.

4. Discussion

The first null hypothesis of the study—that different margin designs will not affect the fracture resistance—was rejected. However, marginal adaptation of endo-crown restorations was not affected, thereby confirming the hypothesis. The second null hypothesis—that the type of current RMC materials will not affect the fracture resistance and marginal adaptation of endo-crown restorations—was rejected completely.

The clinically difficult restorations of endodontically treated teeth with extensive coronal destruction require careful planning [14]. Therefore, dentists need to decide on the most effective and best treatment option to extend the duration of the clinical prognosis of such teeth.

Endo-crown restorations are advantageous in this aspect in order to maintain the integrity of teeth, which are not ideal for single-crown or post-core restorations. Endo-crowns take advantage of contemporary developments in ceramic CAD/CAM technologies and various types of resin cement [15].

Stress levels are lower in endo-crown teeth than in full crown restorations [16]. In a study comparing endo-crowns with conventional crown restorations, it was reported that endo-crowns exhibited better tooth fracture resistance and also reported that the fracture resistance of endo-crowns was greater than that of intact premolars. In addition, the endo-crown design could restore the structural integrity and the strength of an endodontically treated and severely decayed tooth [17].

Sedrez-Porto et al. compared endo-crown restorations with conventional treatments using post-core, direct composite resin or inlay/onlay restorations in terms of survival time and fracture strength. According to the results of the study, it was reported that endo-crowns may perform similarly to or better than conventional restorations [18]. Belleflamme et al. reported that endo-crowns are a reliable form of treatment to restore severely damaged teeth, even in the presence of occlusal risk factors such as extensive coronal hard tissue loss, bruxism or incompatible occlusal relationships [19].

In an in vitro study by Biacchi and Basting (2012), the fracture resistance of endo-crown restorations and glass fiber post restorations were compared. It was reported that endo-crown restorations showed higher fracture strengths than glass fiber restorations. Post-core restorations are contraindicated, especially in some cases where the crown has extensive damage, the interproximal space is limited, ceramic thickness is insufficient and the root canals are very thin and excessively curved. In these cases, endo-crown restorations may be preferred [1].

Amongst the many materials being used for endo-crown restorations, four types of different resin matrix ceramics were used in this study. Compared to other ceramic materials, these materials have higher flexural strength and moduli of elasticity that more closely resemble the properties of dentin [6,20]. They can be milled more easily than glass ceramics and polycrystalline ceramics. In addition, the ease of repair with composite resin provides an advantage over other ceramics [5]. This provides the advantage of faster milling with less chipping in the margin area and less wear of the milling cutters [6,7]. Hassouneh et al. concluded that endo-crowns obtained from the CAD-CAM resin matrix ceramic blocks are a reliable option for restoring endodontically treated premolars [20]. When analyzing the fracture resistance of teeth restored with resin matrix ceramics compared to feldspathic all ceramic restorations, Attia et al. found no significant difference in their study [21], while Lise

et al. reported a better result when using resin matrix ceramic restorations [22]. In addition, since the fracture resistance of all materials is higher than the force values obtained during chewing in the premolar region, they suggest their use in the restoration of endodontically treated premolars, but the evaluation of other mechanical properties, such as wear resistance of the materials, in future studies will provide more detailed information.

In our study using four different RMC materials, it was found that Brilliant Crios had the highest fracture resistance value (828.10 ± 223.87 N) and Shofu had the lowest fracture resistance value (586.18 ± 216.92 N). In a study conducted by Acar and Kalyoncuoglu, similar results were obtained in endo-crown restorations, where the highest fracture resistance was observed in Brilliant Crios (2072.77 ± 454.65 N) and the lowest fracture resistance was observed in Shofu (1068.36 ± 214.91 N) [23]. The reason for this force difference between the materials in the two studies is thought to be that the surface area of the molar tooth is higher than the premolar tooth and the substructure can therefore absorb more force. The conventional viewpoint is that the mechanical properties, such as the flexural strength, the modulus of elasticity, the wear resistance or the fracture resistance, increase with filler content [24]. Compressive strengths of resin matrix ceramics can be improved by loading nano-filler particles of smaller diameter. Resin matrix ceramics have the potential to improve fracture resistance by utilizing smaller nano-filler particles [25]. Koenig et al. showed the largest filler particles were identified in Shofu Block HC, Voco Grandio and followed by Brilliant Crios [24]. Based on this information, Brilliant Crios shows the highest fracture resistance.

In another study, the fracture resistance of Voco Grandio and Shofu materials were compared and Voco Grandio can withstand pressure over 2500 N, while fractures were observed at Shofu Block at 1500 N values [26], which are similar to our study.

Kassem et al. designed endo-crown restorations with composite-containing material and stated that this material corresponds to Ambarino High-Class material. The fracture resistance of this material was found to be 2420 N. In this study, the butt-joint finish line type was used, and it was observed that the fracture resistance of this material was higher than the Ambarino High-Class material [27]. Considering the results of our study, Brilliant Crios was found to have the highest fracture resistance among the RMC materials. It was observed that the fracture resistance of the materials decreased when the finish line of the materials was designed as the butt-joint finish line, and only in the Ambarino High-Class material the butt-joint finish line preparation increases the fracture resistance of the endo-crown.

In our study, the difference in finish line preparation in the substructure design of the endo-crown restoration did not affect the marginal adaptation; however, the finish line type was found to affect the resistance of the material. Taha et al. produced endo-crown restorations using CAD-CAM and compared the fracture resistance of these restorations with butt-joint and shoulder finish line preparations [28]. The fracture resistance of an endo-crown with butt-joint preparation was found to be the lowest, while the fracture resistance of an endo-crown with shoulder finish line preparation was found to be the highest, which was similar to our study. In another study conducted by Bamajboor and Dudley, no significant difference in fracture resistance and marginal adaptation was found in restorations with butt-joint and shoulder finish line preparation [29].

Marginal adaptation studies have revealed quite different values ranging from $7.5 \mu\text{m}$ to $206.3 \mu\text{m}$. This variation can be attributed to several factors, including the techniques being used to assess adaptation, the materials used, the type of preparation, the impression materials and methods, the type of cement and cementation process and the casting, modeling and processing of ceramics in the laboratory. Cementation techniques such as uncontrolled finger pressure or overfilling the crown with cement can cause an uneven flow of cement, with a thick film on one axial wall and a thin film on the opposite wall [11].

The most common methods used to measure marginal adaptation are the direct-vision technique, the cross-sectioning technique and the silicon replica technique [11]. In our study, the silicone replica technique was used to evaluate marginal adaptation. This technique is a non-invasive, inexpensive procedure that allows accurate, reproducible measurements to be made at various points, allowing both marginal and internal adaptation of restorations

to be examined [30,31]. It is also a preferred technique for in vivo evaluation of indirect prosthetic restorations. Although the finger pressure applied in this technique cannot be standardized, it has been reported in the literature that the insertion force does not have a significant effect on the gap between restorations [32]. However, it also has some limitations, such as difficulties in defining the edges of the crown and the finish line, damage to the elastomeric film layer during removal from the restoration and an inability to obtain accurate cross-sections [11].

In the present study, the absence of the wear resistance, thermal and chewing cycle stages can be considered as a limitation, and further studies investigating and comparing these factors are needed.

5. Conclusions

Within the limitations of the study, the following conclusions can be reached:

1. In endo-crown restorations, different margin preparations do not cause a change in the marginal adaptation. The type of material used affects the marginal adaptation.
2. Except for the Ambarino High Class material, the lowest fracture resistance was observed in the butt-joint margin preparation in the other three materials, while the lowest fracture resistance was observed in the heavy chamfer margin type in the Ambarino High Class material. The marginal design to be applied in restorations using these materials should be the heavy shoulder margin design.

As a margin configuration, it is recommended that the heavy shoulder finish line type is used as an ideal margin type, and the butt-joint margin type should be avoided in order to ensure the fracture strength of the restoration.

Author Contributions: Investigation: B.M., Writing—review and editing: B.M. and S.O., Visualization: B.M., Methodology: S.O. and M.U., Supervision: S.O. and M.U., Validation: S.O. and M.U. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Not applicable.

Acknowledgments: The authors are thankful to the VOCO company for the material support and the Eastern Mediterranean University Department of Biological Sciences for the use of the stereomicroscope.


Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.


References

1. Biacchi, G.; Basting, R. Comparison of fracture strength of endocrowns and glass fiber post-retained conventional crowns. *Oper. Dent.* **2012**, *37*, 130–136. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
2. Topkara, C.; Keleş, A. Examining the adaptation of modified endocrowns prepared with CAD-CAM in maxillary and mandibular molars: A microcomputed tomography study. *J. Prosthet. Dent.* **2021**, *127*, 744–749. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Tribst, J.P.M.; Dal Piva, A.M.O.; de Jager, N.; Bottino, M.A.; de Kok, P.; Kleverlaan, C.J. Full-crown versus endocrown approach: A 3D-analysis of both restorations and the effect of ferrule and restoration material. *J. Prosthodont.* **2020**, *28*, 335–344. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Elashmawy, Y.; Elshahawy, W.; Seddik, M.; Aboushelib, M. Influence of fatigue loading on fracture resistance of endodontically treated teeth restored with endocrowns. *J. Prosthodont. Res.* **2021**, *65*, 78–85. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
5. Gracis, S.; Thompson, V.; Ferencz, J.; Silva, N.; Bonfante, E. A New classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int. J. Prosthodont.* **2016**, *28*, 227–235. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. Awada, A.; Nathanson, D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. *J. Prosthet. Dent.* **2015**, *114*, 587–593. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Chavali, R.; Nejat, A.H.; Lawson, N.C. Machinability of CAD-CAM materials. *J. Prosthet. Dent.* **2016**, *118*, 194–199. [[CrossRef](#)]
8. Günel-Abduljalil, B.; Onoral, O.; Ongun, S. Micro-shear bond strengths of resin-matrix ceramics subjected to different surface conditioning strategies with or without coupling agent application. *J. Adv. Prosthodont.* **2021**, *13*, 180–190. [[CrossRef](#)]
9. Goldin, E.B.; Boyd, N.W.; Goldstein, G.R.; Hittelman, E.L.; Thompson, V.P. Marginal fit of leucite-glass pressable ceramic restorations and ceramic-pressed-to-metal restorations. *J. Prosthet. Dent.* **2005**, *93*, 143–147. [[CrossRef](#)]

10. Conrad, H.J.; Seong, W.-J.; Pesun, I.J. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: A systematic review. *J. Prosthet. Dent.* **2007**, *98*, 389–404. [\[CrossRef\]](#)
11. Nawafleh, N.A.; Mack, F.; Evans, J.L.; Mackay, J.; Hatamleh, M.M. Accuracy and Reliability of Methods to Measure Marginal Adaptation of Crowns and FDPs: A Literature Review. *J. Prosthodont.* **2013**, *22*, 419–428. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
12. Keleş, M.A.; Metiner, C.; Türker, B. Sabit protetik restorasyonlarda marjinal adaptasyon. *Eur. J. Res. Dent.* **2019**, *1*, 35–43. [\[CrossRef\]](#)
13. Einhorn, M.; DuVall, N.; Wajdowicz, M.; Brewster, J.; Roberts, H. Preparation ferrule design effect on endocrown failure resistance. *J. Prosthodont.* **2017**, *28*, e237–e242. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
14. Dogui, H.; Abdelmalek, F.; Amor, A.; Douki, N. Endocrown: An alternative approach for restoring endodontically treated molars with large coronal destruction. *Case Rep. Dent.* **2018**, *2018*, 1581952. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
15. Ghajghouj, O.; Taşar-Faruk, S. Evaluation of fracture resistance and microleakage of endocrowns with different intracoronal depths and restorative materials luted with various resin cements. *Materials* **2019**, *12*, 2528. [\[CrossRef\]](#)
16. Lin, C.-L.; Chang, Y.-H.; Chang, C.-Y.; Pai, C.-A.; Huang, S.-F. Finite element and Weibull analyses to estimate failure risks in the ceramic endocrown and classical crown for endodontically treated maxillary premolar. *Eur. J. Oral Sci.* **2010**, *118*, 87–93. [\[CrossRef\]](#)
17. Chang, C.-Y.; Kuo, J.-S.; Lin, Y.-S.; Chang, Y.-H. Fracture resistance and failure modes of CEREC endo-crowns and conventional post and core-supported CEREC crowns. *J. Dent. Sci.* **2009**, *4*, 110–117. [\[CrossRef\]](#)
18. Sedrez-Porto, J.A.; de Oliveira da Rosa, W.L.; da Silva, A.F.; Münchow, E.A.; Pereira-Cenci, T. Endocrown restorations: A systematic review and meta-analysis. *J. Dent.* **2016**, *52*, 8–14. [\[CrossRef\]](#)
19. Belleflamme, M.M.; Geerts, S.O.; Louwette, M.M.; Grenade, C.F.; Vanheusden, A.J.; Mainjot, A.K. No post-no core approach to restore severely damaged posterior teeth: An up to 10-year retrospective study of documented endocrown cases. *J. Dent.* **2017**, *63*, 1–7. [\[CrossRef\]](#)
20. Hassouneh, L.; Jum'Ah, A.A.; Ferrari, M.; Wood, D.J. Post-fatigue fracture resistance of premolar teeth restored with endocrowns: An in vitro investigation. *J. Dent.* **2020**, *100*, 103426. [\[CrossRef\]](#)
21. Attia, A.; Abdelaziz, K.M.; Freitag, S.; Kern, M. Fracture load of composite resin and feldspathic all-ceramic CAD/CAM crowns. *J. Prosthet. Dent.* **2006**, *95*, 117–123. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
22. Lise, D.P.; Van Ende, A.; De Munck, J.; Suzuki, T.Y.U.; Vieira, L.C.C.; Van Meerbeek, B. Biomechanical behavior of endodontically treated premolars using different preparation designs and CAD/CAM materials. *J. Dent.* **2017**, *59*, 54–61. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
23. Acar, D.H.; Kalyoncuoglu, E. The fracture strength of endocrowns manufactured from different hybrid blocks under axial and lateral forces. *Clin. Oral Investig.* **2020**, *25*, 1889–1897. [\[CrossRef\]](#)
24. Koenig, A.; Schmidtko, J.; Schmohl, L.; Schneider-Feyrer, S.; Rosentritt, M.; Hoelzig, H.; Kloess, G.; Vejjasilpa, K.; Schulz-Siegmund, M.; Fuchs, F.; et al. Characterisation of the filler fraction in CAD/CAM resin-based composites. *Materials* **2021**, *14*, 1986. [\[CrossRef\]](#)
25. Yamaguchi, S.; Inoue, S.; Sakai, T.; Abe, T.; Kitagawa, H.; Imazato, S. Multi-scale analysis of the effect of nano-filler particle diameter on the physical properties of CAD/CAM composite resin blocks. *Comput. Methods Biomech. Biomed. Eng.* **2017**, *20*, 714–719. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
26. Rosentritt, M.; Krişka, S.; Strasser, T.; Preis, V. Fracture force of CAD/CAM resin composite crowns after in vitro aging. *Clin. Oral Investig.* **2019**, *24*, 2395–2401. [\[CrossRef\]](#)
27. Kassem, I.A.; Farrag, I.E.; Zidan, S.M.; ElGuindy, J.F.; Elbasty, R.S. Marginal gap and fracture resistance of CAD/CAM ceramill COMP and cerasmart endocrowns for restoring endodontically treated molars bonded with two adhesive protocols: An in vitro study. *Biomater. Investig. Dent.* **2020**, *7*, 50–60. [\[CrossRef\]](#)
28. Taha, D.; Spintzyk, S.; Schille, C.; Sabet, A.; Wahsh, M.; Salah, T.; Geis-Gerstorfer, J. Fracture resistance and failure modes of polymer infiltrated ceramic endocrown restorations with variations in margin design and occlusal thickness. *J. Prosthodont. Res.* **2018**, *62*, 293–297. [\[CrossRef\]](#)
29. Bamajboor, A.; Dudley, J. The influence of ferrule on the marginal gap and fracture resistance of zirconia endocrowns. *Int. J. Prosthodont.* **2022**, *35*, 494–501. [\[CrossRef\]](#)
30. Kim, K.-B.; Kim, W.-C.; Kim, H.-Y.; Kim, J.-H. An evaluation of marginal fit of three-unit fixed dental prostheses fabricated by direct metal laser sintering system. *Dent. Mater.* **2013**, *29*, e91–e96. [\[CrossRef\]](#)
31. Park, J.-Y.; Jeong, I.-D.; Lee, J.-J.; Bae, S.-Y.; Kim, J.-H.; Kim, W.-C. In vitro assessment of the marginal and internal fits of interim implant restorations fabricated with different methods. *J. Prosthet. Dent.* **2016**, *116*, 536–542. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
32. Quante, K.; Ludwig, K.; Kern, M. Marginal and internal fit of metal-ceramic crowns fabricated with a new laser melting technology. *Dent. Mater.* **2008**, *24*, 1311–1315. [\[CrossRef\]](#)

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

 **Master Journal List** [Search Journals](#) [Match Manuscript](#) [Downloads](#) [Help Center](#) [Login](#) [Create Free Account](#)


Already have a manuscript? 
Use our Manuscript Matcher to find the best relevant journals!
[Find a Match](#)

Refine Your Search Results

MDPI MATERIALS [Search](#) Sort By: Relevancy

Search Results
Found 1,033 results (Page 1) [Share These Results](#)


Journals Relevant To "MDPI MATERIALS"

MATERIALS 

Publisher: MDPI, ST ALBAN-ANLAGE 66, BASEL, SWITZERLAND, CH-4052
ISSN / eISSN: 1996-1944
Web of Science Core Collection: Science Citation Index Expanded
Additional Web of Science Indexes: Current Contents Engineering, Computing & Technology | Essential Science Indicators

[Share This Journal](#) [View profile page](#)
*Requires free login.

Filters [Clear All](#)

- Web of Science Coverage
- Open Access 
- Category
- Country / Region
- Language
- Frequency

Ek 2.

İntihal Raporu

ORJİNALLİK RAPORU

% **13**
BENZERLİK ENDEKSİ

% **13**
İNTERNET KAYNAKLARI

% **1**
YAYINLAR

% **1**
ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%4
2	docs.neu.edu.tr İnternet Kaynağı	%3
3	nek.istanbul.edu.tr:4444 İnternet Kaynağı	%3
4	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	%2
5	www.ncbi.nlm.nih.gov İnternet Kaynağı	<%1
6	www.erdis.org İnternet Kaynağı	<%1
7	9lib.net İnternet Kaynağı	<%1
8	Submitted to Inonu University Öğrenci Ödevi	<%1
9	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<%1

- 10 jrdms.dentaliau.ac.ir İnternet Kaynağı <% 1
-
- 11 bfe28a8d-727c-4447-981e-c33b66dff785.filesusr.com İnternet Kaynağı <% 1
-
- 12 Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi <% 1
-
- 13 openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı <% 1
-
- 14 www.mdpi.com İnternet Kaynağı <% 1
-
- 15 www.scribd.com İnternet Kaynağı <% 1
-

Alıntılarını çıkart Kapat
Bibliyografyayı Çıkart Kapat

Eşleşmeleri çıkar Kapat

Özgeçmiş

Adı	Burak	Soyadı	MERTSÖZ
Doğum Yeri	İstanbul	Doğum Tarihi	05/06/1994
Uyruğu	TC	Tel	+905338580200
Email	burak.mertsoz@neu.edu.tr		

Eğitim Düzeyi	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Yakın Doğu Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi	2018
Lise	Hüseyin Yıldız Anadolu Lisesi	2012

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (Yıl-Yıl)
Araştırma Görevlisi	Yakın Doğu Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi	2018- Halen

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	İyi	İyi	İyi

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma Becerisi
MICROSOFT Office Programları	Çok İyi

Yayınlar

1. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

1. Mertsöz, B., Ongun, S., & Ulusoy, M. (2023). In-Vitro Investigation of Marginal Adaptation and Fracture Resistance of Resin Matrix Ceramic Endo-Crown Restorations. *Materials*, 16(5), 2059.

<https://doi.org/10.3390/ma16052059>