



**C ŞEKİLLİ KÖK KANAL YAPISINA SAHİP 3 BOYUTLU MODEL DİŞLERE
UYGULANAN FARKLI RESTORASYON TEKNİKLERİNİN KIRILMA
DAYANIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Melis Sıla ÇETİN

ENDODONTİ ANABİLİM DALI

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Neslihan ŞİMŞEK**

Uzmanlık Tezi 2019

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

C ŞEKİLLİ KÖK KANAL YAPISINA SAHİP 3 BOYUTLU MODEL DİŞLERE
UYGULANAN FARKLI RESTORASYON TEKNİKLERİNİN KIRILMA
DAYANIMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Melis Sıla ÇETİN

Endodonti Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Neslihan ŞİMŞEK

Bu araştırma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Projeler Birimi tarafından TDH-2018-887 proje numarası ile desteklenmiştir.

MALATYA

2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. C Şekilli Kök Kanalları.....	2
2.1.1. C Şekilli Kök Kanallarının Tarihçesi.....	2
2.1.2. C Şekilli Kök Kanal Yapısı	3
2.1.3. C Şekilli Kök Kanallarının Görülme Sıklığı.....	4
2.1.4. C Şekilli Kök Kanallarının Sınıflandırılması.....	4
2.1.5. C Şekilli Kök Kanallarının Teşhisi	6
2.2. Üç Boyutlu Modelleme Teknolojisi ile Model Eldesi	7
2.3. Kök Kanal Tedavisi ve Dişlerin Üst Restorasyonlarının Tamamlanması	8
2.3.1. Rezin Kompozit Restorasyonlar	9
2.3.2. Post-Kor Restorasyonlar	9
2.3.3. Fiber Postlar	11
2.3.4. Demetli Fiber Postlar	12
2.3.5. Örgü Fiber Postlar.....	13
2.3.6. Endokronlar	14
2.4. Mekanik Testler	15
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1. Çalışmada Kullanılacak Diş Modellerinin Oluşturulması ve 3 Boyutlu Olarak Üretilmesi	16
3.2. Modellerin Kök Kanallarının Şekillendirilmesi ve Dolgusu	18
3.3. Modellerin Üst Restorasyonlarının Yapılması	21
3.3.1. Intakt Model (Grup 1).....	21
3.3.2. Rezin Kompozit ile Restorasyon (Grup 2)	21
3.3.3. Demetli Fiber Post ve Rezin Kompozit ile Restorasyon (Grup 3)	23
3.3.4. Vertikal Yerleşimli Fiber Post ve Rezin Kompozit ile Restorasyon (Grup 4)	26
3.3.5. Horizontal Yerleşimli Fiber Post ve Rezin Kompozit ile Restorasyon (Grup 5)	27

3.3.6. Örgü Fiber ile Bireye Özgü Post ve Rezin Kompozit ile Restorasyon (Grup 6).....	27
3.3.7. Kompozit Endokron ile Restorasyon (Grup 7)	28
3.4. Periodontal Membranın Taklit Edilmesi ve Dişlerin Akrilik Bloklara Gömülmesi	32
3.5. Kırılma Testi	33
3.6. İstatistiksel Analiz.....	34
4. BULGULAR.....	35
5. TARTIŞMA	37
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45
KAYNAKLAR	47
EKLER.....	57
EK 1. Özgeçmiş Formu	57
EK 2. Etik Kurul Kararı.....	58

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince akademik bilgi ve klinik tecrübeleriyle yol gösteren, güler yüzüyle mutluluk veren, tezimin hiçbir aşamasında desteğini esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Neslihan ŞİMŞEK'e,

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi birikimini paylaşan ve karşılaştığım her türlü klinik zorlukta yardımcı olan değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Elçin TEKİN BULUT'a ve Dr. Öğr. Üyesi Levent AKINCI'ya,

Tezimin laboratuvar aşamasını tamamlamama büyük bir içtenlikle yardım eden Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Tijen PAMİR'e ve Halil BERBER'e,

Diş hekimliği eğitimimin başından, uzmanlık eğitimimin sonuna kadar yanımda olan ve bu süreçte beni hep güldüren, her derdime ortak olan kıymetli arkadaşım Oğuz TAVŞAN'a,

Tezimin hiçbir aşamasında yardımını esirgemeyen, emeğini paylaşan ve içtenlikle her derdime koşan değerli arkadaşım Umut ÖĞÜTÜCÜ'ye,

Eğitimim boyunca güzel anılar paylaştığım ve tanımaktan büyük mutluluk duyduğum bütün asistan arkadaşlarıma,

Türkiye'nin dört bir yanında olsalar da ihtiyaç duyduğum her an yanı başımda olan, beni hep motive eden, yükselten ve uzak olduğum süreçte varlıklarının değerini bir kez daha anladığım güzel kalpli, canım arkadaşlarıma,

Son olarak beni hep destekleyen, sevgiyle kuşatan ve özveriyle yetiştiren, her zaman arkamda olan ve emeklerine minnet duyduğum miniklerim Duru SOLMAZ, Melis Naz SOLMAZ, ablam Aslı ÇETİN, annem Semra ÇETİN ve babam Kazım ÇETİN başta olmak üzere tüm aileme

Saygı, sevgi ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Melis Sıla ÇETİN

ÖZET

C Şekilli Kök Kanal Yapısına Sahip 3 Boyutlu Model Dişlere Uygulanan Farklı Restorasyon Tekniklerinin Kırılma Dayanımlarının Değerlendirilmesi

Amaç: Bu çalışmada; C şekilli kök kanal yapısına sahip model dişlere uygulanan farklı restorasyon yöntemlerinin kırılma dayanımı üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

Materyal ve Metot: Başka nedenlerle çekilmiş konik ışınli bilgisayarlı tomografi görüntülerinin incelenmesiyle elde edilen C şekilli kök kanal anatomisine sahip bir molar diş ait görüntüler kullanılarak, 3 boyutlu yazıcıdan 76 adet yapay diş modeli üretildi. Yapay dişler rastgele 7 gruba ayrıldı:

Grup 1: İntakt modeller(n=10)

Grup 2: Rezin kompozit ile restore edilen modeller(n=11)

Grup 3: Demetli fiber post ve rezin kompozit ile restore edilen modeller(n=11)

Grup 4: Vertikal fiber post ve rezin kompozit ile restore edilen modeller(n=11)

Grup 5: Horizontal fiber post ve rezin kompozit ile restore edilen modeller(n=11)

Grup 6: Örgü fiber post ve rezin kompozit ile restore edilen modeller(n=11)

Grup 7: Kompozit endokron ile restore edilen modeller(n=11)

Periodontal destek taklit edilerek akrilik bloklara gömülen yapay dişlere kırılma testi uygulandı. Örneklerin kırıldığı kuvvet değerleri ve kırılma tipi kayıt altına alındı ve ANOVA tek yönlü varyans analizi, Monte Carlo Pearson Ki Kare, Fisher'in Kesinlik Testi kullanılarak analiz edildi ($p<0,05$).

Bulgular: Tüm gruplar arasında kırılma değeri yönünden fark bulundu ($p=0,001$). Grup 6 en yüksek kırılma değerini gösterirken, Grup 4 ile aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı idi. Kırılma tipi açısından Grup 7 en yüksek onarılabirlik yüzdesini (%100) gösterdi.

Sonuç: Örgü fiber post ve rezin kompozit kombinasyonu ve endokron şeklinde yapılan üst restorasyon tipleri kırılma dayanımı açısından diğer gruplardan üstün bulundu. Kırıgın restore edilebilirliği de göz önünde bulundurulduğunda endokron restorasyonların C şekilli kök kanal yapısına sahip dişlerde kullanımı önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: C şekilli kanal, Demetli Fiber Post, Horizontal Fiber Post, Kırılma Dayanımı, Model Diş, Örgü Fiber Post

ABSTRACT

Evaluation of Fracture Strengths of Different Restoration Techniques on 3D Teeth Replicas with C Shaped Root Canal Structure

Aim: In this study it is aimed to evaluate the effect of different restoration techniques on fracture strength of endodontically treated C-shaped teeth replicas.

Material and Method: CBCT datas of patients with prominent C-shaped root canal anatomy were examined. After 3D reconstruction of the chosen mandibular tooth, replicas were produced on 3D printer. Replicas were randomly divided into 7 groups.

Group 1: Intact replicas(n=10)

Group 2: Replicas restored with resin composite(n=11)

Group 3: Replicas restored with bundle fiber post and resin composite(n=11)

Group 4: Replicas restored with vertically placed fiber post and resin composite(n=11)

Group 5: Replicas restored with horizontally placed fiber post and resin composite(n=11)

Group 6: Replicas restored with woven fiber post and resin composite(n=11)

Group 7: Replicas restored with composite endocrowns(n=11)

All replicas were embedded into self-curing acrylic resin with mimicking the PDL. A static loading applied until failure by using universal testing machine. The results were recorded and statistically analyzed by using one way ANOVA, Monte Carlo Pearson Chi-Squared, Pearson Chi-Squared and Fisher's Exact Tests ($p < 0.05$).

Results: There was a difference between fracture resistance of all groups ($p = 0.001$). Group 6 showed the highest fracture resistance values whereas there was no statistically significant difference between Group 4. In terms of fracture type, Group 7 showed the highest percentage of repairable fractures (100%).

Conclusion: The highest fracture resistance was recorded for woven fiber post group and endocrown restoration group. Considering the restorability of replicas, endocrown restorations could be recommended for teeth with C-shaped root canal structure.

Keywords: Bundle fiber post, C-shaped canals, Fracture resistance, Glass fiber post, Horizontal fiber post, Tooth replica, Woven fiber post

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

DICOM	: Tıp alanında dijital görüntüleme (Digital imaging and communications in medicine)
dk	: Dakika
ISO	: Uluslararası Standartlar Teşkilatı (International Organization for Standardization)
k değeri	: Kırılma değeri
KIBT	: Konik ışınlı bilgisayarlı tomografi
Mikro-BT	: Mikro bilgisayarlı tomografi
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
MOD	: Meziyo-oklüzo-distal
Mpa	: Mega paskal
N	: Newton
Ni-Ti	: Nikel titanyum
Rpm	: Dakikadaki tur sayısı (rounds per minute)
µm	: Mikrometre

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No.</u>	<u>Sayfa No.</u>
Şekil 2.1. C şekil konfigürasyonuna sahip bir dişin aksiyal kesit morfolojisi.....	3
Şekil 2.2. C şekilli kök kanal yapısının sınıflandırılması (Fan ve arkadaşları)	5
Şekil 2.3. C şekilli kök kanal yapısının radyografik olarak sınıflandırılması (Fan ve arkadaşları)	6
Şekil 2.4. Demetli fiber post materyalinin özellikleri	13
Şekil 3.1. (a) Bütünlüğü bozulmamış, (b) MOD kavite preparasyonu ve (c) endokron kavite preparasyonu yapılmış modeller.....	17
Şekil 3.2. EnvisionTEC VIDA 3 boyutlu yazıcı	18
Şekil 3.3. ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) döner eğe sistemi.....	19
Şekil 3.4. (a) Kök kanal şekillendirmesi yapılmamış ve (b) kök kanal şekillendirmesi tamamlanmış modeller	19
Şekil 3.5. AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya) kök kanal patı.....	20
Şekil 3.6. Deney gruplarının şematik gösterimi	21
Şekil 3.7. Admira Fusion posterior rezin kompozit uygulanmış model	22
Şekil 3.8. Grandio Flow (VOCO, Cuxhaven, Almanya) akışkan kompozit	22
Şekil 3.9. Admira Fusion (VOCO, Cuxhaven, Almanya) posterior rezin kompozit.....	23
Şekil 3.10. Rebilda GT (VOCO, Cuxhaven, Almanya) demetli fiber post	24
Şekil 3.11. Seramik Bond (VOCO, Cuxhaven, Almanya)	24
Şekil 3.12. Futurabond U (VOCO, Cuxhaven, Almanya) adeziv sistem	25
Şekil 3.13. Rebilda DC (VOCO Cuxhaven, Almanya) dual sertleşen rezin siman.....	25
Şekil 3.14. Rebilda GT demetli fiber post uygulanmış model	26
Şekil 3.15. Rebilda (VOCO, Cuxhaven, Almanya) cam fiber ile güçlendirilmiş post.....	26
Şekil 3.16. Vertikal fiber post uygulanmış model	27
Şekil 3.17. Horizontal fiber post uygulanmış model	27
Şekil 3.18. Interlig (Angelus, Brezilya) örgü fiber post	28
Şekil 3.19. Örgü fiber ile hazırlanmış bireye özgü post uygulanmış model	28
Şekil 3.20. Endokron preparasyonu yapılmış diş modeli	29
Şekil 3.21. Grandio Blocks (VOCO, Cuxhaven, Almanya).....	30
Şekil 3.22. Kök kanal şekillendirmesi tamamlanmış endokron modeli ve kompozit endokron restorasyon	30

Şekil 3.23. Bifix QM (VOCO, Cuxhaven, Almanya) kompozit bazlı yapıştırma simanı	31
Şekil 3.24. OptiDisc (OptiDisc, Kerr, ABD) bitirme ve polisaj diskleri.....	31
Şekil 3.25. Simantasyonu tamamlanmış kompozit endokron restorasyon	31
Şekil 3.26. Oto-polimerizan akrilik rezin (Integra, Ankara, Türkiye).....	32
Şekil 3.27. Silikon esaslı ölçü maddesi (Variotime Light Flow; Heraeus Kulzer GmbH, Almanya).....	33
Şekil 3.28. Universal test cihazı (Autograph AG-5 kNG, Shimadzu, Japonya).....	33
Şekil 3.29. Restorasyonları tamamlanmış model dişlere universal test cihazı ile kuvvet uygulanması	34



TABLULAR DİZİNİ

Tablo No.	Sayfa No.
Tablo 3.1. Model üretiminde kullanılan materyal özellikleri	17
Tablo 3.2. Endokron dizayn parametreleri.....	29
Tablo 4.1. Gruplara göre kırılma dayanımlarının tanımlayıcı istatistik ölçütlerinin dağılımı	35
Tablo 4.2. Gruplara göre kırılma tipi dağılımının istatistiksel analizi ve onarılabirlik yüzdesi	36
Tablo 4.3. Kırılma tipinin gruplara göre dağılımı.....	36



1. GİRİŞ

Klinikte karşılaşılan anatomik çeşitliliklerden biri olan C şekilli kök kanal yapısına sahip dişler; anatomik formları sebebiyle endodontik ve restoratif prosedürlerin uygulanması açısından zorluklar teşkil etmektedir. Yapılan literatür taramasında; C şekilli kök kanal yapısına sahip dişlerin üst restorasyon seçimine yönelik kapsamlı bir araştırmanın bulunmadığı gözlenmektedir. Bu dişlere uygulanacak restorasyonlar tedavi başarısında ve dişlerin uzun dönem ağızda tutulmasında hayati öneme sahiptir. Bu nedenle çalışmamız, bu dişlere uygulanabilecek restorasyonların birbirlerine göre üstünlüklerini değerlendirmek amacıyla hazırlandı.

Endodontik literatürde C şekilli kök kanal yapısının Türkiye popülasyonunda görülme sıklığı mandibular birinci molar dişlerde %0.85 ve mandibular ikinci molar dişlerde %4,1 olarak bildirilmiştir (1). Bu insidans; klinik olarak düşük olmasa da örneklem boyutu oluşturmak için düşüktür. Bu sebeple yapılacak çalışmalarda yeterli örneklem boyutu oluşturmayı güçleştirmektedir. Ayrıca klinik koşulları taklit etme başarısından dolayı çekilmiş diş kullanımı avantajlı olarak görülse de (2), doğal dişlerle yapılan deneysel çalışmalarda homojen gruplar oluşturmak dişlerin anatomik çeşitlilikleri nedeniyle güçtür (3). Bu yüzden gerekli örneklem boyutunu oluşturabilmek ve kullanılan dişleri standardize etmek amacıyla 3 boyutlu modelleme teknolojisiyle üretilen model dişler kullanıldı.

Çalışmamızın amacı; C şekilli kök kanal yapısına sahip model dişlerde kullanılan farklı restorasyon teknikleri ve materyallerinin birbirlerine göre üstünlüklerini değerlendirmektir. Koronal sert doku kaybı fazla olan C şekilli kök kanal yapısına sahip dişlerin restorasyonları için; kök kanal anatomisine uyumlu, konservatif bir yaklaşım geliştirebilmek hedeflenmektedir. Sıfır hipotezi şu şekilde kuruldu: (1) kök kanal tedavisi tamamlanmış C şekilli dişlerin kırılma dayanımı restorasyon yönteminden etkilenmez, (2) farklı restorasyon yöntemleri oluşan kırıkların tipini ve tamir edilebilirliklerini değiştirmez.

2. GENEL BİLGİLER

Kök kanal tedavisinin amaçları; kök kanal sistemini enfekte artıklardan ve mikroorganizmalardan temizlemek, kök kanal boşluğunu sızdırmaz bir şekilde doldurarak kök kanallarının yeniden enfekte olmasını önlemek ve yeterli bir üst restorasyon ile dişin semptomsuz olarak fonksiyona katılmasını sağlamaktır (4).

Başarılı bir kök kanal tedavisi için endodontik tedavi aşamalarının kusursuz bir şekilde yerine getirilmesi gerekmektedir. Bunun yanında; doğru teşhis ve tedavi planı yapılması, klinik deneyime sahip olunması, dişlerin sık rastlanan kök kanal anatomileri ile varyasyonlarının bilinmesi ve yeterli koronal restorasyon ile sızdırmazlık sağlanması tedavi başarısında rol oynayan diğer önemli faktörlerdir (5-9).

Geçmişten günümüze birçok araştırmacı dişlerin morfolojik özelliklerini farklı yöntemler kullanarak incelemiş ve aralarında bazı farklılıklar bulunduğunu belirtmiştir (10, 11). Kök kanal yapısının büyüklük, şekil ve oryantasyon açısından gösterdiği anatomik çeşitlilikler, tedavi basamaklarının doğru ve etkili bir şekilde uygulanabilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu yüzden yeterli bir kök kanal tedavisi ve uzun dönem başarı için hekimler; kök kanal sistemi ve olası çeşitlilikleri hakkında kapsamlı bir bilgi birikimine sahip olmalı ve tedavi öncesi bu çeşitlilikleri tespit edebilmelidir (7).

2.1. C Şekilli Kök Kanalları

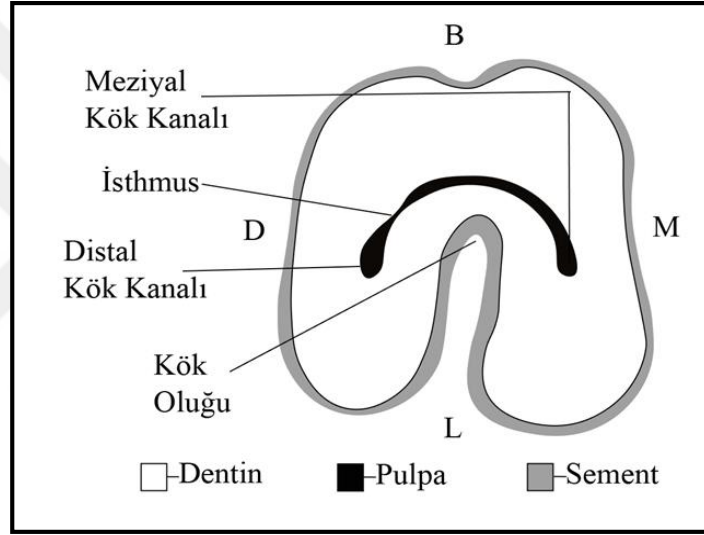
2.1.1. C Şekilli Kök Kanallarının Tarihçesi

Endodonti pratiğinde önemli anatomik varyasyonlardan birisi kök kanal sisteminin C şekilli konfigürasyonudur. Bu yapıdan literatürde ilk kez; 1911 yılında Keith ve Knowles (12) tarafından bahsedildiği görülmektedir. Yazarlar yaptıkları çalışma sırasında gözlemledikleri anatomik çeşitliliği; spesifik bir terminoloji kullanmadan, ayrıntılı olarak betimlemiştir. ‘Oluk şekilli kök’ 1941 yılında Nakayama tarafından bu varyasyon için ilk kullanılan isimdir. Nakayama ve Toda (13) oluk şekilli kök kanal morfolojisi, olası tedavi zorlukları ve teşhis ve tedavi süresince dikkat edilmesi gereken prosedürler üzerinde durmuştur. Kök kanallarının bulunması, temizlenmesi ve şekillendirilmesinin zorluğundan ve perforasyon riskinden bahsetmişlerdir. Tratman (14) 1950 yılında C şeklindeki kök morfolojisinin, Asyalı bireylerde, mandibular ikinci molar dişlerde sıklıkla görüldüğünü belirtmiştir ve bu morfolojiyi ‘at nalının küçültülmüş

formu' olarak adlandırmıştır. Yaklaşık 30 yıl sonra (1979), Cooke ve Cox (15); 'C şekilli kök' ve 'C şekilli kök kanalı' terimlerini endodontik literatüre kazandırmıştır.

2.1.2. C Şekilli Kök Kanal Yapısı

Tipik olarak, bu kanal konfigürasyonu bukkal ya da lingual yönden füzyona sahip dişlerde bulunmaktadır. Kök üzerinde füzyon bölgesinde dar bir oluk bulunabilmektedir. Bu tür dişlerde, genellikle pulpa odasının tabanı derin yerleşimlidir ve alışılmadık anatomik bir görünüme sahiptir (16). Kök kanal sisteminde ayrı kök kanallarını birbirine bağlayan fin veya ağ yapısı bulunmaktadır. Dişlerin aksiyal kesit görüntüsü şerit halinde bir C şekil yapısı (Şekil 2.1) göstermektedir (6, 17, 18).



Şekil 2.1. C şekil konfigürasyonuna sahip bir dişin aksiyal kesit morfolojisi

Pulpa tabanı üzerinde gözlenen C şekil yapısına sahip kanal girişlerinin kökün apikal üçte birine devam edip etmediği belirsizdir (15, 19). Tam bir C şekilli kök kanalında enstrüman meziyalden distale doğru bir engel olmaksızın hareket ettirilebilmektedir. Diğer konfigürasyonlarda C şekil yapısı küçük dentin köprüleri ile kesintiye uğrayabilirken, isthmus alanının altında herhangi bir seviyede yeniden bağlantı oluşabilmektedir. Enstrümantasyon öncesinde iki ayrı kanal girişi olduğu tespit edilen durumlarda da; kök kanalı boyunca bağlantılar olduğu gözlenebilmektedir (20).

2.1.3. C Şekilli Kök Kanallarının Görülme Sıklığı

Bu anatomi beyaz ırkta, Asyalılarda daha yaygındır (21). Mandibular birinci molar (22), maksiller molar (23), mandibular birinci premolar (24) ve maksiller lateral dişlerde (25) ortaya çıkabilmekte, ancak çoğunlukla mandibular ikinci molar dişlerde görülmektedir (17, 22). C şekilli kanal yapısına sahip bir diş ağzın bir tarafında görüldüğünde, bireylerin %70'inde karşıt arka da mevcuttur (26).

Endodontik literatürde C şekilli kök kanal yapısının, mandibular ikinci molar dişlerde görülme sıklığı %2.7 ile %44.5 aralığında bildirilmektedir. Kadınlarla erkekler arasında görülme sıklığı açısından bir fark bulunmadığı belirtilmiştir (27).

C şekilli kök kanal yapısının görülme sıklığı; Kore popülasyonunda yapılan iki çalışmada %44.6 (28) ve %32.7 (29), Çin popülasyonunda %31.5 (30), Lübnan popülasyonunda %19.4 (31), Yunanistan popülasyonunda %5 (32) olarak bildirilmiştir. Türkiye popülasyonunda yapılan çalışmalarda ise mandibular ikinci molar dişlerde bu oran %4,1 (1) ve %8.9 olarak bildirilmiştir (33).

2.1.4. C Şekilli Kök Kanallarının Sınıflandırılması

Melton ve arkadaşları (5) 1991 yılında C şekil yapısını kanalların çapraz kesit görüntülerine göre ilk kez sınıflamıştır.

- Sınıf 1: Pulpa odasından kök ucuna kadar herhangi bir ayırma olmaksızın uzanan sürekli C şekilli kanal yapısı.
- Sınıf 2: Ana kanalın bir mezial kanaldan dentin ile ayrıldığı ve noktalı virgül şeklinde kanal girişinin gözlemlendiği yapı.
- Sınıf 3: İki veya daha fazla ayrı ve bölünmüş şekilde gözlenen yapı.

Subdivizyon 1; Koronal üçlüdeki C şekil yapısı apikale doğru iki veya daha fazla kanala ayrılmakta ve apikalde birleşmektedir.

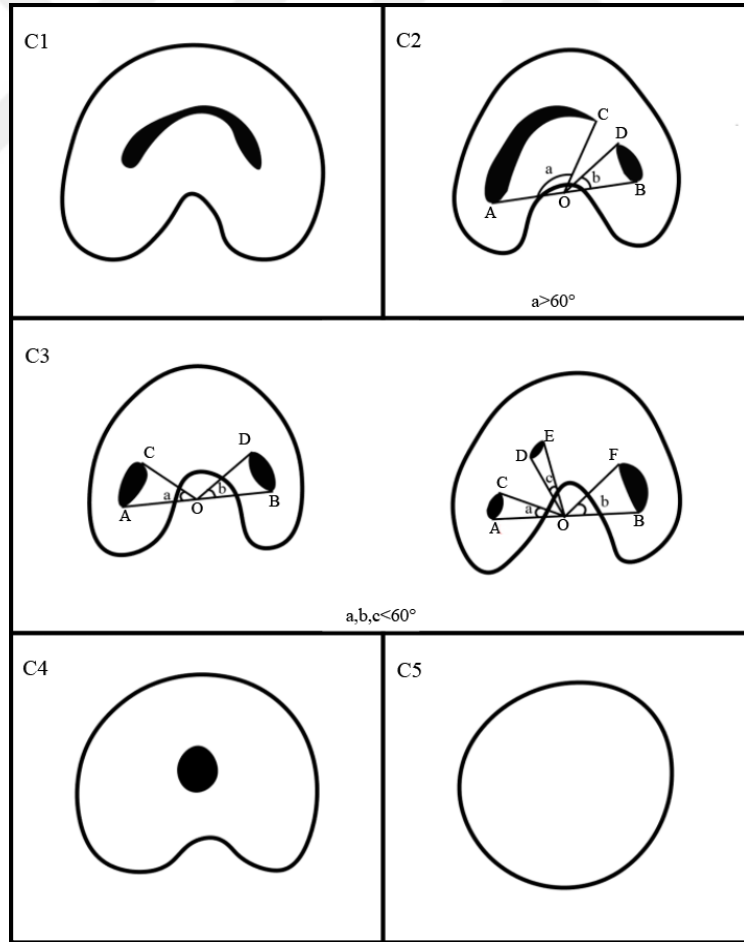
Subdivizyon 2; Koronal üçlüdeki C şekil yapısı kökün ortasından apikale doğru iki veya daha fazla kanala ayrılmakta ve bölünmektedir.

Subdivizyon 3; C şekil yapısı koronal üçlünden apikale doğru iki veya daha fazla kanala ayrılmakta ve bölünmektedir.

Bu sınıflandırmaya göre sınıf 2 ve 3 arasındaki fark belirgin bir şekilde açıklanmamıştır. Ayrıca kök kanalı boyunca C şekil yapısının gösterdiği değişiklikler ayrıntılı olarak ele alınmamıştır (20).

Bu sebepler dolayısıyla güncel çalışmalarda sıklıkla 2004 yılında Fan ve arkadaşlarının (16) önerdiği sınıflandırma (Şekil 2.2) kullanılmaktadır. Fan ve arkadaşlarının Melton ve arkadaşlarının sınıflandırmasını modifiye ederek önerdiği anatomik sınıflandırma aşağıdaki gibidir;

- Sınıf 1: Herhangi bir bölünme ve ayrılma olmaksızın kesintisiz C formu gözlenmektedir (C1).
- Sınıf 2: C formunun kesintiye uğradığı, noktalı virgül formasyonudur. Bu sınıfta ya a ya da b açısı 60° 'den küçük olmamalıdır (C2).
- Sınıf 3: a, b ve c açılarının hepsinin 60° 'den küçük olduğu 2 veya 3 ayrı kanal formu gözlenmektedir (C3).
- Sınıf 4: Çapraz kesitte yalnızca bir dairesel ya da oval kanal formu gözlenmektedir (C4).
- Sınıf 5: Kanal lümeni gözlenmemektedir. Genellikle kök ucu yakınlarında görülmektedir (C5).

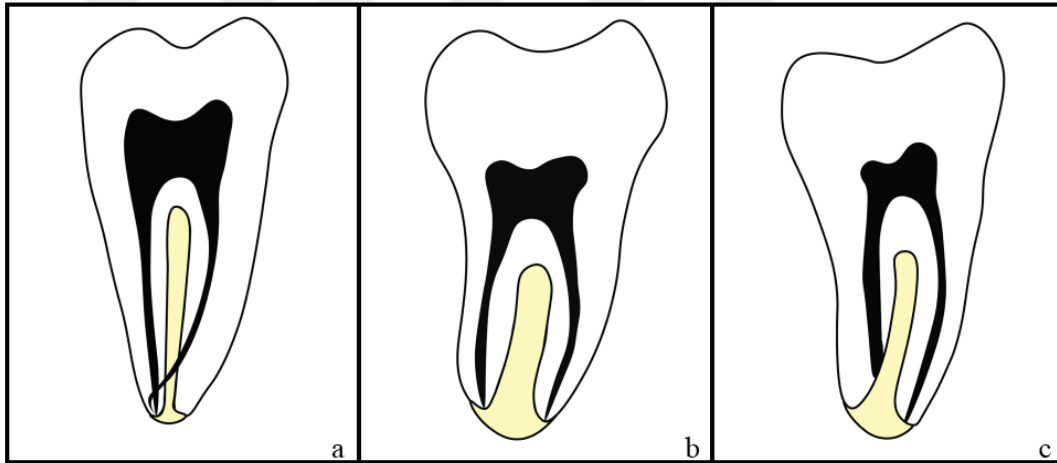


Şekil 2.2. C şekilli kök kanal yapısının sınıflandırılması (Fan ve arkadaşları)

C2, C3: O noktası; AB düzleminin orta noktasıdır. a, b ve c ise ilgili düzlemler arasındaki açıdır.

Fan ve arkadaşlarının (20) önerdiği radyografik sınıflandırma (Şekil 2.3) aşağıdaki gibidir;

- Tip 1: Belirsiz radyolüsent bir çizginin kökü mezial ve distal olarak iki parçaya ayırdığı, kare veya konik şekilli kök yapısı gözlenmektedir. Apikal foramenden çıkmadan önce birleşen mezial ve distal kök kanalları bulunmaktadır (a).
- Tip 2: Belirsiz radyolüsent bir çizginin kökü mezial ve distal olarak iki parçaya ayırdığı, kare veya konik şekilli kök yapısı gözlenmektedir. Her iki kök kanalı apikal foramene kadar birleşmeden devam etmektedir (b).
- Tip 3: Belirsiz radyolüsent bir çizginin kökü mezial ve distal olarak iki parçaya ayırdığı, kare veya konik şekilli kök yapısı gözlenmektedir. Bir kök kanalı apikal foramene kadar devam ederken, diğeri radyolüsent çizgi üzerine süperpoze bir eğim göstermektedir (c).



Şekil 2.3. C şekilli kök kanal yapısının radyografik olarak sınıflandırılması (Fan ve arkadaşları)

2.1.5. C Şekilli Kök Kanallarının Teşhisi

Haddad ve arkadaşları (31) çalışmalarında; C şekilli kanal yapısına sahip dişlerin neredeyse tüm operasyon öncesi radyografilerinin bazı ortak özellikler gösterdiğini belirtmektedir. Çoğu radyografide radiküler füzyon veya köklerde yakınlık, geniş bir distal kanal, dar bir mezial kanal ve bunlar arasında üçüncü kanalın bulanık bir görüntüsü izlenmektedir. C şekil yapısına sahip kanal morfolojisi tedavi sırasında bazı zorluklara neden olabileceği için (34), bu varyasyonun operasyon öncesi farkındalığı prosedürlerin eksiksiz bir şekilde uygulanması açısından oldukça önemlidir. Bu sebeple;

C şekilli kök kanal yapısından şüphelenilen durumlarda, 20° meziyal ya da distalden açıldırılmış ilave radyografiler alınması yarar sağlayabilmektedir (20).

Geleneksel radyografi tekniği günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak üç boyutlu yapıların iki boyuta indirgenmesi hatalı teşhislere ve birtakım varyasyonların gözden kaçmasına neden olabilmektedir (35-37). C şekilli kök kanal yapısına sahip dişlerden alınan radyografiler; genel bir değerlendirme için oldukça faydalı olmalarına rağmen; kök kanalı boyunca gözlenen değişiklikler, bölünme ve birleşmelerle ilgili ayrıntılı bilgi sağlayamamaktadır (20). Üç boyutlu görüntüleme tekniklerinin kullanımı ile geleneksel radyografinin bu tür kısıtlamalarının önüne geçilebilmektedir.

Konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) cihazlarının kullanılmaya başlanması dişler ve çenelerin üç boyutlu bir şekilde görüntülenebilmesine olanak sağlamıştır (38, 39). Endodontik tedavi esnasında, özellikle de varyasyonların gözleendiği durumlarda, kök kanal morfolojileri ve bunların çevre dokular ile komşuluklarının üç boyutlu olarak incelenmesi oldukça önemlidir. Görsellikle ilgili sağlayacağı avantajlar göz önünde bulundurulduğunda, konik ışınli bilgisayarlı tomografinin endodonti alanında sıkça kullanılması gereken bir teşhis aracı olduğu rapor edilmiştir (39, 40).

Cooke ve Cox (15) 1979 yılında C şekil yapısına sahip kanalların klinik olarak tanınmasını belirli kriterlere (pulpa tabanının anatomisi, kanama ve ayrı kanal girişleri bulunduğunda kalıcı ağrı ve hemoraji) dayandırmıştır ve giriş kavitesini değerlendirerek tanıyı doğrulamanın gerektiğini vurgulamıştır. Ancak günümüzde konik ışınli bilgisayarlı tomografi kullanımı ile kök kanal sisteminin üç boyutlu görüntüsü diş yapısına zarar vermeksizin kolayca elde edilebilmektedir (18).

2.2. Üç Boyutlu Modelleme Teknolojisi ile Model Eldesi

Teknolojinin gelişmesiyle 3 boyutu yazıcıların kullanımı yaygın hale gelmiştir. Bu yeni teknoloji hızlı prototipleme olarak anılmaktadır. Bu prototipleme işlemi büyük bir hassasiyetle yapılabilmekte ve üretime mikrometre hatta nanometre boyutunda ince ayrıntılar yansıtılabilmektedir. Birçok farklı materyal ile üretim yapmak mümkündür (41).

Diş hekimliğinde 3 boyutlu model eldesinde KIBT veya mikro-BT ile alınan görüntülerden yararlanılabilmektedir. Akriik rezin materyalden, yüksek çözünürlükte, katman katman üretim süreciyle replika modeller oluşturulabilmektedir. Ayrıca implant cerrahi rehberi, kron-köprü protezleri, çene yüz protezleri üretiminde ve biyomühendislik alanında 3 boyutlu yazıcılarla üretilen modeller kullanılmaktadır. Bu yazıcılarla mum,

plastik ve seramik modeller üretebilmektedir (42, 43). Teşhis ve tedavi için ayrıca demonstrasyon amacıyla tıp ve diş hekimliği alanında 3 boyutlu modellerin kullanımı gittikçe artmaktadır.

Doğal dişlerle yapılan deneysel çalışmalarda homojen gruplar oluşturmak dişlerin anatomik çeşitliliklerinden ötürü güçtür. Dişlerin 3 boyutlu kök kanal yapılarında gözlenen varyasyonlar standardizasyonu zorlaştırmaktadır. Kullanılan dişlerin morfolojisinde, biyomekanik kompozisyonunda, ayrıca kök ve kronun uzunluğunda ve genişliğinde gözlenen değişiklikler yapılacak olan test sonuçlarını etkileyebilmektedir. Bu durumda elde edilen sonuçların bu farklılıklardan kaynak alıp almadığını değerlendirmek mümkün olmayacaktır. Ek olarak çekilmiş dişler ile yapılan çalışmalarda kontamine dişlerin çapraz enfeksiyon potansiyeli, risk ve endişeleri güncel tutmaktadır (41, 44). Ayrıca C şekilli kök kanal yapısına sahip dişlerin görülme sıklığı diğer dişlere oranla daha düşük olduğu için, bu dişlerin istenilen sayıda toplanması zordur. Gerekli örneklem boyutunu oluşturabilmek ve kullanılan dişleri standardize etmek amacıyla 3 boyutlu yazıcı teknolojisiyle üretilecek olan replika modellerin kullanılması güvenilir test sonuçlarının elde edilmesi açısından oldukça önemlidir.

2.3. Kök Kanal Tedavisi ve Dişlerin Üst Restorasyonlarının Tamamlanması

Endodontide başarı; yeterli bir kök kanal anatomisi bilgisi ile dikkatli ve özenli bir çalışmayla mümkündür. Bilgi ve tecrübe rehberliğinde apikal sızdırmazlığın sağlanması kök kanal tedavisinde başarının ilk adımını oluşturmaktadır. Ardından sızdırmaz ve dayanıklı bir üst restorasyon ile koronal kapamanın sağlanması uzun dönem tedavi başarısında oldukça önemlidir. Gillen ve arkadaşları (45) yaptıkları meta analizde; apikal periodontitisli dişlerin iyileşmesinde yeterli bir kök kanal dolgusu ve yeterli bir üst restorasyon yapımının etkilerini karşılaştırmıştır. Çalışmalarının sonucunda iyileşmenin her iki parametreden de önemli ölçüde etkilendiğini ve aralarında anlamlı bir fark bulunmadığını rapor etmişlerdir.

Endodontik tedavi sonrası yapılan restorasyonda amaç; kök ve kron arasındaki ilişkiyi tedavi edilmemiş, sağlıklı dişe benzer hale getirmek, diş yapısını güçlendirmek ve sızdırmaz bir kapama sağlamaktır. Yapılacak restorasyonun seçiminde; öncelikle kalan sağlıklı diş yapısı ayrıca estetik ve fonksiyonel gereksinimler göz önünde bulundurulmaktadır.

C şekilli kök kanal yapısı konfigürasyonu karmaşık bir kanal anatomisi sunar. Bu nedenle başarılı bir kök kanal tedavisi ve yeterli bir üst restorasyon uygulamak için ek bir

çaba gereklidir. Bu durum bahsedilen varyasyona sahip dişlerin tedavisi için pek çok modifiye teknik geliştirilmesine sebep olmuştur (46, 47). Bu vakalarda zorluklar; tanıdan, temizleme ve şekillendirmeye, kök kanal dolgusu ve üst restorasyonun hazırlanmasına kadar karşımıza çıkmaktadır (17).

2.3.1. Rezin Kompozit Restorasyonlar

Rezin kompozitler; yeterli estetik, mekanik özellikleri ve uygulama kolaylığı sebebiyle en sık tercih edilen restorasyon materyali olarak değerlendirilmektedir. Bu sebeple hastalar tarafından benimsenme oranları yüksektir. Metal içermedikleri için galvanik akıma neden olmazlar (48). Rezin kompozit ile restorasyon sonrası dişlerin kırılma dayanımı önemli ölçüde artmaktadır (49). Dolgu materyalinde meydana gelen bir kırılma sonrasında kolayca tamir edilme olanakları vardır (48). Dişte çok fazla madde kaybı yoksa giriş kavitesinden faydalanarak, rezin kompozit restorasyon yapılmasının daha konservatif olduğu düşünülmektedir (10, 50-52).

Bu gibi vakalar sıklıkla; küçük bir çürük lezyonu ya da küçük bir restorasyon ile ilişkili veya restorasyon olmamasına rağmen kök kanal tedavisi ihtiyacı bulunan durumlarda karşımıza çıkmaktadır. Güncel endodontik tedavi yaklaşımlarında; konservatif giriş kavitesi dizaynı ve pulpa odasının minimal genişletilmesi dişlerin dayanıklılık kaybını azaltmaktadır. Böyle durumlarda yazarlar uygun bir adeziv sistem ile rezin kompozit restorasyonların kullanımını önermektedir (49, 53, 54).

2.3.2. Post-Kor Restorasyonlar

Genel klinik yaklaşımda endodontik tedavi görmüş ve yetersiz koronal sert dokuya sahip dişlerin dayanıklılığını artırmak ve tutuculuğunu desteklemek amacıyla, kök kanalından destek alan post-kor sistemler ile restore edilmesi tercih edilmektedir (55). Çürüğün uzaklaştırılması, giriş kavitesinin hazırlanması, kök kanalının temizlenmesi ve şekillendirilmesi süreçleri dişten ciddi bir madde kaybı oluşmasına sebep olmaktadır. Bu madde kaybı dişlerin direncini azaltmaktadır. Yapılan bir çalışmada; endodontik prosedürlerin dişin direncinde %5, oklüzal kavite preparasyonunun %20, MOD kavite preparasyonunun ise %63 azalmaya sebep olduğunu belirtmektedir (56). Ayrıca kalan sağlam duvar sayısıyla kırılma dayanımının doğrudan ilişkili olduğu belirtilmektedir. Sağlam bir dişte 1 marjinal sırtın uzaklaştırılmasının %46, 2 marjinal sırtın uzaklaştırılmasının ise %63 oranında rijidite kaybına sebep olduğu rapor

edilmiştir. Bu yüzden rezidüel koronal diş yapısı restoratif materyal ve teknik seçiminde belirleyici faktördür (57).

Postların koronal üst yapıyı taşıyacak olan kor sistemine retansiyon ve tutuculuk sağlaması ve diş yapısını mekanik olarak destekleyerek kırılma direncini artırması gerekmektedir. Ayrıca kökte gerilim oluşturmaması, diş dokusuyla uyumlu ve estetik olması beklenmektedir (58).

Post sistemlerinin çeşitli sınıflandırmaları mevcuttur ve bunlardan bir tanesi şu şekildedir (59):

1. Metal postlar
 - a. Geleneksel döküm postlar
 - b. Prefabrik postlar
 - i. Pasif konik postlar
 - ii. Pasif paralel postlar
 - iii. Aktif postlar
2. Metal olmayan postlar
 - a. Seramik postlar
 - b. Fiber postlar

Postların stresleri dağıtması ve tutuculuğu; yapıldığı materyale, uzunluğuna, şekline, çapına ve yüzey yapısına bağlıdır. Post uygulamalarında bu etmenler göz önünde bulundurularak uygun ürün ve sistemin seçilmesi tedavinin en önemli safhasıdır. Post kanalın şekil ve boyutuna uygun olarak seçilirse hem kuvvetlerin dengeli bir şekilde dağıtılabileceği, hem de daha az dentin uzaklaştırılacağı için kökün direncinin artacağı belirtilmiştir. Ayrıca kanal ve postun uyumlu olması postun tutuculuğunu da olumlu yönde etkilemektedir (60).

Prefabrike post sistemleri pratik olmalarından dolayı günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu postlar hem kısa sürede uygulanabilmektedir hem de ekonomiktir (61).

Metal postlar fiziksel olarak güçlüdür, nispeten düşük sertlikleri vardır. Metal post tercih edilen uygulamalarda ülkemizde genellikle baz metal alaşımlar kullanılmaktadır. Ancak baz metal alaşımların korozyona karşı eğilimi, elastisite modüllerinin yüksek olması ve döküm hassasiyetlerinin yeterli olmaması gibi dezavantajları vardır. Yüksek elastisite modülüne sahip metaller, yük altında esneme göstermezler. Bu durum köke daha fazla kuvvet iletimine ve kök kırıklarına neden olmaktadır (62).

Metal postlar, diş rengineki üst restorasyonların ışık geçişini engellemektedir. Bu durum özellikle ön diş restorasyonlarında estetik problemler oluşturmaktadır. Ayrıca metalin korozyon ürünleri dişlerde renklenmelere sebep olabilmektedir. Estetik ve fonksiyonel arayışların devam etmesi 1990'lı yılların başlarında piyasaya sürülen fiber postları gündeme getirmiştir.

2.3.3. Fiber Postlar

Metal postların hem mekanik hem de estetik olarak oluşturduğu dezavantajlar, daha estetik ve biyomekanik özellikleri dental dokularla daha uyumlu materyallerin geliştirilmesi ihtiyacını doğurmuştur (63). Diş rengineki postlara gösterilen talebin artması sonucu, konvansiyonel metal postlar yerini metal olmayan postlara bırakmıştır (61). Fiber postlar ilk kez 1990 yılında Duret tarafından tanıtılmıştır (61). Fiber postların kullanılmaya başlanmasıyla metal postlara güvenilir bir alternatif sağlanmıştır. Literatürde bu postların yüksek performanslarının, fiber filamentleriyle güçlendirilmesinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Çapları 6 ile 15 µm arasında değişen filamentler, postun uzun aksına paralel olarak yerleştirilmektedir. Fiber filamentleri ile matris arasında bağlayıcı ajan olarak silan kullanılmaktadır. Matris içerisindeki fiber oranı yaklaşık olarak %35-65 arasındadır (64-66). Fiber filamentlerinin polimer matriks içine gömülmesinin güç, kırılma direnci, sertlik ve dayanıklılıkta belirgin bir artış sağladığı rapor edilmiştir. Fiber filamentlerinin post boyunca uzanması sayesinde postun, dentinin mekanik davranışına benzer özellik gösterdiği vurgulanmaktadır. Fiber postların esas avantajları metal postlardan daha esnek olmaları ve dentin ile yaklaşık olarak aynı elastikiyet modülüne sahip olmaları olarak belirtilmektedir. Fiber postların karşılanan kuvvetleri azaltarak dentin duvarlarına iletmediği bildirilmiştir (67). Bu durumun kökte stres odaklarının ve kök kırıklarının oluşmasını engellediği belirtilmektedir (68-70). Fiber postlar korozyona uğramazlar (62, 71-73). Son yıllarda hem estetik gereksinimler sebebiyle hem de polimerizasyonun tam olarak sağlanabilmesi için translusent fiber postlar yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (71, 74, 75).

Vertikal yerleşimli kök içi postların tüm klinik başarisına rağmen, bu sistemin bir dezavantajı; postun kök kanalına yerleştirilmesi sürecinde bir miktar sağlam sert doku uzaklaştırılmasıdır (76). Bu durum diş dokusunun zayıflatılmasına sebep olabilmekte ayrıca perforasyon oluşumu gibi bazı prosedürel hatalara zemin hazırlamaktadır (77). Özellikle kök morfolojisinin uygun olmadığı durumlarda ya da geniş olmayan kök kanallarında bu problemle daha sık karşılaşılmaktadır. Post yuvası hazırlanması; kök

kanal tedavisi uygulanmış dişlerin biyomekanik özelliklerini değiştirmektedir. Son yıllarda yapılmış güncel çalışmalarda postların dişin kırılma dayanımına olumsuz etkisi üzerinde durulmaktadır (10, 78). Birçok yazar diş yapısını zayıflatması ve perforasyon riski oluşturması gibi olumsuz özellikleri sebebiyle kök kanalına post yerleştirilmesini desteklemezken (79, 80); bazı yazarlar doğru seçilmiş vakalarda postların güçlendirici bir etkiyle değil, retantif bir eleman olarak kullanılmasını önermektedir (78, 81). Bu görüşler farklı sistem arayışlarının devam etmesine sebep olmaktadır.

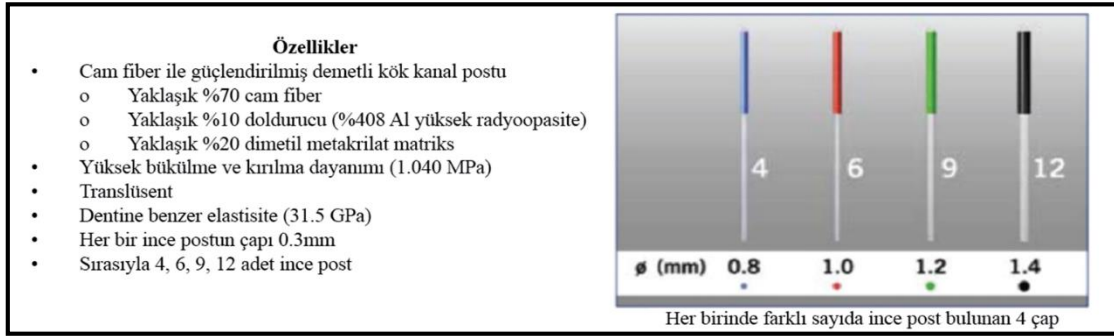
Fiber postlar rutin klinik uygulamalarda, kök kanalına vertikal olarak yerleştirilmektedir. Endodontik literatürde molar ve premolar dişlere, fiber postların horizontal olarak yerleştirildiği çalışmalar da bulunmaktadır (57, 82). Fiber post; dişin sağlam olan bukkal ve palatinal tüberkülleri arasına horizontal olarak yerleştirilmektedir. Bu çalışmalarda; MOD kavitelere horizonral yerleşimli fiber postların, dişin kırılma dayanımı üzerine olumlu etkileri vurgulanmaktadır. Bromberg ve arkadaşları (57) yaptıkları çalışmada bu tekniğin; endodontik tedavi uygulanmış dişlerin direncini artırdığını, başarılı estetik sonuçlar sağladığını, uygulanmasının kolay ve hesaplı olduğunu belirtmektedir.

2.3.4. Demetli Fiber Postlar

Fiber postların olumlu özelliklerine rağmen çeşitli durumlar klinik kullanımlarını sınırlayabilmekte ya da prosedürlerin uygulanması sırasında birtakım problemler ortaya çıkabilmektedir. Bu durum genellikle aşırı eğimli kök kanalları, oval ya da C şekilli kök kanal yapısı gibi atipik anatomilerde karşımıza çıkmaktadır. Bu anomaliler postun uygulanması sırasında ince kalan kök bölgelerinde perforasyon riskini artırmaktadır (21). Ayrıca uygun post çapının seçilmesi zorlaşmaktadır. Bu durum ilave madde kaybıyla ya da post tutuculuğunun azalmasıyla sonuçlanabilmektedir (20).

Demetli fiber postlar (Rebilda GT, VOCO, Cuxhaven, Almanya) 2016 yılında piyasaya sürülmüştür. Farklı sayıda 0.3 mm çapta, cam fiberle güçlendirilmiş kompozit post; lastik bir şeritle bir arada tutulmaktadır. Uygulama esnasında şerit uzaklaştırılır ve ince postlar kök kanalına istenilen şekilde dağıtılır. Post çapına göre içerdiği 0,3 mm'lik ince post sayısı değişmektedir. Bu ince postlar; atipik, oval ya da geniş kök kanallarına dağılabilmektedir. İnce postların kök kanallarına dağılması sayesinde elde edilen homojen kuvvetin dişin kırılma dayanımı üzerinde avantaj sağladığı, ayrıca postu uyumlandırmak için ilave preparasyon ihtiyacının ortadan kalkacağı belirtilmektedir.

Aşağıdaki şekilde (Şekil 2.4) farklı çaplara sahip demetli fiber postların özellikleri gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Demetli fiber post materyalinin özellikleri

2.3.5. Örgü Fiber Postlar

Üst restorasyon uygulamalarında cam, kuartz, polietilen veya karbon fiberler kullanılarak, polimerik veya rezin matrisler güçlendirilmektedir. Resin matris epoksi resin veya metakrilat rezinden oluşmaktadır (83). Bu sistemlerin fiziksel özellikleri fiber filamentlerin tiplerinden, şekil ve dizilimlerinden etkilenmektedir. Filamentler matris içerisine değişik konfigürasyonlarda dizilmektedir. Bunlar tek yönlü ve çok yönlü dizilime sahip fiberler olarak iki ana gruba ayrılmaktadır (84). Tek yönlü fiberler genellikle fiber post yapımında kullanılmaktadır. Çok yönlü fiberler; farklı doğrultularda bir araya gelmiş tek yönlü fiberlerden veya örgü şeklinde bir araya getirilmiş şerit ya da dalgalı yapıdaki fiberlerden üretilmektedir. Çok yönlü fiberler genellikle fiber şeritleri şeklindedir ve klinikte splint yapımı, adeziv köprü yapımı veya post yapımında kullanılmaktadır. Literatürde ağ örgü yapısının kompozit resinin kırılma direncini arttırdığı belirtilmektedir (85). Oskoe ve arkadaşları (86) kaviteğin farklı bölgelerine yerleştirdikleri ağ örgü yapısındaki fiberlerin, dişlerin kırılma direncini farklı oranlarda artırdığını ve hiç fiber yerleştirilmeyen grupta en düşük değerin gözlemlendiğini bildirmiştir.

Literatürde cam fiberlerin estetik avantajlarıyla birlikte yüksek mekanik özelliklerinin de bulunmasının; hızlı, konservatif, sağlam ve düşük maliyetli restorasyonların yapılmasına olanak tanıdığı bildirilmektedir (86, 87). Örgü fiberlerin iç içe geçmiş cam fiber ile doyurulmuş ışıkla sertleşen resin kompozit yapısı; bu sistemlere esnek fakat dayanıklı bir iskelet sağlamaktadır.

Bijelic ve arkadaşları (87) yaptıkları çalışmada elastisiteleri dentine benzediği ve okluzal stresleri köke dengeli bir şekilde ilettikleri için kırık riskini azalttıklarını belirtmektedir. Ayrıca cam fiber yapıdaki örgü postların kompozitlerle birlikte üst

restorasyon yapımında kullanılması tedavi süresini ve seans sayısını kısaltmakta, konvansiyonel postlara kıyasla daha az doku kaybına sebep olmaktadır. Kullanılacak postun seçiminde kalan diş sert dokusu ve post boşluğunun anatomik yapısı belirleyici rol oynadığından, örgü fiber postlar anatomik varyasyonlarda önemli bir endikasyon alanı bulmaktadır.

2.3.6. Endokronlar

Adeziv restorasyonların gelişmesi ve dentin adezivlerinin kullanımının yaygınlaşmasıyla, yeterli yüzey alanının bulunması halinde makroretantif elemanlara ihtiyaç ortadan kalkmıştır. Bu sayede fazla sert doku kaybı olan durumlarda kök kanalına yerleştirilen postlar bir zorunluluk olmaktan çıkmış, daha fazla sert doku korunmasını sağlayan bir teknik olan endokron restorasyonlar tartışılmaya başlanmıştır. Endodontik tedavi görmüş dişlerin restorasyonu için alternatif bir yaklaşım olan endokron tekniği ilk kez 1995 yılında, Pissis (88) tarafından ‘mono-blok porselen teknik’ olarak diş hekimliğine kazandırılmıştır. Bindl ve Mormann (89) endodontik kronları, 1999 yılında adeziv endodontik kronlar olarak tanımlamıştır.

Endokron restorasyonlar kök içi post, kor ve kronu bir bileşende toplamakta (80, 90) ve monoblok bir yapı oluşturmaktadır (91). Kök içi postlardan farklı olarak, endokron restorasyonlar pulpal duvarlardan ve kavite kenarlarından destek almaktadır. Böylece pulpal duvarlar tarafından makromekanik, adeziv simantasyon tarafından ise mikromekanik retansiyon sağlanmaktadır (89, 92, 93). Endokron restorasyonlar kısa klinik krona sahip dişlerde ayrıca kalsifiye, kurvatürlü, kısa veya zayıf kök kanallarında post uygulanmasının zor olduğu durumlarda kullanılabilir (78). Ek olarak, endokronlar diğer birçok konvansiyonel tekniğe kıyasla daha düşük miktarda sağlam doku uzaklaştırılmasına ihtiyaç duyan minimal invaziv bir tekniktir. Kısa hasta başı çalışma süresi gerekliliği ile tek seans uygulamaları mümkündür. İyi estetik ve mekanik özelliklere sahiptir. Çalışmalarda diş-restorasyon ara yüzüne iletilen çiğneme kuvvetinin, endokron ile restore edilen diş yüzeyi boyunca dengeli olarak dağıtıldığı bildirilmektedir (78, 94). Seçilen materyalin türü, endokronların performansı üzerinde etkili olmaktadır. Monoblok yapı olarak rezin kompozit kullanılan durumlarda dental yapılara benzer biyomekanik özellikler gösterirken, seramik kullanılan durumlarda daha rijit bir hal almaktadır (95). Forberger ve Gohring (96) yaptıkları bir çalışmada endokronların seramik bazlı, altın veya cam fiber postlarla benzer kırılma dayanımı gösterdiğini belirtmiştir. Biacchi ve arkadaşları (81) ile Guo ve arkadaşları (94) yaptıkları

çalışmalarda endokronların cam fiber postlar kullanılarak oluşturulan kontrol gruplarından daha yüksek kırılma dayanımı gösterdiğini bildirmiştir. Literatürde endokron restorasyonları diğer tekniklerle kıyaslayan bir çok çalışma bulunmasına rağmen (57, 77, 97, 98), kök kanal tedavisi uygulanmış dişlere yapılacak ideal üst restorasyon tekniği ve materyali ile ilgili henüz bir anlaşmaya varılamamıştır.

2.4. Mekanik Testler

Mekanik testler, ağız ortamındaki kuvvetlere benzer kuvvetler üreterek dişlerin ve materyallerin mekanik özelliklerini değerlendiren sistemlerdir. Endodontik tedavi prosedürleri ve kavite preparasyonu sürecinde oluşan sert doku kaybı, dişlerin bütünlüğünü bozmakta ve dişlerde direnç kaybı oluşturmaktadır (56, 99). Pulpa tavanının uzaklaştırılması dişin fonksiyon altında daha fazla kırılmasına neden olmaktadır (100). Bu yüzden bu dişlere yapılacak olan farklı üst restorasyonların mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

Mekanik testlerle materyalin sertliği ve kırılma dayanımı ölçülebilmektedir (80, 101). Bu testlerde kuvvet uygulanacak materyalin pozisyonu, kuvvet uygulanma yeri, kuvvetin yönü, hızı ve yumuşak doku desteğinin simülasyonu önem taşımaktadır. Kuvvet uygulanma yeri ve yönü güvenilir bir sonuç elde etmek için iki önemli faktördür. Dişin anatomisine ve ark üzerindeki konumuna göre farklılık göstermekte ve kırılma tipine etki etmektedir. Stres yoğunluğu, diş ya da materyal üzerinde kuvvetin uygulandığı noktada daha fazladır (102).

Endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma dayanımı ile ilgili yapılmış birçok araştırma mevcuttur (75, 103, 104). Bu araştırmalarda örneklere ağız ortamındaki kuvvetleri taklit edecek şekilde, kırılma gözlenene kadar kuvvet uygulanmıştır. Örneklerin kırıldıkları kuvvet değeri, kırılma yeri, yönü ve tipi değerlendirilmiştir. Bu testler için universal test cihazı kullanılmaktadır (102). Bu amaçla dinamik ve statik testler uygulanabilmektedir. Dinamik testler materyalin fonksiyon esnasındaki performansını değerlendirmek için kullanılmaktadır (105). Statik kuvvet uygulanması çalışmayı sadeleştirerek sonuca ulaşmayı kolaylaştırmaktadır. Sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Fakat bu testlerin hiçbiri ağızda oluşan kuvvetleri birebir taklit edememektedir. Çünkü ağızda çiğneme esnasında farklı yönlerde oluşan stresler farklı kuvvet bileşenlerinden oluşmaktadır (70, 73, 102).

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışma için 07.11.2017 tarihinde T.C. İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu, Sağlık Bilimleri Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır. Karar sayısı 2017/24-16 olup, etik kurul onayı Ek 1'de sunulmuştur.

3.1. Çalışmada Kullanılacak Diş Modellerinin Oluşturulması ve 3 Boyutlu Olarak Üretilmesi

İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Oral Diagnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı'nda; Ocak 2015 ve Aralık 2017 tarihleri arasında, teşhis ve tedavi amacıyla alınmış KIBT (NewTom 5G, QR Verona, İtalya) görüntüleri incelenerek C şekilli kök kanal morfolojisine sahip olan 48 adet molar diş tespit edildi. Fan ve arkadaşlarının (16) sınıflandırmasına göre sınıf 1 (bölünme ve ayrılma olmaksızın kesintisiz C şekli) konfigürasyona sahip, olgun, çürüksüz ve herhangi bir restorasyonu olmayan bir adet mandibular ikinci molar diş çalışmada kullanılmak üzere seçildi.

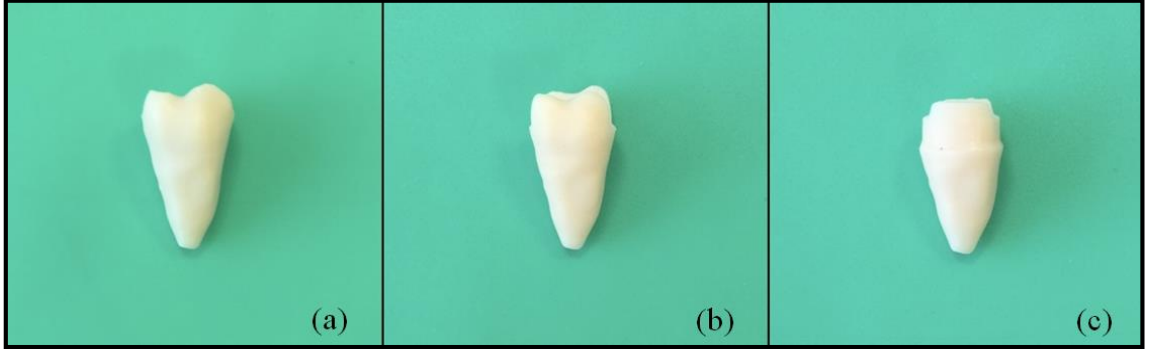
Alt ve üst çeneyi de kapsayan DICOM formatındaki dosyada ilgili diş 3 boyutlu olarak rekonstrükte edilerek .stl formatına getirildi. Rekonstrüksiyon sonrası oluşan düzensizlikler giderildi. Elde edilen 3 boyutlu model üzerinde standardizasyon sağlamak amacıyla dijital ortamda MOD kavite preparasyonu yapıldı.

MOD kavite preparasyonunda okluzal kavite genişliği 5 mm, aksiyal duvar açısı 6° olarak belirlendi. Aproksimal bölgede kaviteler mine-şement sınırının koronalinde konumlandırıldı. Pulpa tavanı kaldırıldı ve pulpa odası duvarları 6° diverjan tasarlandı. Endokron modeli için basamak preparasyonu çevresel olarak 1.5 mm genişliğinde hazırlandı. Tüberkül tepelerinden 1.5 mm redüksiyon yapıldı (53). Pulpa tavanı kaldırıldı ve pulpa odası derinliği 5 mm olarak belirlendi (106). Tüm modeller için kavite yüzey açısı yaklaşık 90° olacak şekilde oluşturulduktan sonra köşeler yumuşatıldı.

Yapılan power analizinde $\alpha=0.05$ $1-\beta(\text{güç})=0.80$ alındığında gruplardaki kırılma dayanımındaki ortalama farklılığın 82 birim olması için, her bir gruptan en az 11'er örnek olması gerektiği hesaplandı. Kontrol grubu 10, diğer gruplarda 11'er örnek olmak üzere toplam 76 numune kullanıldı.

Son haline getirilen dosyadan, Voksel Şirketi'nde (Voksel Mühendislik ve Hızlı İmalat Teknolojileri, İstanbul, Türkiye), 50 μm çözünürlükte; 10 adet bütünlüğü

bozulmamış, 55 adet MOD kavite preparasyonu yapılmış ve 11 adet endokron kavite preparasyonu yapılmış model üretildi.



Şekil 3.1. (a) Bütünlüğü bozulmamış, (b) MOD kavite preparasyonu ve (c) endokron kavite preparasyonu yapılmış modeller

Model üretiminde; envisionTEC VIDA (Ultra 3S, Family, Prefactory Family, Almanya) 3 boyutlu yazıcı (Şekil 3.2) ve yeterli çözünürlükte üretimi yapılabilecek materyaller arasında dayanıklılığı dentine en yakın materyal olan envisionTEC E-Model light (envisionTEC, Almanya) tercih edildi. Materyal özellikleri Tablo3.1’de gösterilmektedir.

Tablo 3.1. Model üretiminde kullanılan materyal özellikleri

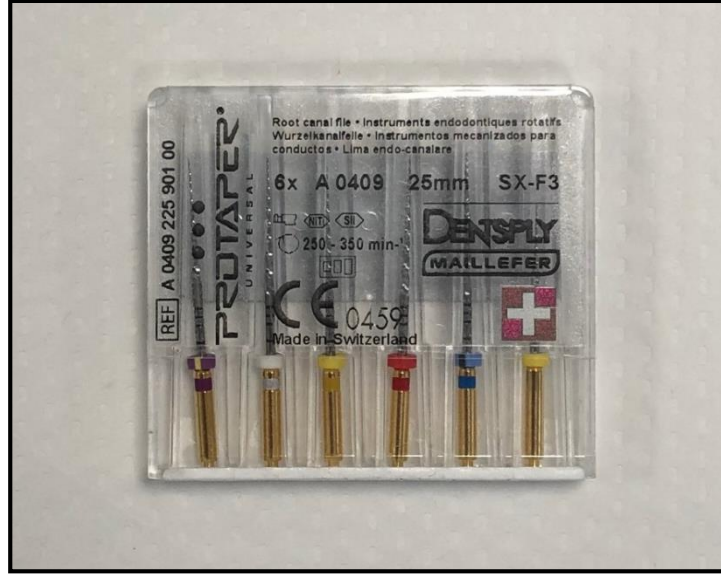
EnvisionTEC E-Model Light Fiziksel Özellikleri	
Parametre	Değer
Gerilme Direnci	55 MPa
Young Modülü	2200 MPa
Bükülme Direnci	90 MPa
Bükülme Modülü	2540 MPa
Sertliği	83 D



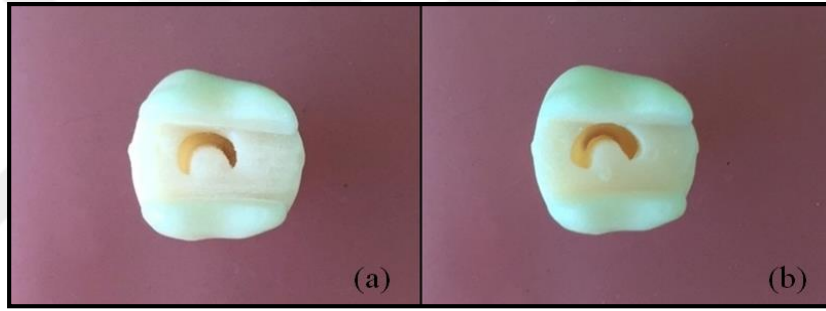
Şekil 3.2. EnvisionTEC VIDA 3 boyutlu yazıcı

3.2. Modellerin Kök Kanallarının Şekillendirilmesi ve Dolgusu

Giriş kavitesi hazırlanmış, 20 mm uzunluğundaki diş modellerinde ISO #10 K tipi eğenin (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) apikalden çıkışı izlenerek, apikal foramenden 1mm kısa olacak şekilde çalışma boyu belirlendi. Kök kanal şekillendirmesi için A-dec 500 ünit üstüne entegre endomotora (A-dec, Newberg, Oregon 97132, ABD) takılan ProTaper Universal döner ege sistemi (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre; Şekil 3.3) ve el eğelerinin kombinasyonu kullanıldı (107). Sırasıyla #10, #15 K tipi el eğeleri saat kurma hareketi ve SX eğesi pasif olarak fırçalama hareketi ile kullanıldı. Ardından sırasıyla S1 ve S2 eğeleri çalışma boyunda fırçalama hareketi; F1, F2 ve F3 eğeleri ise çalışma boyunda ileri geri hareketlerle kullanıldı. Kök kanal şekillendirmesi C şekilli kanal yapısının tüm duvarlarına temas edecek şekilde çevresel olarak tamamlandı (Şekil 3.4). Tüm eğeler; üretici firmanın önerdiği tork (SX; 3-4 NCm, S1; 2-3NCm, S2; 1-1.5 NCm, F1; 1,5-2 NCm, F2 ve F3; 2-3 Ncm) ve hız (250 rpm) değerlerinde kullanıldı. Her ege değişiminde 2 ml distile su ile irrigasyon yapıldı. Kök kanalları 25, 30, 35'lik kâğıt konlar ile kurutuldu.



Şekil 3.3. ProTaper Universal (Dentsply Maillefer, Ballaigues, İsviçre) döner eğe sistemi



Şekil 3.4. (a) Kök kanal şekillendirmesi yapılmamış ve (b) kök kanal şekillendirmesi tamamlanmış modeller

Kök kanal dolgusu 0.02 koniklik açısına sahip güta-perka (DiaDent, Almere, Hollanda) ve rezin esaslı AH Plus kök kanal patı (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya; Şekil 3.5) kullanılarak soğuk lateral kompaksiyon tekniği ile yapıldı. Bu yöntem iki adet 30 numaralı ana konun pata bulunarak C kanalın mezial ve distaline yerleştirilmesi, ardından yardımcı konlar ile çalışma boyunun 1 mm gerisinde kompaksiyon işleminin yapılması ile uygulandı. Kompaksiyon işlemi her model için mezialden distale doğru yapıldı ve uygulamaya spreader, koronal 1-2 mm derinlikten ileriye gitmeye kadar devam edildi.



Şekil 3.5. AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya) kök kanal patı

Modeller rastgele 7 gruba (Şekil 3.6) ayrıldı (n=11):

Grup 1 (İntakt Model): Herhangi bir girişim yapılmadı (Şekil 3.6.1).

Grup 2 (Kompozit Restorasyon): Giriş kavitesi rezin kompozit ile restore edildi (Şekil 3.6.2).

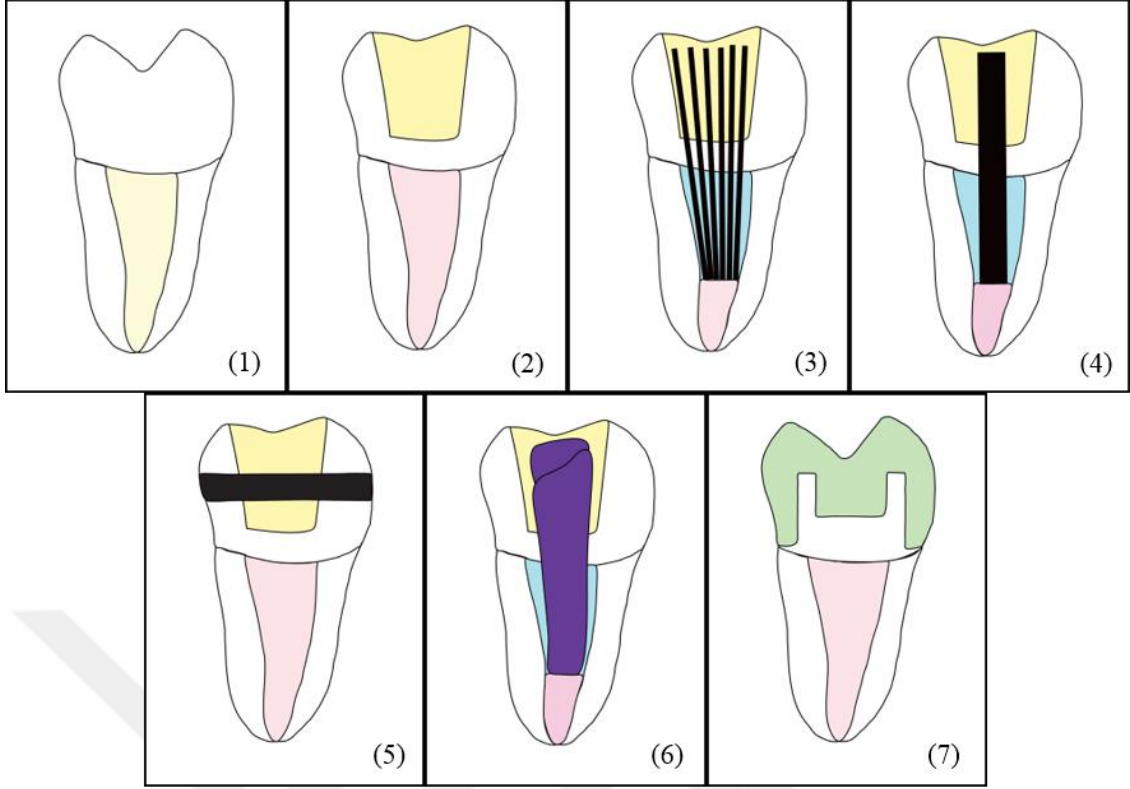
Grup 3 (Demetli Fiber Post): Giriş kavitesi demetli fiber post ve rezin kompozit ile restore edildi (Şekil 3.6.3).

Grup 4 (Vertikal Fiber Post): Giriş kavitesi vertikal yerleşimli fiber post ve rezin kompozit ile restore edildi (Şekil 3.6.4).

Grup 5 (Horizontal Fiber Post): Giriş kavitesi horizontal yerleşimli fiber post ve rezin kompozit ile restore edildi (Şekil 3.6.5).

Grup 6 (Örgü Fiber Post): Giriş kavitesi örgü fiber post ve rezin kompozit ile restore edildi (Şekil 3.6.6).

Grup 7 (Endokron): Giriş kavitesi kompozit endokron ile restore edildi (Şekil 3.6.7).



Şekil 3.6. Deney gruplarının şematik gösterimi

Farklı materyaller farklı renklerle gösterilmiştir. Bej: Preparasyon yapılmamış kök kanalı, Pembe: Güta-perka, Koyu Mavi: Akışkan kompozit, Sarı: Resin Kompozit, Siyah: Fiber Post, Mor: Örgü Fiber Post, Yeşil: Kompozit Endokron

3.3. Modellerin Üst Restorasyonlarının Yapılması

3.3.1. İntakt Model (Grup 1)

Kontrol grubu: Diş yapısının bütünlüğü bozulmadı, dişe herhangi bir işlem uygulanmadı.

3.3.2. Resin Kompozit ile Restorasyon (Grup 2)

Bu gruptaki modellerde (Şekil 3.7) koronal 2 mm'lik güta-perka uzaklaştırıldı ve oluşan boşluk Grandio Flow (VOCO, Cuxhaven, Almanya) akışkan kompozit (Şekil 3.8) ile dolduruldu. Kanal girişi seviyesine kadar akışkan kompozit uygulanan modellerin üst restorasyonları Admira Fusion (VOCO, Cuxhaven, Almanya; Şekil 3.9) posterior resin kompozit kullanılarak yapıldı. Resin kompozit inkramental teknik ile uygulandı.



Şekil 3.7. Admira Fusion posterior rezin kompozit uygulanmış model



Şekil 3.8. Grandio Flow (VOCO, Cuxhaven, Almanya) akışkan kompozit



Şekil 3.9. Admira Fusion (VOCO, Cuxhaven, Almanya) posterior rezin kompozit

3.3.3. Demetli Fiber Post ve Rezin Kompozit ile Restorasyon (Grup 3)

Kök kanal dolgusunun apikal 5 mm'lik kısmı korunacak şekilde, gates glidden frezler kullanarak koronal dolgu uzaklaştırıldı. Distile su ile kök kanalları yıkandı ve artıklar temizlendi. Yirmi mm boyunda, 6 adet prefabrike posttan oluşan Rebilda GT postun (VOCO, Cuxhaven, Almanya) kök kanalı ile uyumu kontrol edildi (Şekil 3.10). Kök kanalı ve postlar alkol ile temizlendi ve kurulandı. Postlara 60 saniye süreyle seramik bond (VOCO, Cuxhaven, Almanya; Şekil 3.11) uygulanmasının ardından hava spreyi ile kurutuldu.



Şekil 3.10. Rebilda GT (VOCO, Cuxhaven, Almanya) demetli fiber post



Şekil 3.11. Seramik Bond (VOCO, Cuxhaven, Almanya)

Üreticinin talimatlarına uygun şekilde adeziv olarak Futurabond U (VOCO, Cuxhaven, Almanya; Şekil 3.12), rezin kompozit ve kor materyali olarak ise Rebilda DC (VOCO, Cuxhaven, Almanya; Şekil 3.13) kullanıldı. Futurabond U model dişlerde, Rebilda DC ağız içi uçlarıyla doğrudan kök kanallarının içine ve ayrıca post üzerine

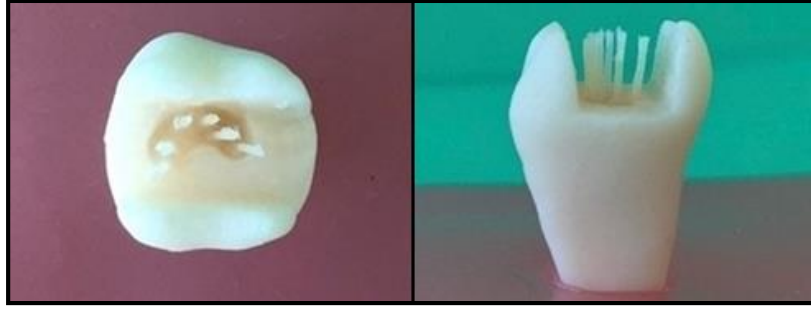
uygulandı. Postlar kök kanalına yerleştirildikten sonra 6 adet ince bireysel postu bir arada tutan lastik şerit presel yardımıyla uzaklaştırıldı. Postlar kök kanalının C formuna uyumlu şekilde eşit aralıklarla konumlandırıldı. Oklüzal yüzeyden 40 saniye polimerizasyon sağlandıktan sonra aeratör ile elmas fissür frez kullanılarak postun uzun kısımları uzaklaştırıldı (Şekil 3.14). Rebuilda DC rezin siman ile kor yapı oluşturuldu ve Admira Fusion posterior kompozit kullanılarak inkramental teknik ile üst restorasyonlar tamamlandı.



Şekil 3.12. Futurabond U (VOCO, Cuxhaven, Almanya) adeziv sistem



Şekil 3.13. Rebuilda DC (VOCO Cuxhaven, Almanya) dual sertleşen rezin siman



Şekil 3.14. Rebilda GT demetli fiber post uygulanmış model

3.3.4. Vertikal Yerleşimli Fiber Post ve Rezin Kompozit ile Restorasyon (Grup 4)

Apikalde 5 mm kök kanal dolgusu kalacak şekilde; post sisteminin frezi ile koronaldeki gütaperka uzaklaştırıldı. Kök kanalı distile su ile yıkandı ve kâğıt konular ile kurulandı. Rebilda post (VOCO, Cuxhaven, Almanya; Şekil 3.15) uyumu kontrol edildikten sonra alkol ile temizlendi. Kök kanalına merkezi olarak yerleştirilen 1 mm koronal çapa sahip postun simantasyonu, Futurabond U adeziv sistem ve Rebilda DC rezin siman kullanılarak; firmanın talimatları doğrultusunda (grup 4'te anlatıldığı gibi) gerçekleştirildi (Şekil 3.16). Üst restorasyonlar inkremental teknik ile tamamlandı.



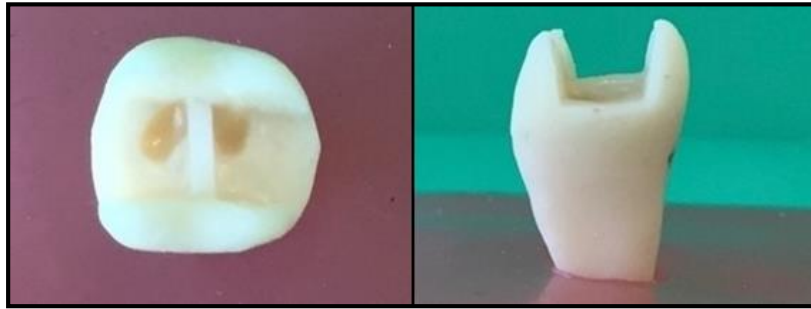
Şekil 3.15. Rebilda (VOCO, Cuxhaven, Almanya) cam fiber ile güçlendirilmiş post



Şekil 3.16. Vertikal fiber post uygulanmış model

3.3.5. Horizontal Yerleşimli Fiber Post ve Rezin Kompozit ile Restorasyon (Grup 5)

Model dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerinde, kronun meziyo-distal ve oklüzoservikal mesafesinin orta noktası belirlendi. Bu noktalardan aeratör ve 1 mm çapa sahip fissür frez (Drendel Zweiling, 837L.314.014, Diamont Gmbh Georzalee, Almanya) ile bir defada perforasyon alanları oluşturuldu. Kavite ve post alkol ile temizlendi ve kurutuldu. Oluşturulan perforasyon alanına horizontal olarak yerleştirilen postun simantasyonu Futurabond U adeziv sistem ve Rebilda DC rezin siman kullanılarak, firmanın talimatları doğrultusunda (grup 4'te anlatıldığı gibi) gerçekleştirildi. Ardından bukkal ve palatinal yüzeyden postun uzun kısımları uzaklaştırıldı (Şekil 3.17). Grandio Flow akışkan kompozit ve Admira Fusion posterior kompozit kullanılarak üst restorasyonlar tamamlandı.



Şekil 3.17. Horizontal fiber post uygulanmış model

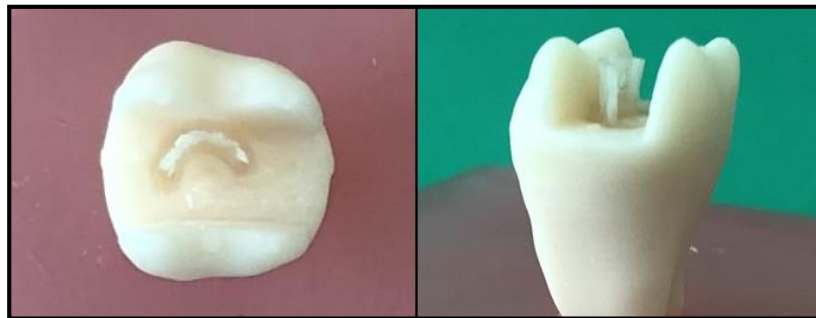
3.3.6. Örgü Fiber ile Bireye Özgü Post ve Rezin Kompozit ile Restorasyon (Grup 6)

Koronal güta-perka daha önceki gruplarda anlatıldığı gibi, gates glidden frez kullanarak uzaklaştırıldı. Bu grupta kök kanal desteği, iç içe geçmiş cam fiber ile doyurulmuş, ışıkla sertleşen rezin kompozit yapıdaki Interlig (Angelus, Brezilya; Şekil

3.18) örgü fiber ile sağlandı. Bireye özgü postları hazırlamak için örgü fiber şeridinden keskin bir makasla iki eşit parça kesildi. Koruma şeridinden çıkarılan her iki parça uzunlamasına yan yana birleştirilerek kök kanalının içinde denendi ve uzunluğu kök kanal boşluğuna eşit olacak şekilde ayarlandı. Ön eğim verilerek C şekil formuna uygun hale getirilen örgü fiberlere 10 saniye ön ışınlama yapıldı. Bu sayede dişe özgü fiber postların şeklini koruması sağlandı. Simantasyon; önceki gruplarda anlatıldığı şekilde Futurabond U adeziv sistem ve Rebilda DC rezin siman kullanılarak, firmanın talimatları doğrultusunda gerçekleştirildi (Şekil 3.19). Üst restorasyon Admira Fusion posterior kompozit kullanılarak inkramental teknik ile gerçekleştirildi.



Şekil 3.18. Interlig (Angelus, Brezilya) örgü fiber post



Şekil 3.19. Örgü fiber ile hazırlanmış bireye özgü post uygulanmış model

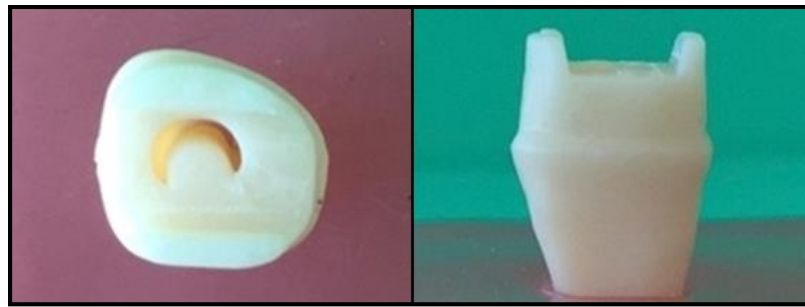
3.3.7. Kompozit Endokron ile Restorasyon (Grup 7)

Standardize endokron modellerinde (Şekil 3.20) kök kanal dolgusu kanal girişinden 5 mm apikale doğru uzaklaştırıldı. Kök kanalında oluşturulan boşluğun

apikalinde kalan kısım ve oluşan retantif alanlar 2 mm Grandio Flow akışkan kompozit ile restore edildi. Oluşan interferansları gidermek ve tabanı düz bir santral retansiyon kavitesi elde etmek için bitirme işlemleri sarı kuşak elmas frez ve polisaj lastikleri ile yapıldı. Periodontal sond ile kavite içerisinde yükseklik kontrolü yapıldı ve santral retansiyon kavitesinin yüksekliği 3 mm olarak standardize edildi. Cerec Omnicam (Sirona Dental Systems, Almanya) kamera sistemi ile örneklerin ölçüsü alındı. Endokron restorasyonlar Cerec Software 4.5.2 (Sirona Dental Systems, Almanya) yazılımı üzerinde hazırlandı. Endokronların dizaynı için kullanılan parametreler Tablo3.2’de gösterilmektedir. Endokron üretimi için Grandio Blocks (VOCO, Cuxhaven, Almanya) nano-hibrit kompozit bloklar (Şekil 3.21) kullanıldı.

Tablo 3.2. Endokron dizayn parametreleri

Parametre	Değer
Siman Boşluğu	120 µm
Minimal Kalınlık (Radyal)	800 µm
Minimal Kalınlık (Okluzal)	1500 µm
Marjinal Kalınlık	80 µm

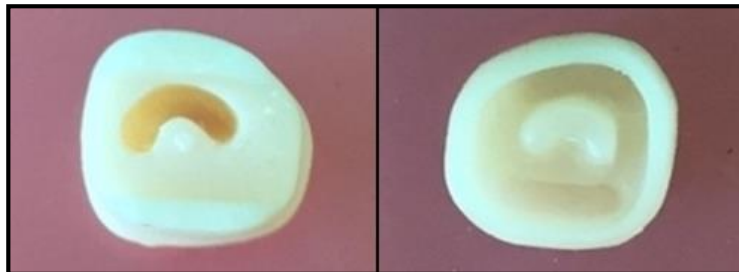


Şekil 3.20. Endokron preparasyonu yapılmış diş modeli



Şekil 3.21. Grandio Blocks (VOCO, Cuxhaven, Almanya)

Uyumu kontrol edilen endokronların (Şekil 3.22) bitirme ve polisaj işlemlerinin tamamlanmasının ardından simantasyon aşamasına geçildi. Restorasyonun adherent yüzeyine ilk olarak alüminyum oksit ile kumlama ve ultrasonik temizleme yapıldı. Ardından alkol ile temizlenen restorasyon yüzeylerine aplikatör ile seramik bond uygulandı ve 60 saniye sonra yüzeyler basınçlı hava ile kurutuldu. Model diş yüzeyine ise Futurabond U adeziv sistem 20 saniye süreyle uygulandı ve basınçlı hava ile 5 saniye inceltildi. Ardından Bifix QM (VOCO, Cuxhaven, Almanya) kompozit bazlı yapıştırma simanı (Şekil 3.23) üreticinin talimatlarına uygun olarak karıştırılıp restorasyon ve model diş üzerine uygulandı. Endokron, model diş üzerine yerleştirildi ve 2-5 saniye süreyle ön ışınlama yapıldı. Fazla siman uzaklaştırıldıktan sonra her yönden 40 saniye polimerizasyon yapılarak işlem tamamlandı. Son olarak elmas frez, polisaj diskleri (OptiDisc, Kerr, ABD; Şekil 3.24) kullanılarak bitirme işlemleri tamamlandı (Şekil 3.25).



Şekil 3.22. Kök kanal şekillendirmesi tamamlanmış endokron modeli ve kompozit endokron restorasyon



Şekil 3.23. Bifix QM (VOCO, Cuxhaven, Almanya) kompozit bazlı yapıştırma simanı



Şekil 3.24. OptiDisc (OptiDisc, Kerr, ABD) bitirme ve polisaj diskleri



Şekil 3.25. Simantasyonu tamamlanmış kompozit endokron restorasyon

3.4. Periodontal Membranın Taklit Edilmesi ve Dişlerin Akrilik Bloklara Gömülmesi

Farklı restorasyon materyalleri ve yöntemleriyle restore edilen modellerin polisaj diskleriyle bitirme işlemleri tamamlandıktan sonra, tüm modellerin kök yüzeyleri ince bir tabaka streç film ile sarıldı. Modeller; dişin oklüzal yüzeyi yer düzlemine paralel olacak şekilde, mine-sement sınırınının 1 mm apikaline kadar, oto-polimerizan akrilik rezin (Integra, Ankara, Türkiye; Şekil 3.26) içine gömüldü. Polimerizasyon tamamlandıktan sonra modeller akrilik rezinden ayrıldı ve streç film uzaklaştı. Ardından periodontal ligamenti taklit etmek amacıyla silikon esaslı ölçü maddesi (Variotime Light Flow; Heraeus Kulzer GmbH, Almanya; Şekil 3.27) rezin bloğun içine enjekte edildi ve dişler soket içerisine eski konumlarına yerleştirildi (49). Örnekler test öncesinde, oda sıcaklığında, ışık geçirmeyen kutuda, kuru ortamda bekletildi.



Şekil 3.26. Oto-polimerizan akrilik rezin (Integra, Ankara, Türkiye)



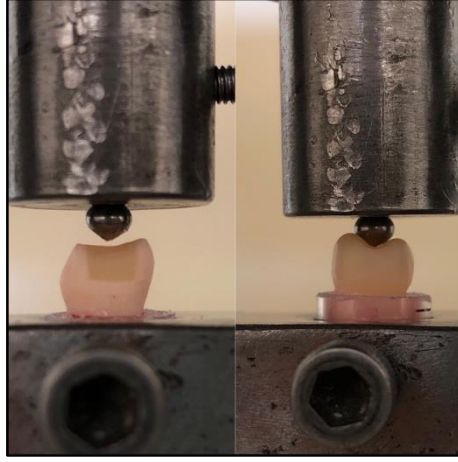
Şekil 3.27. Silikon esaslı ölçü maddesi (Variatime Light Flow; Heraeus Kulzer GmbH, Almanya)

3.5. Kırılma Testi

Kırılma dayanımı testi, Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan universal test cihazı (Autograph AG-5 kNG, Shimadzu, Japonya) ile gerçekleştirildi (Şekil 3.28). Modellere kırılma gözlenene kadar kuvvet uygulandı. Kuvvet 6 mm topuza sahip modifiye çelik uç ile, bukkal tüberkülden santral fossaya doğru 2 mm uzaklıktan, dişin uzun eksenine paralel olacak şekilde (Şekil 3.29), 1 mm/dk hızla uygulandı ve modellerin kırıldığı kuvvet değerleri Newton cinsinden kayıt altına alındı.



Şekil 3.28. Universal test cihazı (Autograph AG-5 kNG, Shimadzu, Japonya)



Şekil 3.29. Restorasyonları tamamlanmış model dişlere üniversal test cihazı ile kuvvet uygulanması

Farklı şekillerde kırılmış örneklerin kırılma yerlerinin tespiti için modeller akrilik rezinden uzaklaştırıldı. Kırılma yerleri ve yönleri 2,5× (Eye Mag Pro F, Carl Zeiss AG, Oberkochen, Almanya) büyütme altında değerlendirildi. Kırılma tipleri ise modelin restore edilip edilemeyeceğine göre sınıflandırıldı. Akrilik rezin ile simüle edilen kemik seviyesinin koronalinde sonlanan kırıklar ‘tamir edilebilir’, apikaline uzanan kırıklar ise ‘tamir edilemez’ olarak tanımlandı (108). Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildi.

3.6. İstatistiksel Analiz

Çalışmada verilerin istatistiksel analizi için IBM SPSS Statistics 22.0 programı (SPSS IBM, Chicago, Illinois, ABD) kullanıldı. Araştırmadaki nicel verilerin tanımlanması, aritmetik ortalama (\bar{x})±standart sapma (SD) şeklinde sunuldu. Nitel verilerin tanımlanmasında ise sayı (n) ve yüzde (%) kullanıldı.

Nicel verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro Wilk normallik testi ile test edildi. Kırılma (k) değeri yönünden gruplar arasındaki farkı saptamak için; tek yönlü ANOVA kullanıldı. Farklılık yaratan grup ya da grupları saptamak için ikili karşılaştırma testinden LSD (en küçük anlamlı fark) yöntemi uygulandı.

Kırılma tipi açısından gruplar arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için Monte Carlo Pearson Ki Kare Testi, Pearson Ki Kare Testi ve Fisher’in Kesinlik Testi uygulandı. $p<0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Kırılma dayanımının ortalama değerleri ve standart sapmalar Tablo 4.1’de gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Gruplara göre kırılma dayanımlarının tanımlayıcı istatistik lutlerinin dağılımı

	Gruplar	n	$\bar{x}\pm SD$	min	max
Grup 1	İntakt Model	10	1533,90 \pm 7,46 ^{c, x}	1525,00	1543,50
Grup 2	Kompozit Restorasyon	11	1185,25 \pm 140,99 ^{d, y}	971,25	1375,75
Grup 3	Demetli Fiber Post	11	1274,39 \pm 272,15 ^{d, y}	931,50	1754,25
Grup 4	Vertikal Fiber Post	11	1127,04 \pm 162,14 ^{a, d}	944,50	1383,00
Grup 5	Horizontal Fiber Post	11	1190,29 \pm 176,75 ^{d, y}	776,50	1428,25
Grup 6	rg Fiber Post	11	1365,21 \pm 187,24 ^{b, x, y}	1147,35	1647,25
Grup 7	Endokron	11	1315,01 \pm 242,31	755,75	1562,75

Stnlerde yer alan farklı st simge harfler, aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunan grupları göstermektedir (p <0,05). Değerler Newton cinsinden ifade edilmektedir.

Tüm gruplar arasında kırılma değeri yönünden fark bulundu (p=0,001). Farklılık yaratan grupları bulmak için uygulanan LSD ikili karşılaştırma testi sonuçlarına göre grup 1 ile; grup 2 (p=0,001), grup 3 (p=0,002), grup 4 (p=0,001) ve grup 5 (p=0,001) arasında k değeri yönünden anlamlı bir farklılık bulundu. Buna ilave olarak grup 4 ile grup 6 (p=0,004) arasında da anlamlı bir farklılık bulundu (p<0,05).

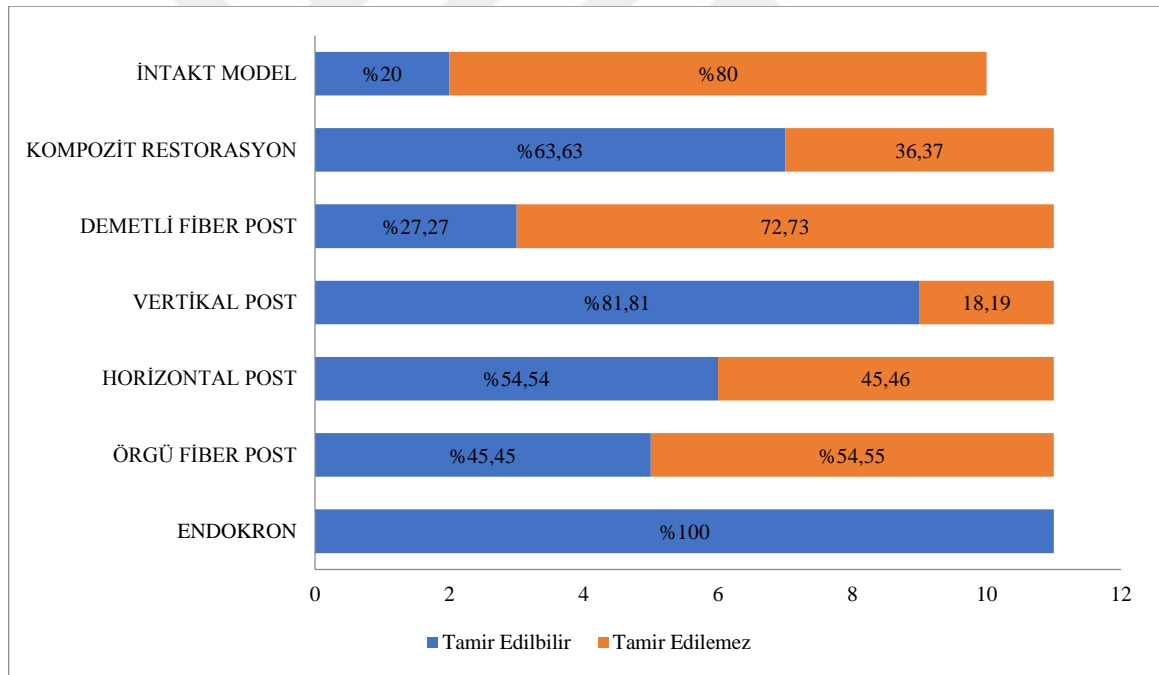
Kırılma tipi tüm örneklerde 2,5 \times büyütme altında belirlendi. Kırılma tipi ve sıklığı Tablo 4.2 ve Tablo 4.3’te gösterilmektedir. Kırılma tipleri ‘tamir edilebilir’ ve ‘tamir edilemez’ olarak sınıflandırıldı. Kırılma tipi açısından değerlendirildiğinde; grup 4 ile grup 1 (p=0,009) ve grup 3 (p=0,01) arasında da anlamlı fark olduğu bulundu. Ayrıca grup 7 ile; grup 1 (p=0,0001), grup 3 (p=0,001), grup 5 (p=0,35) ve grup 6 (p=0,012) arasında anlamlı fark olduğu tespit edildi (p<0,05).

Tablo 4.2. Gruplara göre kırılma tipi dağılımının istatistiksel analizi ve onarılabilirlik yüzdesi

Gruplar	Tamir Edilebilir	Tamir Edilemez	Onarılabilirlik Yüzdesi (%)
Grup 1 İntakt Model	2	8	20 ^b
Grup 2 Kompozit Restorasyon	7	4	63,63 ^{b, x}
Grup 3 Demetli Fiber Post	3	8	27,27 ^b
Grup 4 Vertikal Post	9	2	81,81 ^{a, x, y}
Grup 5 Horizontal Post	6	5	54,54 ^{b, y}
Grup 6 Örgü Fiber Post	5	6	45,45 ^{b, y}
Grup 7 Endokron	11	0	100 ^{c, x}

Sütunlarda yer alan farklı üst simge harfler, aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunan grupları göstermektedir (p <0.05).

Tablo 4.3. Kırılma tipinin gruplara göre dağılımı



5. TARTIŞMA

Klinikte karşılaşılan anatomik çeşitliliklerden biri olan C şekilli kök kanal yapısına sahip dişler; atipik anatomik formları sebebiyle endodontik ve restoratif prosedürlerin uygulanması açısından birtakım zorluklar teşkil etmektedir. Yapılan literatür taramasında C şekilli kök kanal yapısına sahip, kron harabiyeti bulunan ve restorasyon yapımı için kök kanalından destek alınmasına ihtiyaç duyulabilecek dişlerin üst restorasyon seçimine yönelik kapsamlı bir araştırmanın bulunmadığı gözlenmektedir. Bu nedenle çalışmamız; bu dişlere uygulanabilecek restorasyonların birbirlerine göre üstünlüklerini değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmamızın sonuçları kök kanal tedavisi tamamlanmış C şekilli model dişlere uygulanan farklı restorasyon tekniklerinin, dişlerin kırılma dayanımını ve kırılma tipini anlamlı bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Bu yüzden sıfır hipotezi reddedilmiştir.

Yapılan çalışmalarda çürük sebebiyle ve endodontik tedavi prosedürleri süresince yapısal bütünlüğü bozulan dişlerin kırılma direncinin azaldığı vurgulanmaktadır (78, 82, 109). Literatürde kalan sağlam duvar sayısı ile kırılma dayanımının doğrudan ilişkili olduğu belirtilmektedir. Sağlam bir dişte 1 marjinal sırtın uzaklaştırılması %46, 2 marjinal sırtın uzaklaştırılması ise %63 oranında rijidite kaybına sebep olmaktadır. Bu yüzden rezidüel koronal diş yapısı restoratif materyal ve teknik seçiminde belirleyici faktördür (57). MOD kaviteye sahip, endodontik tedavi görmüş dişlerde kırılma dayanımı önemli ölçüde azaldığı için, çalışmamızda MOD kavite ve bu kavitelelerin modifikasyonu ile oluşturulan endokron kavitele hazırlanmıştır. Ayrıca bu gibi durumlarda diş ağızda tutabilmek adına geliştirilebilecek tekniklere örnekler oluşturabilmek amaçlanmıştır.

Literatürde endodontik tedavi sonrası dişlere uygulanabilecek restorasyon yöntemleri ayrıntılı olarak karşılaştırılmıştır (110-112). Fakat benzer bir çalışmayı C şekilli kök kanal yapısına sahip dişlerde planlamak bazı zorluklar teşkil etmektedir. Literatürde C şekilli kök kanal yapısının Türkiye popülasyonunda görülme sıklığı mandibular birinci molar dişlerde %0.85 ve mandibular ikinci molar dişlerde %4,1 olarak bildirilmiştir (1). Bu düşük insidans yeterli örneklem boyutunu oluşturmayı güçleştirmektedir. Ayrıca klinik koşulları taklit etme başarısından dolayı in vitro çalışmalarda çekilmiş diş kullanımı avantajlı olarak görülse de (2, 3); doğal dişlerle yapılan deneysel çalışmalarda homojen gruplar oluşturmak dişlerin anatomik çeşitliliklerinden ötürü güçtür. Kullanılan dişlerin morfolojisinde, biyomekanik

kompozisyonunda, kök ve kronun uzunluğunda ve genişliğinde gözlenen değişiklikler ve dentindeki mikro çatlaklar yapılacak olan test sonuçlarını etkileyebilmektedir. Bijelic ve arkadaşları (44) yapay olarak üretilmiş dişler ile yapılan çalışmaların, çekilmiş dişler ile yapılan çalışmalara göre daha tutarlı sonuçlar verdiğini bildirilmiştir. Gresnigt ve arkadaşları (77); doğal diş kullanarak yaptıkları çalışmada sonuçların dişler arası standardizasyonun sağlanamamasından etkilendiğini belirtmiştir. Bu sebeplerden ötürü gerekli örneklem boyutunu oluşturabilmek ve kullanılan dişleri standardize etmek amacıyla çalışmamızda 3 boyutlu modelleme teknolojisiyle üretilen model dişler kullanılmıştır.

Dişlerin üretiminde yeterli çözünürlükte modelleme yapılabilecek materyaller arasından, özellikleri dentine en yakın olan envisionTEC E-Model light (envisionTEC, Almanya) tercih edilmiştir. Yapılan ön çalışmada üniversal test makinasında vertikal yüklem altında kırılma anında gözlenen değerlerin, çekilmiş insan dişi kullanılan diğer çalışmaların verileriyle uyumlu olduğu gözlenmiştir (77, 82, 97). Bu durum materyalin diş dokusunu taklit etmek amacıyla kullanılabilirliğini desteklemektedir. Fakat buna rağmen, yapay bir materyalden mine ve dentinin özelliklerini kusursuz bir şekilde taklit etmesi beklenemez. Bu sebeple çalışmamızın bulgularının in vivo ileri araştırmalarla desteklenmesi önemlidir.

Üç boyutlu modelleme teknolojisi tıp alanında 1990'dan beri kullanılmasına rağmen diş hekimliğinde kullanım alanı bulması daha geç olmuştur. Ağırlıklı olarak implant cerrahisinde, kron-köprü protezleri ve çene yüz protezleri üretiminde kullanıldığı bildirilmektedir (42). Endodonti literatüründe de model dişlerin kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (41, 44, 113). Bu çalışmalar arasında model dişlerin C şekilli kök kanallarında dolum yöntemlerini ve kanin diş modellerinde kuvvet yüklemesini karşılaştıran çalışmalar bulunmaktadır (44, 113). Fakat çalışmamız C şekilli kök kanal yapısına sahip model dişlerde farklı restorasyon yöntemlerini ve materyallerini karşılaştıran ilk çalışmadır.

Cheung ve arkadaşları (114) C şekilli kök kanal yapısına sahip dişlerin kök kanal temizleme ve şekillendirmesinde; Ni-Ti döner ege sistemleri ve el eğelerinin kombine kullanımını önermektedir. Ni-Ti döner ege sistemlerinin kullanımı ile mekanik şekillendirme sırasında oluşabilecek perforasyon riski azaltılmakta ve ilave el egesi kullanımı ile etkin bir temizleme işlemi sağlanabilmektedir. Yin ve arkadaşları (107) C şekilli kök kanallarında pro-taper döner ege sisteminin el eğelerine kıyasla; kök kanalının

merkezinde kalarak perforasyon, apikal transportasyon gibi prosedürel hataları azalttığını ve işlem süresini kısalttığını belirtilmektedir.

Kök kanal dolgusu için in vivo ve in vitro çalışmalarda pek çok farklı yöntem denenmiştir. Peng ve arkadaşları (115) yaptıkları meta-analize göre; soğuk lateral kompaksiyon ile sıcak güta-perka teknikleri arasında uzun dönem takip sonuçlarında anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmektedir. C şekilli kök kanallarında yapılan bir diğer çalışma ise isthmus alanlarının yardımcı konlarla daha iyi doldurulabilmesi için apikal bölgede soğuk lateral kompaksiyon tekniğinin kullanımını önermektedir (113). Bu bilgiler ışığında çalışmamızda kök kanal şekillendirmesi için Ni-Ti döner eğe sistemleri ve el eğeleri kombine olarak kullanılmıştır. Kök kanal dolgusu ise soğuk lateral kompaksiyon tekniği ile uygulanmıştır.

Periodontal ligament dişe gelen kuvvetleri alveolar kemiğe iletirken bir yastık görevi görerek dişi kuvvetin etkilerinden koruyan bir yapıdır. Literatürde periodontal ligament taklit edilmeden dişlerin doğrudan akrilik bloklara gömüldüğü çalışmalar mevcuttur (73, 77, 116). Yapılan bir çalışmada periodontal ligament taklit edilirken oluşabilecek prosedürel hatalar sebebiyle test sonuçlarının olumsuz etkilenebileceği bildirilmiştir (77). Literatürde periodontal ligament taklidinin, kuvvetin dağıtılması ve klinik koşullara benzer bir ortam oluşturulması açısından önemi vurgulanmakta, dişlere uygulanan yükler doğrudan akriliğe iletildiğinde kırılma tipinin etkileneceği belirtilmektedir (49). Periodontal ligament taklidi, kuvveti absorbe ederek klinik koşulları başarıyla taklit etmektedir (117, 118). Çalışmamızda Kemaloğlu ve arkadaşlarının (49) tarif ettiği şekilde elastomerik bir materyalin, model dişlerin akriliğe gömülmesi sırasında oluşturulan boşluğa uygulanması ile periodontal ligament taklidi sağlanmıştır.

Endodontik tedavinin başarısında koronal restorasyonun kalitesi önemli bir rol oynamaktadır (9). Birçok araştırmacı endodontik tedavi görmüş dişlerde kırılma dayanımını artırmak için kullanılması gereken en iyi teknik ve materyali tanımlamak için çalışmalar yapmıştır (49, 82, 107, 119). Rezin kompozitler yeterli estetik, mekanik özellikleri ve uygulama kolaylığı sebebiyle en sık tercih edilen restorasyon materyali olarak değerlendirilmektedir. Rezin kompozit ile restorasyon sonrasında dişlerin kırılma dayanımının önemli ölçüde arttığı belirtilmektedir (49). Ancak koronal sert doku kaybının fazla olduğu vakalarda yalnızca rezin kompozit ile restorasyon yeterli olmamaktadır (44, 82). Bu vakalarda yapısal dayanıklılığı ve retansiyonu artırmak için restorasyonların çeşitli yöntemlerle geliştirilmesi gerekmektedir.

Yüksek estetik özellikler, temin edilme ve uygulama kolaylığı ve tek seansta uygulanabilirlik gibi avantajları sebebiyle cam fiber postlar yaygın bir klinik kullanım alanı bulmaktadır (82). Ayrıca elastisite modüllerinin dentine benzer olması ve yükleme kuvvetini kök boyunca dağıtmaları sebebiyle kompozit restorasyonları desteklemek amacıyla sıklıkla tercih edilmektedir (120, 121). Bazı araştırmacılar sonlu eleman analizi çalışmalarında postların dişleri servikal bölgesinden kuvvetlendirdiğini belirtilmektedir (80, 122). Fakat Dietschi ve arkadaşları (79) postların kuvvetlendirici etkisi olmadığını vurgulamaktadır. Bu yazarlara göre vertikal postların kanal içi tutucu olarak kullanımı ile yalnızca protetik kronun retansiyonu artırılmaktadır. Ayrıca post yuvası hazırlanması sırasında diş dokusu zayıflatılmakta ve perforasyon riski oluşmaktadır (79, 80).

Caputo ve Standlee (123) fiber postların kök kanalına uygulanabilmesi için, kanalın çevresinde en az 1 mm sağlam dentin bulunması gerektiğini bildirmiştir. Chai ve Thong'un (7) çalışmasında ise C şekilli kök kanallarında lingual kanal duvarı minimum kalınlığının ortalama değeri 0,58 mm ($\pm 0,21$), bukkal kanal duvarı minimum kalınlığının ortalama değeri ise 0,96 mm ($\pm 0,26$) olarak bildirilmiştir. Çoğu vakada post boşluğu hazırlama sürecinde literatürde belirtilen 1 mm'lik sağlam dentin miktarını muhafaza etmek mümkün olmamaktadır. Bu yüzden C şekilli kök kanallarında post boşluğu hazırlamak için, eğer varsa dairesel olan kanalın seçilmesi gerektiği bildirilmekte ve C şekilli kök kanallarının post boşluğu hazırlamak için uygun kanallar olmadığı vurgulanmaktadır (114). Jerome ise; benzer şekilde C şekilli köklere sahip dişlerde post veya pin yerleştirilmesinin perforasyon riski doğurduğunu bildirmektedir. Uygun post-kök kanalı uyumu, stresin homojen dağıtılması ve perforasyon riskinin azaltılması için postların tübüler distal kanala uygulanması ve daha ince postların seçilmesi gerektiğini belirtmektedir (17). Bu çalışmada; ayrık ve dairesel bir yapı gösteren ikinci veya üçüncü kök kanalları vertikal post uygulamalarını kolaylaştıracağı için, klinikte karşılaşılabileceğimiz en zorlu ve üzerinde çalışılmamış olan bu senaryoyu değerlendirmek amaçlanmıştır. Bu yüzden çalışmamızda Fan'ın (16) sınıflandırmasına göre; C1 konfigürasyonuna sahip kök kanal varyasyonuna ait bir diş modeli kullanılmıştır.

Jafarzadeh ve Wu (20) hazırladıkları derlemede C şekilli kök kanallarında anatomik varyasyondan kaynaklanan restorasyon zorluklarının önüne geçebilmek için teknik modifikasyonlara ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir. Fakat literatürde bu dişlerde kullanılmak üzere, vertikal postlara alternatif olarak geliştirilmiş yöntemlere yönelik çalışmalara rastlanmamıştır. Çalışmamızda içeriğindeki ince fiber postların kök kanalına istenilen şekilde dağıtılmasına olanak sağlayan demetli fiber postlar

kullanılmıştır. İnce postların C şekilli kök kanal kurvatürüne dağıtılması ile kanal boyunca homojen bir kuvvet dağılımı sağlanarak, demetli fiber post kullanımının kırılma dayanımı üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu grupta kırılma dayanımı ($k=1274,39\pm 272,15$ N) vertikal fiber post grubundan ($k=1127,04\pm 162,14$ N) yüksektir. Fakat aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Endodontik tedavi görmüş dişlerde kırılma dayanımını artırmayı hedefleyen bir diğer restoratif yaklaşım ise kompozit restorasyonların horizontal olarak yerleştirilmiş fiber postlarla desteklenmesidir. Karzoun ve arkadaşları (82) endodontik tedavi görmüş dişlerde kırılma dayanımını artırmak için bu yöntemi kullanmışlardır. Çalışmalarının sonucunda MOD kaviteye sahip premolar dişlerde bukkal-lingual olarak yerleştirilmiş horizontal fiber postların dişlerin kırılma dayanımını artırdığını bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise horizontal fiber post grubunun kırılma dayanımı değeri diğer gruplardan yüksek bulunmuştur. Fakat restore edilebilir kırılma tipi görülme sıklığının daha düşük olduğu bildirilmiştir (57). Biz de çalışmamızda vertikal fiber postun risk ve dezavantajlarını ortadan kaldırmak için bukkal ve lingual duvarlar arasında konumlandırılmış horizontal fiber post kullandık. Çalışmamızın sonuçlarına göre horizontal fiber post grubu ($k=1190,29\pm 176,75$ N), vertikal fiber post grubundan ve kompozit restorasyonla tedavi edilen model grubundan daha yüksek kırılma dayanımı göstermiştir. Fakat aralarındaki fark anlamlı bulunmamıştır.

Örgü fiber grubunda iç içe geçmiş cam fiber ile doyurulmuş, ışıkla sertleşen rezin kompozit yapıdaki interlig örgü fiber (Angelus, Brezilya) kullanılarak bireye özgü postlar oluşturulmuştur. Baranwal ve arkadaşları (87) çalışmalarında komplike kron kök kırığında post olarak kullanılan everStick (Stick Tech, Turku, Finlandiya) cam fiber ile desteklenen kompozit restorasyonu değerlendirmiştir. Çalışmalarının sonucunda everStick cam fiber post ile kompozit restorasyonun kombine kullanımının kolay uygulanabilirliğini ve kısa tedavi süresini vurgulamaktadırlar. Ayrıca az miktarda diş dokusu uzaklaştırması sebebiyle diğer post sistemlerine iyi bir alternatif olduğunu belirtmektedirler. Biz de çalışmamızda cam fiberin non-polimerize esnek yapısından faydalanarak kök kanal anatomisine uyumunu artırmayı hedefledik. Cam fiber ile doyurulmuş, non-polimerize ışıkla sertleşen rezin kompozit yapıdaki örgü fiber, C şeklindeki mevcut post boşluğuna uyumlandırılabilirdiği için sağlıklı diş dokusu kaybını minimize etmektedir. Ayrıca ışıkla sertleştikten sonra dentine benzer bir elastisite ve yüksek bükülme dayanımı göstermektedir (44).

Kırılma dayanımı açısından en yüksek değer örgü fiber ile oluşturulmuş bireye özgü fiber post grubunda gözlenmektedir ($k=1365,21\pm187,24$ N). Bu durum örgü fiber postların kök kanalına daha az preparasyon ihtiyacıyla daha iyi bir uyum göstermesine bağlanabilir. Örgü fiber grubu, klinikte en sık kullanılan vertikal postlara göre istatistiksel olarak anlamlı, yüksek bir kırılma dayanımı göstermiştir. Bu yüzden bu tekniğin ve materyalin kullanımının koronal sert doku kaybı fazla, C şekilli kök kanal anatomisine sahip dişler için iyi bir alternatif olduğu düşünülebilir.

Çalışmamızda örgü fiber postların anatomik olarak zorlayıcı bir yapı gösteren kök kanallarına, ilave preparasyon ihtiyacını en aza indirerek, kolayca uyum sağlandığı gözlenmektedir. Ayrıca dentine benzer fiziksel özellikleri ve olumlu estetik özellikleri de kullanımını desteklemektedir. Örgü fiber postun kök kanalına uygulanması esnasında uzun bir örgü fiber şeridinden kesilen parçaların, ön eğim verilip birbirlerine eklendikten sonra kök kanalına yerleştirilmesi gerekmektedir. Uygulama süresi prefabrike fiber postlara kıyasla daha uzun olsa da, örgü fiber postlar pratik, uygulaması kolay ve tek seansta uygulanması mümkün olan materyallerdir.

Endokron restorasyonlar; kolay uygulanabilirlik, kısa çalışma zamanı, yüksek estetik ve mekanik özellikleri nedeniyle klinisyenler tarafından sık tercih edilen güncel tedavi yaklaşımlarındandır. Günümüzde minimal invaziv bir yaklaşımla maksimum doku koruması altın standart olarak düşünülmektedir (78). Çalışmamızda kırılma dayanımı açısından en yüksek ikinci değer endokron restorasyon grubuna aittir ($k=1315,01\pm242,31$ N). Örgü fiber post grubu ile aralarında anlamlı fark bulunmamaktadır. Ayrıca diğer deney gruplarından farklı olarak bu iki grupla intakt grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Endokron restorasyonlar, oklüzal yönden dişi örtülemekte, pulpa odası duvarlarından makroretansiyon sağlamakta ve dişin biyomekanik bütünlüğünü koruyarak kırılma dayanımı üzerine olumlu bir etki oluşturmaktadır (124). Yapılan bir çalışmada endokron restorasyonlar, diğer restorasyon tipleri ile kıyaslanmış ve kırılma tipi bakımından en başarılı grup olarak tespit edilmiştir (97). Sert doku kaybı fazla olan dişlerde radiküler post uygulamaları kural olmaktan çıkmıştır. Bütün bu avantajları düşünüldüğünde endokron restorasyonlar diğer yöntemlerin üzerinde bir tercih alanı bulabilirler.

Çalışmamızda kırılma değerlerine ilave olarak kırık hattının seviyesi de incelenmiş ve başarısızlık tipi tamir edilebilirlik açısından değerlendirilmiştir. Fokinga ve arkadaşlarının (108) önerdiği şekilde; simüle kemik seviyesinin altındaki kırıklar 'tamir edilemez', üstündeki kırıklar 'tamir edilebilir' olarak kabul edilmiştir. Kemik

seviyesinin üstünde kalan kırıklar çoğunlukla ilave bir işlem gerekmeksizin kolaylıkla tamir edilebilirken, kemik seviyesinin altına uzanan kırıklarının tamiri için daha zorlu restoratif ve cerrahi prosedürler gerekebilmektedir. Hatta bazı durumlarda bu kırık tipi diş kaybına sebebiyet verebilmektedir.

Kırılma tipi açısından değerlendirildiğinde demetli fiber post ile restore edilen grupta diğer deney gruplarından daha düşük bir tamir edilebilirlik yüzdesi (%27,27) gözlenmiştir. En avantajlı grup ise tüm kırıkların tamir edilebilir olduğu endokron (%100) grubu olmuştur. Endokron restorasyonların modellerin tüberküllerini örterek istenmeyen kırıkların önüne geçtiği düşünülmektedir. Bu restorasyonlar stresin 3 boyutlu olarak istenilene yakın şekilde dağıtılmasını sağlamakta, ayrıca çatlak oluşumunun servikal yönde gelişimini önlemektedir (97). Kırılma değeri açısından endokron restorasyon grubuna benzer şekilde avantaj sağlayan örgü fiber post grubunda, daha düşük bir tamir edilebilirlik yüzdesi (%45,45) gözlenmektedir. Kırılma tipi açısından bu iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Çalışmamızda gözlenen kırılma dayanımı değeri ($k=1315,01\pm242,31$ N) ve tedavi edilebilir kırılma tipi yüzdesi (%100) düşünüldüğünde; endokron restorasyonların C şekilli kök kanal yapısına sahip dişlerde kullanımının diğer restorasyon tiplerine göre daha avantajlı olduğu söylenebilir. Endokron restorasyonlar kök kanalının sunduğu anatomik varyasyon kaynaklı dezavantajı elimine etmekle kalmayıp, pulpa odası duvarlarının sağladığı avantajı kullanarak hem diş dokusunu kuvvetlendirmekte hem de üst restorasyonun retansiyonunu artırmaktadır. Ayrıca kök kanalının zayıflatılması ve perforasyon oluşturulması riskini de ortadan kaldırmaktadır. Dişleri başarılı bir şekilde örtülemedesinin sunduğu avantajlar ve gelişmiş adeziv sistemler sayesinde mekanik olarak güçlü ve sızdırmaz restorasyonlar sağlamaktadır.

İnsanda ortalama çiğneme kuvvetinin 600-900 N arasında değiştiği bilinmektedir (125-127). Çalışmamızda vertikal yükleme altında kırılma anında gözlenen değer diğer çalışmalarla benzer şekilde bu değer üzerinde bulunmuştur (128). Bu durum önerilen tüm grupların uygun birer restorasyon yöntemi ve materyali olduğunu desteklemektedir.

Kuvvet; Kemaloğlu ve arkadaşlarının (49) önerdiği şekilde modifiye çelik uç ile santral fossaya, dişin uzun eksenine paralel olacak şekilde, 1 mm/dk hızla uygulanmıştır. Literatürde kırılma kuvvetinin vertikal olarak uygulandığı çalışmalar mevcuttur (49, 82, 119). Kuvvetin vertikal olarak uygulanmasının mekanik testlerde oklüzal kuvvetleri başarıyla taklit ettiği bildirilmiştir. Ancak klinikte çiğneme fonksiyonu sırasında bu kuvvetlere lateral kuvvetler de eşlik etmektedir (129). Yapılmış çalışmalarda vertikal

kuvvetlerle birlikte lateral kuvvetlerin de kullanıldığı çalışmalar mevcuttur (77). Birçok farklı in vitro çalışmada olduğu gibi, çalışmamızın sonuçlarından yola çıkarak klinik duruma yönelik doğrudan bir yorumlama yapmak güçtür. Bu çalışmanın sınırlamaları kuvvetin yalnızca vertikal olarak uygulanması ve termal döngü işleminin uygulanmaması olarak kabul edilebilir. Ek olarak model dişlerde kullanılan materyal mine ve dentinin fiziksel yapısını birebir taklit etmede yetersiz kalmaktadır. Ağız içini daha iyi taklit edebilmek için termal döngü uygulanarak, dinamik yükleme altında, gerçek diş kullanımı ve lateral kuvvet ilavesi ile ileri araştırmaların ve klinik çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Klinik uygulamalarda her bir tekniğin avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurularak vakaya göre yöntem ve materyal seçilmelidir. Kullanılan farklı tekniklerin uzun dönem klinik takiplerinin yapılması daha objektif veriler elde etmek adına önemlidir. C şekilli kök kanal anatomisine sahip dişlerde ve bunun gibi klinikte sık rastlanmayan anatomik varyasyonlarda kullanılmak üzere farklı restorasyon stratejilerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın bulguları değerlendirildiğinde aşağıda belirtilen sonuç ve öneriler elde edilmiştir:

1. Çürük, travma gibi etiyolojik faktörler sebebiyle ve tedavi prosedürleri sürecinde oluşan sert doku kaybı, dişlerin yapısal bütünlüğünü bozmakta ve kırılma dayanımını anlamlı ölçüde azaltmaktadır. Bu dişlere uygulanacak restorasyonlar; tedavi başarısında ve dişlerin uzun dönem ağızda tutulmasında hayati öneme sahiptir.
2. Aşırı kron harabiyeti bulunması halinde, C şekilli kök kanal yapısına sahip dişlerin anatomik varyasyonlarından ötürü üst restorasyon yapımı zorlaşmaktadır. Klinikte sıklıkla kullanılan vertikal fiber postların, kök kanal duvarının incelendiği bölgelerde gündeme gelen perforasyon riski sebebiyle uygulanamadığı durumlarda, dişlerin kaybı söz konusu olabilmektedir. Bu yüzden, C şekilli kök kanal yapısına sahip dişlerde uygulanabilecek üst restorasyonların değerlendirilmesi ve yeni yöntemler geliştirilmesi oldukça önemlidir.
3. Çalışmamızın sonuçlarına göre örgü fiber post ve endokron restorasyon grubu kırılma dayanımı açısından diğer gruplardan üstün bulunmuştur. Oluşan kırık tipleri restore edilebilirlik açısından değerlendirildiğinde, endokron restorasyonların C şekilli kök kanal yapısına sahip dişlerde kullanımı önerilebilir.
4. Klinik uygulamalarda her bir restorasyon tekniğinin avantaj ve dezavantajları göz önünde bulundurularak vakaya göre yöntem ve materyal seçilmelidir.
5. Farklı teknik ve materyallerin çekilmiş dişler kullanılarak ileri in vitro çalışmalarla değerlendirilmesi gerekmektedir. Elde edilen verilerin in vivo çalışmalarla desteklenmesi ve uzun dönem klinik takiplerinin yapılması önemlidir.
6. Üç boyutlu replika diş modellerinin üretilmesi ve diş hekimliği alanında kullanılmaya başlanması, özellikle anatomik varyasyon gösteren dişlerde çalışma grupları oluşturma açısından çok değerli bir teknoloji sunmaktadır. Bu teknoloji ile çalışma gruplarının standartlaştırılmasının yapılacak olan çalışmaların güvenilirliğini artıracığı düşünülmektedir.

7. Üç boyutlu modelleme teknolojisinin diş hekimliğinde kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Bu sayede klinik çalışmalar geliştirilebilir, hastalar bilgilendirilebilir ve öğrencilerin eğitim süreçlerine katkı sağlanabilir. Zorlu anatomilerin taklit edildiği replika dişler; öğrencilere ve klinisyenlere prosedürleri birçok kez uygulayarak pratik gelişim fırsatı sunmaktadır.



KAYNAKLAR

1. Demirbuğa S, Şekerci AE, Dinçer AN, Çayabatmaz M, Zorba YO. Use of cone-beam computed tomography to evaluate root and canal morphology of first and second molars in Turkish individuals. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2013, 18: 737-44.
2. Sidoli GE, King PA, Setchell DJ. An in vitro evaluation of a carbon fiber-based post and core system. *J Prosthet Dent* 1997, 78: 5-9.
3. Al-Wahadni AM, Hamdan S, Al-Omiri M, Hammad MM, Hatamleh MM. Fracture resistance of teeth restored with different post systems: in vitro study. *J Oral Surg* 2008, 106: 77-83.
4. Hudson DA, Cura JE. Instrumentation of curved root canals: a comparison study. *J Endod* 1992, 18: 448-50.
5. Melton DC, Keller K, Fuller MW. Anatomical and histological features of C-shaped canals in mandibular second molars. *J Endod* 1991, 17: 384-388.
6. Manning SA. Root canal anatomy of mandibular second molars. Part II. C-shaped canals. *Int Endod J* 1990, 23: 40-5.
7. Chai WL, Thong YL. Cross-sectional morphology and minimum canal wall widths in C-shaped roots of mandibular molars. *J Endod* 2004, 30: 509-12.
8. Rahimi S, Shahi S, Lotfi M, Zand V, Abdolrahimi M, Es'haghi R. Root canal configuration and the prevalence of C-shaped canals in mandibular second molars in an Iranian population. *J Oral Sci* 2008, 50: 9-13.
9. Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. *Endod Dent Traumatol* 1994, 10: 105-8.
10. Trope M, Maltz DO, Tronstad L. Resistance to fracture of restored endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 1985, 1: 108-11.
11. Sert S, Bayirli GS. Evaluation of the Root Canal Configurations of the Mandibular and Maxillary Permanent Teeth by Gender in the Turkish Population. *J Endod* 2004, 30: 391-8.
12. Keith A, Knowles FH. A Description of Teeth of Palaeolithic Man from Jersey. *J Anat Physiol* 1911, 46: 12-27.
13. Nakayama A. Gutter shaped root in human mandibular molars. *Kokubyo Gakkai Zasshi* 1941, 15: 275-281.

14. Tratman EK. A comparison of the teeth of people; Indo-European racial stock with the Mongoloid racial stock. *Dent Rec* 1950, 70: 63-88.
15. Cooke HG, Cox FL. C-shaped canal configurations in mandibular molars. *J Am Dent Assoc* 1979, 99: 836-9.
16. Fan B, Cheung GSP, Fan M, Gutmann JL, Bian Z. C-shaped Canal System in Mandibular Second Molars: Part I; Anatomical Features. *J Endod* 2004, 30: 899-903.
17. Jerome CE. C-shaped root canal systems: diagnosis, treatment, and restoration. *Gen Dent* 1994, 42: 424-7.
18. Fan B, Cheung GS, Fan M, Gutmann JL, Fan W. C-shaped canal system in mandibular second molars: Part II-Radiographic features. *J Endod* 2004, 30: 904-8.
19. Barril I, Cochet JY, Ricci C. Treatment of a canal with a "C" configuration. *Rev Fr Endod Dent* 1989, 8: 47-58.
20. Jafarzadeh H, Wu YN. The C-shaped root canal configuration: a review. *J Endod* 2007, 33: 517-23.
21. Kato A, Ziegler A, Higuchi N, Nakata K, Nakamura H, Ohno N. Aetiology, incidence and morphology of the C-shaped root canal system and its impact on clinical endodontics. *Int Endod J* 2014, 47: 1012-33.
22. Bolger WL, Schindler WG. A mandibular first molar with a C-shaped root configuration. *J Endod* 1988, 14: 515-9.
23. Yilmaz Z, Tuncel B, Serper A, Calt S. C-shaped root canal in a maxillary first molar: a case report. *Int Endod J* 2006, 39: 162-6.
24. Lu T, Yang S, Pai S. Complicated root canal morphology of mandibular first premolar in a chinese population using the cross section method. *J Endod* 2006, 32:932- 6.
25. Boveda C, Fajardo M, Millan B. Root canal treatment of an invaginated maxillary lateral incisor with a C-shaped canal. *Quintessence Int* 1999, 30: 707-11.
26. Sabala C, Benenati F, Neas B. Bilateral root or root canal aberrations in a dental school patient population. *J Endod* 1994, 20: 38-42.
27. Min Y, Fan B, Cheung GS, Gutmann JL, Fan M. C-shaped canal system in mandibular second molars Part III: The morphology of the pulp chamber floor. *J Endod* 2006, 32: 1155-9.
28. Jin G, Lee S, Roh B. Anatomical study of C-Shaped canals in mandibular second molars by analysis of computed tomography. *J Endod* 2006, 32 10-3.

29. Seo M, Park D. C-shaped root canals of mandibular second molars in a Korean population: clinical observation and in vitro analysis. *Int Endod J* 2004, 37: 139-44.
30. Yang ZP, Yang SF, Lin YC, Shay JC, Chi CY. C-shaped root canals in mandibular second molars in a Chinese population. *Endod Dent Traumatol* 1988, 4: 160-3.
31. Haddad GY, Nehme WB, Ounsi HF. Diagnosis, classification, and frequency of C-shaped canals in mandibular second molars in the Lebanese population. *J Endod* 1999, 25: 268-71.
32. Lambrianidis T, Lyroudia K, Pandelidou O, Nicolaou A. Evaluation of periapical radiographs in the recognition of C-shaped mandibular second molars. *Int Endod J* 2001, 34: 458-62.
33. Helvacioğlu-Yigit D, Sinanoğlu A. Use of cone-beam computed tomography to evaluate C-shaped root canal systems in mandibular second molars in a Turkish subpopulation: a retrospective study. *Int Endod J* 2013, 46: 1032-8.
34. Benenati FW. Mandibular second molar with C-shaped canal morphology and five canals: report of a case. *Gen Dent* 2004, 52: 253-4.
35. Cohenca N, Simon JH, Roges R, Morag Y, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma Part 1 traumatic injuries. *Dent Traumatol* 2007, 23: 95-104.
36. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod* 2007, 33: 1121-32.
37. Exadaktylos AK, Sclabas GM, Smolka K. The value of computed tomographic scanning in the diagnosis and management of orbital fractures associated with head trauma: a prospective, consecutive study at a level I trauma center. *J Trauma* 2005, 58: 336-41.
38. Grimard BA, Hoidal MJ, Mills MP, Mellonig JT, Nummikoski PV, Mealey BL. Comparison of clinical, periapical radiograph, and cone-beam volume tomography measurement techniques for assessing bone level changes following regenerative periodontal therapy. *J Periodontol* 2009, 80: 48-55.
39. Mora MA, Mol A, Tyndall DA, Rivera EM. In vitro assessment of local computed tomography for the detection of longitudinal tooth fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007, 103: 825-9.
40. Heithersay GS. Clinical endodontic and surgical management of tooth and associated bone resorption. *Int Endod J* 1985, 18: 72-92.

41. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Duarte MA, Cavenago BC, Jaramillo D, Versiani MA. Shaping ability of reciproc and TF adaptive systems in severely curved canals of rapid microCT-based prototyping molar replicas. *J Appl Oral Sci* 2014, 22: 509-15.
42. Torabi K, Farjood E, Hamedani S. Rapid prototyping technologies and their applications in prosthodontics. *J Dent Shiraz Univ Med Sci* 2015, 16: 1-9.
43. Webb PA. A review of rapid prototyping (RP) techniques in the medical and biomedical sector. *J Med Eng Technol* 2000, 24: 149-53.
44. Bijelic J, Garoushi S, Vallittu PK, Lassila LV. Fracture load of tooth restored with fiber post and experimental short fiber composite. *Open Dent J* 2011, 5: 58-65.
45. Gillen BM, Looney SW, Gu LS. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2011, 37: 895-902.
46. Walid N. The use of two pluggers for the obturation of an uncommon C-shaped canal. *J Endod* 2000, 26: 422-4.
47. Liewehr FR, Kulild JC, Primack PD. Obturation of a C-shaped canal using an improved method of warm lateral condensation. *J Endod* 1993, 19: 474-7.
48. Halacoglu D, Tuncer D, Arhun N. İndirekt Posterior Restorasyonlar. *J Atatürk Univ Fac Dent* 2015, 25: 65-8.
49. Kemaloğlu H, Kaval M, Türkün M, Micooğulları K. Effect of novel restoration techniques on the fracture resistance of teeth treated endodontically: An in vitro study. *Dent Mater J* 2015, 34: 618-22.
50. Sorensen JA, Martinoff JT. Intracoronar reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1984, 51: 780-4.
51. Sedgley CM, Messer HH. Are endodontically treated teeth more brittle? *J Endod* 1992, 18: 332-5.
52. Fernandes AS, Dessai GS. Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. *Int J Prosthodont* 2001, 14: 355-63.
53. Fonseca RB, Fernandes-Neto AJ, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. The influence of cavity preparation design on fracture strength and mode of fracture of laboratory-processed composite resin restorations. *J Prosthet Dent* 2007, 98: 277-84.
54. Krejci I, Stavridakis M. New perspectives on dentin adhesion-differing methods of bonding. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 2000, 12: 727-32.

55. Goto Y, Nicholls JI, Phillips KM, Junge T. Fatigue resistance of endodontically treated teeth restored with three dowel-and-core systems. *J Prosthet Dent* 2005, 93: 45-50.
56. Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod* 1989, 15: 512-6.
57. Bromberg CR, Alves CB, Stona D. Fracture resistance of endodontically treated molars restored with horizontal fiberglass posts or indirect techniques. *J Am Dent Assoc* 2016, 147: 952-8.
58. Asmussen E, Peutzfeldt A, Heitmann T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. *J Dent* 1999, 27: 275-8.
59. Robbins JW. Restoration of the endodontically treated tooth. *Dent Clin North Am* 2002, 46: 367-84.
60. Sorensen JA, Engelman MJ. Effect of post adaptation on fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1990, 64: 419-24.
61. Lamichhane A, Xu C, Zhang FQ. Dental fiber-post resin base material: a review. *J Adv Prosthodont* 2014, 6: 60-5.
62. Sidoli GE, King PA, Setchell DJ. An in vitro evaluation of a carbon fiber-based post and core system. *J Prosthet Dent* 1997, 78: 5-9.
63. Morgano SM, Milot P. Clinical success of cast metal posts and cores. *J Prosthet Dent* 1993, 70: 11-6.
64. Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J* 2011, 56 Suppl 1: 77-83.
65. Bateman G, Ricketts DN, Saunders WP. Fibre-based post systems: a review. *Br Dent J* 2003, 195: 43-8.
66. Qualtrough AJ, Mannocci F. Tooth-colored post systems: a review. *Oper Dent* 2003, 28: 86-91.
67. Drummond JL. In vitro evaluation of endodontic posts. *Am J Dent* 2000, 13: 5-8.
68. King PA, Setchell DJ. An in vitro evaluation of a prototype CFRC prefabricated post developed for the restoration of pulpless teeth. *J Oral Rehabil* 1990, 17: 599-609.
69. Isidor F, Odman P, Brondum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *Int J Prosthodont* 1996, 9: 131-6.
70. Akkayan B, Gulmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent* 2002, 87: 431-7.

71. Purton DG, Payne JA. Comparison of carbon fiber and stainless steel root canal posts. *Quintessence Int* 1996, 27: 93-7.
72. Raygot CG, Chai J, Jameson DL. Fracture resistance and primary failure mode of endodontically treated teeth restored with a carbon fiber-reinforced resin post system in vitro. *Int J Prosthodont* 2001, 14: 141-5.
73. Newman MP, Yaman P, Dennison J, Rafter M, Billy E. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. *J Prosthet Dent* 2003, 89: 360-7.
74. Zalkind M, Hochman N. Esthetic considerations in restoring endodontically treated teeth with posts and cores. *J Prosthet Dent* 1998, 79: 702-5.
75. Mannocci F, Ferrari M, Watson TF. Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon-quartz fiber, and zirconium dioxide ceramic root canal posts. *J Adhes Dent* 1999, 1: 153-8.
76. Lazari PC, Oliveira RC, Anchieta RB. Stress distribution on dentin-cement-post interface varying root canal and glass fiber post diameters. A three-dimensional finite element analysis based on micro-CT data. *Journal of applied oral science : revista FOB* 2013, 21: 511-7.
77. Gresnigt MM, Ozcan M, van den Houten ML, Schipper L, Cune MS. Fracture strength, failure type and Weibull characteristics of lithium disilicate and multiphase resin composite endocrowns under axial and lateral forces. *Dent Mater* 2016, 32: 607-14.
78. Sevimli G, Cengiz S, Oruc MS. Endocrowns. *J Istanbul Univ Fac Dent* 2015, 49: 57.
79. Dietschi D, Duc O, Krejci I, Sadan A. 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 Int* 2008, 39: 117-29.
80. Zarone F, Sorrentino R, Apicella D. 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. *Dent Mater* 2006, 22: 1035-44.
81. Biacchi GR, Basting RT. Comparison of fracture strength of endocrowns and glass fiber post-retained conventional crowns. *Oper Dent* 2012, 37: 130-6.
82. Karzoun W, Abdulkarim A, Samran A, Kern M. Fracture strength of endodontically treated maxillary premolars supported by a horizontal glass fiber post: an in vitro study. *J Endod* 2015, 41: 907-12.

83. Baba NZ, Golden G, Goodacre CJ. Nonmetallic prefabricated dowels: a review of compositions, properties, laboratory, and clinical test results. *J Prosthodont* 2009, 18: 527-36.
84. Hattori M, Takemoto S, Yoshinari M, Kawada E, Oda Y. Durability of fiber-post and resin core build-up systems. *Dent Mater J* 2010, 29: 224-8.
85. Karbhari VM, Wang Q. Influence of triaxial braid denier on ribbon-based fiber reinforced dental composites. *Dent Mater* 2007, 23: 969-76.
86. Oskoe PA, Ajami AA, Navimipour EJ, Oskoe SS, Sadjadi J. The effect of three composite fiber insertion techniques on fracture resistance of root-filled teeth. *J Endod* 2009, 35: 413-6.
87. Baranwal H, Baranwal AK, Srivastava A. Management of fractured maxillary incisor with biodentine, everstick glass fiber as post and composite resin. *Endodontology* 2015, 27: 57.
88. Pissis P. Fabrication of a metal-free ceramic restoration utilizing the monobloc technique. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1995, 7: 83-94.
89. Bindl A, Mormann WH. Clinical evaluation of adhesively placed Cerec endo-crowns after 2 years-preliminary results. *J Adhes Dent* 1999, 1: 255-65.
90. Otto T. Computer-aided direct all-ceramic crowns: preliminary 1-year results of a prospective clinical study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004, 24: 446-55.
91. Tay FR, Pashley DH. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod* 2007, 33: 391-8.
92. El-Damanhoury HM, Haj-Ali RN, Platt JA. Fracture resistance and microleakage of endocrowns utilizing three CAD-CAM blocks. *Oper Dent* 2015, 40: 201-10.
93. Biacchi GR, Mello B, Basting RT. The endocrown: an alternative approach for restoring extensively damaged molars. *J Esthet Restor Dent* 2013, 25: 383-90.
94. Guo J, Wang Z, Li X, Sun C, Gao E, Li H. A comparison of the fracture resistances of endodontically treated mandibular premolars restored with endocrowns and glass fiber post-core retained conventional crowns. *J Adv Prosthodont* 2016, 8: 489-93.
95. Ramirez-Sebastia A, Bortolotto T, Cattani-Lorente M, Giner L, Roig M, Krejci I. Adhesive restoration of anterior endodontically treated teeth: influence of post length on fracture strength. *Clin Oral Investig* 2014, 18: 545-54.
96. Forberger N, Gohring TN. Influence of the type of post and core on in vitro marginal continuity, fracture resistance, and fracture mode of lithia disilicate-based all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2008, 100: 264-73.

97. Hamdy A. Effect of full coverage, endocrowns, onlays, inlays restorations on fracture resistance of endodontically treated molars. *J Dent Oral Hyg* 2015, 5: 2.
98. Taha D, Spintzyk S, Schille C. Fracture resistance and failure modes of polymer infiltrated ceramic endocrown restorations with variations in margin design and occlusal thickness. *J Prosthodont Res* 2018, 62: 293-7.
99. Huang TJ, Schilder H, Nathanson D. Effects of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin. *J Endod* 1992, 18: 209-15.
100. Tait CM, Ricketts DN, Higgins AJ. Restoration of the root-filled tooth: pre-operative assessment. *Br Dent J* 2005, 198: 395-404.
101. Salameh Z, Ounsi HF, Aboushelib MN, Sadig W, Ferrari M. Fracture resistance and failure patterns of endodontically treated mandibular molars with and without glass fiber post in combination with a zirconia-ceramic crown. *J Dent* 2008, 36: 513-9.
102. Fokkinga WA, Le Bell AM, Kreulen CM, Lassila LV, Vallittu PK, Creugers NH. Ex vivo fracture resistance of direct resin composite complete crowns with and without posts on maxillary premolars. *Int Endod J* 2005, 38: 230-7.
103. Ferrari M, Vichi A, Garcia-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am J Dent* 2000, 13: 15-8.
104. Akkayan B. 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. *J Prosthet Dent* 2004, 92: 155-62.
105. Heydecke G, Sierraalta M, Razzoog ME. Evolution and use of aluminum oxide single-tooth implant abutments: a short review and presentation of two cases. *Int J Prosthodont* 2002, 15: 488-93.
106. Hayes A, Duvall N, Wajdowicz M, Roberts H. Effect of Endocrown Pulp Chamber Extension Depth on Molar Fracture Resistance. *Oper Dent* 2017, 42: 327-34.
107. Yin X, Cheung GS, Zhang C, Masuda YM, Kimura Y, Matsumoto K. Micro-computed tomographic comparison of nickel-titanium rotary versus traditional instruments in C-shaped root canal system. *J Endod* 2010, 36: 708-12.
108. Fokkinga WA, Kreulen CM, Vallittu PK, Creugers NH. A structured analysis of in vitro failure loads and failure modes of fiber, metal, and ceramic post-and-core systems. *Int J Prosthodont* 2004, 17: 476-82.
109. Plotino G, Grande NM, Isufi A. Fracture Strength of Endodontically Treated Teeth with Different Access Cavity Designs. *J Endod* 2017, 43: 995-1000.

110. Heydecke G, Butz F, Strub JR. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different post and core systems: an in-vitro study. *J Dent* 2001, 29: 427-33.
111. Lertchirakarn V, Palamara JE, Messer HH. Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. *J Endod* 2003, 29: 523-8.
112. Heydecke G, Butz F, Hussein A, Strub JR. Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. *The J Prosthet Dent* 2002, 87: 438-45.
113. Gök T, Çapar ID, Akçay I, Keleş A. Evaluation of Different Techniques for Filling Simulated C-shaped Canals of 3-dimensional Printed Resin Teeth. *J Endod* 2017, 43: 1559-64.
114. Cheung LH, Cheung GS. Evaluation of a rotary instrumentation method for C-shaped canals with micro-computed tomography. *J Endod* 2008, 34: 1233-8.
115. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod* 2007, 33: 106-9.
116. Sirimai S, Riis DN, Morgano SM. An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems. *J Prosthet Dent* 1999, 81: 262-9.
117. Rosentritt M, Furer C, Behr M, Lang R, Handel G. Comparison of in vitro fracture strength of metallic and tooth-coloured posts and cores. *J Oral Rehabil* 2000, 27: 595-601.
118. Soares CJ, Pizi EC, Fonseca RB, Martins LR. Influence of root embedment material and periodontal ligament simulation on fracture resistance tests. *Braz. oral res* 2005, 19: 11-6.
119. Eapen AM, Amirtharaj LV, Sanjeev K, Mahalaxmi S. Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth Restored with 2 Different Fiber-reinforced Composite and 2 Conventional Composite Resin Core Buildup Materials: An In Vitro Study. *J Endod* 2017, 43: 1499-504.
120. Schwartz RS, Robbins JW. Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod* 2004, 30: 289-301.
121. Tang W, Wu Y, Smales RJ. Identifying and reducing risks for potential fractures in endodontically treated teeth. *J Endod* 2010, 36: 609-17.

122. Pierrisnard L, Bohin F, Renault P, Barquins M. Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: a mechanical study using finite element analysis. *J Prosthet Dent* 2002, 88: 442-8.
123. Caputo AA, Standlee JP. Pins and posts-why, when and how. *Dent Clin North Am* 1976, 20: 299-311.
124. Amal N, Mali G., A Sreeja, Jamuna S, A Babu, Anulekh. Endocrown-An Overlooked Alternative. *Arch of Dent and Med Res* 2016, 2: 34-4.
125. Waltimo A, Kononen M. Maximal bite force and its association with signs and symptoms of craniomandibular disorders in young Finnish non-patients. *Acta Odontol Scand* 1995, 53: 254-8.
126. Cosme DC, Baldisserotto SM, Canabarro Sde A, Shinkai RS. Bruxism and voluntary maximal bite force in young dentate adults. *Int J Prosthodont* 2005, 18: 328-32.
127. Varga S, Spalj S, Lapter Varga M, Anic Milosevic S, Mestrovic S, Slaj M. Maximum voluntary molar bite force in subjects with normal occlusion. *Eur J Orthod* 2011, 33: 427-33.
128. Koolstra JH, van Eijden TM. Application and validation of a three-dimensional mathematical model of the human masticatory system in vivo. *J Biomech* 1992, 25: 175-87.
129. Koolstra JH, van Eijden TM, Weijs WA, Naeije M. A three-dimensional mathematical model of the human masticatory system predicting maximum possible bite forces. *J Biomech* 1988, 21: 563-76.