

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**ÇEŞİTLİ KÖK KANALI POSTLARININ
DIŞ KÖKÜNDE OLUŞTURDUKLARI STRESLERİN
İN VİTRO OLARAK İKİ FARKLI YÖNTEM
(UNİVERSAL TEST CİHAZI VE FEM ANALİZİ)
İLE İNCELENMESİ**

DT. PINAR ŞEN

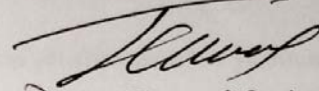
**DANIŞMAN
PROF.DR. SELMİN AŞCI**

**ENDODONTİ ANA BİLİM DALI
ENDODONTİ PROGRAMI**

TEZ ONAYI

Aşağıda tanıtımı yapılan tez, jüri tarafından başarılı bulunarak Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

23 / 09 / 2009



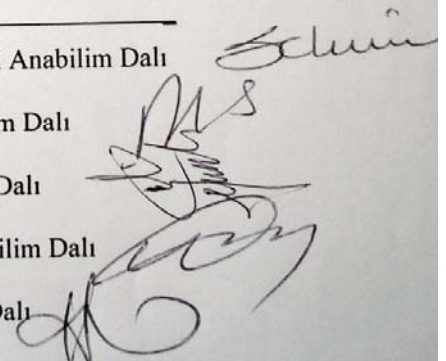
Prof. Dr. Tamer DEMİRALP
Enstitü Müdürü (veki)

Kurum : İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
 Program Adı : Endodonti
 Programın seviyesi : Yüksek Lisans Doktora
 Anabilim Dalı : Endodonti
 Tez Sahibi : Pınar Şen
 Tez Başlığı : Çeşitli Kök Kanalı Postlarının Diş Kökünde Oluşturdukları Streslerin İn Vitro Olarak İki Farklı Yöntem (Universal Test Cihazı ve FEM Analizi) İle İncelenmesi.
 Sınav Yeri : İ.Ü. Diş Hek Fak Prof. Dr. Altan Gülhan Özerkan Top Sal
 Sınav Tarihi : 16 / 09 / 2009

Tez Sınav Jürisi

Ünvanı Adı Soyadı Üniversitesi, Fakültesi, Anabilim Dalı _____

1. Prof. Dr. Selmin Aşçı (Danışman) İ.Ü. Diş Hek Fak Endodonti Anabilim Dalı
2. Prof. Dr. R. Kemal Sübay İ.Ü. Diş Hek Fak Endodonti Anabilim Dalı
3. Prof. Dr. Alpay Yırcalı İ.Ü. Diş Hek Fak Endodonti Anabilim Dalı
4. Prof. Dr. Nimet Gençoğlu M.Ü. Diş Hek Fak Endodonti Anabilim Dalı
5. Doç. Dr. Hakan Özbaş İ.Ü. Diş. Hek. Fak. Endodonti Anabilim Dalı



BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Pınar ŞEN

İTHAF

*Yürekte ve hayatta yaşattığım ancak gerçek hayatta dokunamadığım,
Cennetin kapısına erken ulaşan kardeşim Çağlar'a,*

Yaşamımda onur borcum olan sevgili Annem'e

Ve şeref borcum olan sevgili Babam'a,

'Şans bulaşıcıdır ve kendisine taşıyıcı arar';

Algı dışı kaldığım bir dönemde, gerçek Hayat'ı, varlığı ile bana farketiren,

Yaşamı en doğru şekilde algıladığına inandığım

Sevgili Dr.Vedat Bankaoğlu'na,

Ve zamanın durdurulamaz akışında kaybolmayan tüm gerçek dostlarıma ,

ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca benimle birlikte olan, bilgilerini ve deneyimlerini benimle paylaşarak yol gösteren, danışmanım ve hocam olarak bana bir anne şefkati ile destek verip, dertlerimi ve üzüntülerimi paylaşan, değerli hocam Prof. Dr. Selmin AŞÇI'ya ; gösterdiği sabır, destek ve yardımlarından dolayı,

Tezimi hazırlamam sırasında katkılarından dolayı Tez İzleme Komite'mde bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Nimet GENÇOĞLU ve Prof. Dr. Alpay YIRCALI'ya,

Doktora eğitimim boyunca bilgilerinden yararlandığım Endodonti Anabilim Dalı'nın değerli öğretim üyelerine,

FEM analizi süresince benle çalışan sevgili arkadaşım Oğuz Kayabaşı'na,

Tez çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan sevgili arkadaşım ve meslektaşım Dr.İdil Kurtuluş'a,

Ve hayatım boyunca tüm üzüntülerimi paylaşan, benden sevgi ve şefkatlerini esirgemeyen , maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim canım Annem'e ve sevgili Babam'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------|
| TEZ ONAYI | İİ |
| BEYAN..... | İİİ |
| İTHAF..... | İV |
| TEŞEKKÜR..... | V |
| İÇİNDEKİLER | VI |
| TABLolar LİSTESİ..... | İX |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | X |
| GRAFİKLER LİSTESİ..... | Xİİ |
| DENKLEMLER LİSTESİ..... | Xİİİ |
| SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ | XİV |
| ÖZET | XVİ |
| ABSTRACT..... | XVİİİ |
| 1. GİRİŞ VE AMAÇ..... | 1 |
| 2. GENEL BİLGİLER..... | 2 |
| 2.1. Birinci Bölüm - Üiversal Test Cihazı (Konvensiyonel Yöntem)..... | 2 |
| 2.1.1. Endodontik olarak tedavi görmüş dişlerde meydana gelen değişimler: | 3 |
| 2.1.1.1. Yapısal Değişimler:..... | 3 |
| 2.1.1.2. Sıvı Kaybı : | 3 |
| 2.1.1.3. Kollagen Miktarındaki Değişme:..... | 4 |
| 2.1.2. ‘Post-core’ restorasyonları;..... | 4 |
| 2.1.2.1. ‘Post–core’ restorasyonların endikasyonları | 5 |
| 2.1.2.2. ‘Post-core’ restorasyonlarda kontrendikasyonlar | 5 |
| 2.1.3. Endodontik postların sınıflandırılması..... | 5 |
| 2.1.3.1. Döküm postlar | 5 |
| 2.1.3.2. Prefabrik postlar | 5 |
| 2.1.3.3. Özel hazırlanan postlar..... | 5 |
| 2.2. İkinci Bölüm - FEM Analizi..... | 11 |
| 2.2.1. Günümüzde, diş hekimliğinde kullanılan stres analiz yöntemleri | 11 |
| 2.2.1.1. Kırılğan Vernik Yöntemi ile Kuvvet Analizi..... | 11 |
| 2.2.1.2. Fotoelastik Kuvvet Analiz Yöntemi..... | 11 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.1.3. Gerilim Ölçerli Kuvvet Analiz Yöntemi..... | 11 |
| 2.2.1.4. Holografik Interferometri Yöntemi..... | 11 |
| 2.2.1.5. Termografik Kuvvet analizi..... | 11 |
| 2.2.1.6. Radyoteleometri..... | 11 |
| 2.2.1.7. Sonlu Elemanlar Yöntemi..... | 11 |
| 2.2.1.1. Kırılğan Vernik Tekniği ile Kuvvet Analiz Yöntemi..... | 12 |
| 2.3. Postlara ilişkin çalışmalar:..... | 32 |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM..... | 42 |
| 3.1. Birinci Bölüm - Üniwersal Test Cihazı (Konvensiyonel Yöntem)..... | 43 |
| 3.1.1. Kök Kanallarının Hazırlanması:..... | 43 |
| 3.1.2. Diş Köklerinin Yükleme Düzenine Hazırlanması:..... | 44 |
| 3.1.3. 'Post-Core' Örneklerinin Hazırlanması:..... | 48 |
| 3.1.3.1. Grup: Titanyum post (Unimetric 215 T-Post) - kompozit 'core' :..... | 48 |
| 3.1.3.2. Grup: Kuartz fiber post (D.T. LIGHT-POST) - kompozit 'core' :..... | 51 |
| 3.1.3.3. Grup: Fiber composite laminate (FCL) post (EverStick post) – kompozit 'core' :..... | 55 |
| 3.1.3.4. Grup: Döküm post – 'core' (Kontrol grubu) :..... | 59 |
| 3.1.4. Test Düzeninin Hazırlanması Ve Test Tekniği :..... | 61 |
| 3.2. İkinci Bölüm - FEM Analizi :..... | 64 |
| 3.2.1. Programla ilgili genel bilgiler:..... | 64 |
| 3.2.2. CAD Modellenmesi (Computer Aided Design) :..... | 64 |
| 3.2.3. FEM Modeli :..... | 67 |
| 3.2.3.1. Sonlu Elemanlar Ağının Oluşturulması :..... | 67 |
| 3.2.3.2. Kök Kanalı Postlarının Modellenmesi :..... | 68 |
| 3.2.3.3. Kuvvet Yüklemesi :..... | 69 |
| 3.3. İstatistiksel Analiz..... | 72 |
| 3.3.1. Birinci Bölüm - Üniwersal Test Cihazı (Konvensiyonel Yöntem)..... | 72 |
| 3.3.2. İkinci Bölüm - FEM Analizi..... | 72 |
| 4. BULGULAR..... | 73 |
| 4.1. Birinci Bölüm - Üniwersal Test Cihazı (Konvensiyonel Yöntem):..... | 73 |
| 4.1.1. Titanyum post..... | 73 |
| 4.1.2. Kuartz fiber post..... | 75 |
| 4.1.3. Fiber composite laminate..... | 77 |

| | |
|----------------------------------------|-----|
| 4.1.4. Döküm ‘post-core’ (Ni-Cr) | 79 |
| 4.1.5. İstatistiksel Analiz:..... | 81 |
| 4.2. İkinci Bölüm - FEM Analizi | 87 |
| 4.2.1. Titanyum post | 88 |
| 4.2.2. Kuartz fiber post..... | 91 |
| 4.2.3. Fiber composite laminate. | 94 |
| 4.2.4. Döküm ‘post-core’ (Ni-Cr) | 97 |
| 5. TARTIŞMA | 101 |
| 6.SONUÇ | 119 |
| KAYNAKLAR | 121 |
| ÖZGEÇMİŞ | 138 |

TABLULAR LİSTESİ

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 3-1: Araştırmada yer alan materyallerin eleman ve node sayıları | 70 |
| Tablo 3-2: Araştırmada yer alan materyallerin Elastik Modülü ve Poisson oranı..... | 71 |
| Tablo 4-1: Titanyum post grubunun kırılma değerleri | 73 |
| Tablo 4-2: Kuartz fiber post grubunun kırılma değerleri | 75 |
| Tablo 4-3: Fiber composite laminate post grubunun kırılma değerleri | 77 |
| Tablo 4-4: Kontrol grubunun kırılma değerleri | 79 |
| Tablo 4-5: N/mm ² ölçümlerinin gruplara göre değerlendirmesi | 81 |
| Tablo 4-6: Gruplara göre kırılma dağılımı | 84 |
| Tablo 4-7: Gruplara göre kırılma dağılımların istatistiksel incelenmesi | 86 |
| Tablo 4-8: Grupların basma, deformasyon ve çekme değerleri..... | 87 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2-1: Endodontik postların sınıflandırılması | 6 |
| Şekil 2-2: Bir sonlu eleman modelinde düğüm noktaları ve elemanlar (25)..... | 14 |
| Şekil 2-3: Mesh (ağ) oluşturulurken kullanılan bazı elemanlar..... | 20 |
| Şekil 2-4: Cisme kuvvet uygulandığında, cismin iç yapısında birim alanda oluşan | 26 |
| Şekil 3-1: İkiz kenar dik üçgen alçı blok | 45 |
| Şekil 3-2: Elastomerik ölçü maddesiyle elde edilen anahtar model | 45 |
| Şekil 3-3: Anahtar modelin paralelometrik freze cihazına yerleştirilmesi | 46 |
| Şekil 3-4: Paralelometrik freze cihazı yardımıyla örneklerin akrilik modele gömülmesi | 47 |
| Şekil 3-5: Çalışmamızda kullanılan Unimetric 215 T-Post seti | 49 |
| Şekil 3-6: Unimetric 215 T-Post setindeki post ve frezler..... | 50 |
| Şekil 3-7: Standart şeffaf plastik matrixler (Coremat, Polydentia, Switzerland) | 50 |
| Şekil 3-8: Çalışmamızda kullanılan sarı bantlı DT - Light post..... | 52 |
| Şekil 3-9: DT Light post sistemindeki post tiplerinin şematik görünümü..... | 53 |
| Şekil 3-10: DUOLINK ; dual cure , kompozit esaslı bir yapıştırıcı siman..... | 54 |
| Şekil 3-11: Çalışmamızda kullanılan 1, 5 mm çapındaki EverStick fiber post..... | 55 |
| Şekil 3-12: EverStick fiber post paketi | 56 |
| Şekil 3-13: EverStick fiber demeti kesitinin şematik görünümü | 57 |
| Şekil 3-14: Döküm post-core modellerin yapımında kullanılan Nikel-Krom alaşımı | 60 |
| Şekil 3-15: Test düzeneğine girmeden önce deney grubu örnekleri..... | 61 |
| Şekil 3-16: Test düzeneğine girmeden önce kontrol grubu örnekleri..... | 62 |
| Şekil 3-17: Düzeneğinin şematik görüntüsü | 62 |
| Şekil 3-18: Düzeneğinin universal test cihazındaki görüntüsü..... | 63 |
| Şekil 3-19: Kemik içinde tasarlanmış üst orta keser diş modeli..... | 65 |
| Şekil 3-20: Modellenen diş - çevre dokuların tabakaları ve restoratif elemanların komponentleri | 66 |
| Şekil 3-21: Hazırlanan katı modelin görüntüsü | 67 |
| Şekil 3-22: Grupların tabakaları ile modellenmesi Şekil 3-23: Titanyum post modeli | 69 |
| Şekil 4-1: Örneklere ilişkin kırık şekilleri | 85 |
| Şekil 4-2: Titanyum post diş modelinde maksimum basma stresi bölgeleri | 88 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 4-3: Titanyum post diş modelinde deformasyon bölgeleri..... | 89 |
| Şekil 4-4: Titanyum post diş modelinde maksimum elastik gerinim bölgeleri..... | 90 |
| Şekil 4-5: Kuartz fiber post diş modelinde maksimum basma stresi bölgeleri | 91 |
| Şekil 4-6: Kuartz fiber post diş modelinde deformasyon bölgeleri..... | 92 |
| Şekil 4-7: Kuartz fiber post diş modelinde maksimum elastik gerinim bölgeleri | 93 |
| Şekil 4-8: FCL post diş modelinde maksimum basma stresi bölgeleri..... | 94 |
| Şekil 4-9: FCL post diş modelinde deformasyon bölgeleri..... | 95 |
| Şekil 4-10: FCL post diş modelinde maksimum elastik gerinim bölgeleri | 96 |
| Şekil 4-11: Döküm post diş modelinde maksimum basma stresi bölgeleri..... | 97 |
| Şekil 4-12: Döküm post diş modelinde deformasyon bölgeleri | 98 |
| Şekil 4-13: Döküm post diş modelinde maksimum elastik gerinim bölgeleri..... | 99 |

GRAFİKLER LİSTESİ

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Grafik 4-1: Titanyum grubunda maksimum kırılma değerini gösteren örneğe ilişkin grafik..... | 74 |
| Grafik 4-2: Kuartz fiber grubunda maksimum kırılma değerini gösteren örneğe ilişkin grafik..... | 76 |
| Grafik 4-3: FCL grubunda maksimum kırılma değerini gösteren örneğe ilişkin grafik. | 78 |
| Grafik 4-4: Döküm grubunda maksimum kırılma değerini gösteren örneğe ilişkin grafik | 80 |
| Grafik 4-5: Ortalama ve standart sapma değerlerinin gruplara göre dağılımına örneğe ilişkin grafik..... | 83 |

DENKLEMLER LİSTESİ

| | |
|------------------------------------------------------|----|
| E.11. Stres (2-1) : | 24 |
| E.11.4. Principal stres (Asal Gerilme) (2-2) : | 27 |
| E.11.5. Equivalent von Mises Stres (2-3) : | 28 |
| E.12. Gerinim (Strain) (2-4) : | 29 |
| E.13. Yoğunluk (2-5) : | 29 |
| E.14. Young Modülü (Elastisite Modülü) (2-6) : | 30 |
| E.15. Possion Oranı (2-7) : | 31 |

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

| | |
|-------------------|---------------------------------------------------------|
| A | Alan |
| Bis-GMA | Bisphenol A Glycidyl Methacrylate |
| CAD | Computer Aided Design |
| CAD-CAM | Computer Aided Design – Computer-Aided Manufacturing |
| cm | Santimetre |
| Co-Cr | Kobalt-Krom |
| F | Kuvvet |
| FCL | Fiber-Composite-Laminate |
| FEM | Finite Element Method |
| GPa | Giga Pascal |
| Kn | Kilonewton = 1 kN = 1 000 N |
| Max | Maximum |
| Min | Minimum |
| mm | Milimetre |
| mm/dak | Hız |
| MOD | Mesial-Okluzal-Distal |
| MPa | Mega Pascal |
| N | Newton |
| Ni-Cr | Nikel-Krom |
| nm | Nanometre |
| N/mm ² | Basınç |
| Ort | Ortalama |
| p | Olasılık |

| | |
|--------|---------------------------------------|
| pH | Çözeltinin Asitlik ve Bazlık Derecesi |
| r.p.m. | Revolutions Per Minute |
| SD | Standart Sapma |
| SEA | Sonlu Elemanlar Analizi |
| Ti | Titanyum |
| UDMA | Urethane Dimethacrylate |
| % | Yüzde |
| °C | Santigrat Derece |
| μ | Sürtünme Katsayısı |
| μm | Mikrometre |
| ° | Derece |
| Ø | Çap |

ÖZET

Şen, Pınar (2009). Çeşitli Kök Kanalı Post'larının Diş Kökünde Oluşturdukları Streslerin İn Vitro Olarak İki Farklı Yöntem (Universal Test Cihazı ve FEM Analizi) ile İncelenmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti ABD. Doktora Tezi. İstanbul.

Anahtar Kelimeler: metal post, fiber post, statik yükleme, stres, sonlu eleman analizi

Bu çalışmanın amacı, 4 farklı post materyalinin (titanium post, kuartz fiber post, cam fiber post ve kontrol grubu olarak döküm post-core), stres dağılımlarının, universal test cihazı ve üç boyutlu sonlu elemanlar analizi olmak üzere, iki farklı yöntem kullanılarak değerlendirilmesidir.

Çalışmada 80 adet tek köklü diş kullanılmıştır. Dişlerin kuron kısımları, mine-sement birleşiminden 1 mm yukarıda olacak şekilde frez yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Dişlere kök kanalı tedavisi uygulanmış ve dik olarak akrilik bloklara gömülmüş ve post boşlukları açılmıştır. Hazırlanan 'post-core' örneklerine 'Schimadzu' Test Cihazında baskı kuvveti uygulanmıştır. Bulguların istatistiksel analizi SPSS 10.01 paket programı ile yapılmış ve 'ANOVA', 'Tukey HDS' karşılaştırma testi uygulanmıştır.

'ANOVA' test analizi, stres ölçüm değerlerinin, deney ve kontrol grupları arasında ileri düzeyde anlamlı farklılık olduğunu göstermiştir ($p<0,01$). Kuartz fiberin en yüksek basma direncine sahip post materyali olduğu, bunu sırasıyla cam fiber, titanium ve döküm 'post-core' (kontrol grubu) sistemlerinin izlediği ancak bu farkın deney grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmadığı gözlenmiştir ($p>0,05$).

Çalışmanın ikinci bölümü olan FEM analizinde ANSYS programı kullanılarak, yükleme testine giren post sistemlerinin, 'üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi' ile üst orta keser dişin 4 matematiksel modeli oluşturulmuştur. Modellerin kesici kenarlarına 45 derece eğim ile 100 N kuvvet uygulanmıştır.

FEM analizinden elde edilen bulgulara göre, en yüksek stres değerleri dişin palato-servikal bölgesinde gözlenmiştir. Bu değerleri sırasıyla artarak titanium post, döküm 'post-core' (kontrol grubu), cam fiber ve kuartz fiber post sistemi oluşturmuştur.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar doğrultusunda; dentine benzer elastik modülüne sahip post sistemlerinin, zayıflamış diş köklerini daha iyi destekleyebildiği ve gelen kuvvetleri dentine azaltarak iletmediği gözlenmiştir.

ABSTRACT

Şen, Pınar. (2009). Evaluation The Stress Distribution of Post Systems by Using Two Different In Vitro Methods (Fracture Strength Test and Finite Elemental Stress Analysis). İstanbul University, Institute of Health Science, Department of Endodontics İstanbul.

Key Words: metal post, fiber post, static loading, stress, finite element analysis

The aim of this study was to analyse the stress distribution of four post systems (titanium post, quartz fiber post, glass fiber post and as control group cast post-core) by using two different methods. The first method was a conventional fracture strength test and the second was a finite element stress-analysis method (FEM). For the conventional fracture strength test, 80 extracted teeth with single root were used. The crown of each tooth was removed 1 mm. above the cemento-enamel junction by using a diamond bur. Endodontic treatment were applied on the teeth. The roots were embedded in acrylic blocks with the help of a parallelometer, their long axis being perpendicular to the horizontal plane. Post spaces were prepared by using special drills of each post system and restored with post-core systems. A loading force was applied to the samples at a crosshead speed of 0,5 mm/min at an angle of 45 degrees to the long axis of the tooth. The data were recorded. The results were compared by using the 'One-way Anova' test and for comparison of the mean values were performed by 'Tukey HSD' test. Analysis of 'One-way Anova' test revealed statistically significant difference between the test groups and the control group ($p < 0.01$). Quartz fiber showed the highest compressive strength but it was not significantly different from the other test groups ($p > 0.05$) followed by glass fiber, titanium and cast post-core (control group) systems respectively.

For FEM analysis, a pseudo three-dimensional model of a maxillary central incisor, theoretically restored with the same post systems, were used. The analysis was performed by using the 'ANSYS' program.

A load of 100 N at an angle of 45 to the longitudinal axis was applied at the palatale surface of the crown. FEM analysis showed that the highest stress was induced at the palatinal cervical region and the order of the post material based on stress magnitude started with material that induced highest stress was titanium post, cast 'post-core' (control group) , glass fiber post and quartz fiber post.

Results indicated, that post systems with elastic modulus similar to that of dentin could reinforce weakened root and reduce the stress in dentin.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüz diş hekimliğinde amaç dişlerin vital olarak ağızda fonksiyonlarını devam ettirmeleridir. Güncel diş hekimliğinde yaklaşım mümkün olduğunca diş dokusunu korumaya yöneliktir. Kök kanalı tedavisindeki amaç , dişin fonksiyon göreceği şekilde çiğneme sistemindeki görevine devam etmesini sağlamaktır. Diş dokusundaki kayıplar nedeniyle zayıflamış olan dişler, endodontik tedavi sırasında giriş kavitesinin açılması, kök kanalının mekanik preparasyonu gibi nedenlerle daha da zayıflamakta ve vital bir diş oranla daha kırılabilir hale gelmektedir. Bu nedenle tutuculuğu arttırmak ve okluzal kuvvetlerin kök boyunca düzenli bir şekilde dağılımını sağlamak amacı ile uygun bir post-core sistemi uygulanmaktadır. Bazı post sistemlerinin uygulama esnasında ve fonksiyonel kuvvetler altında dişte stres yarattığı bilinmektedir. Son yıllarda , karbon fiber, seramik ve cam fiber postlar gibi daha esnek materyaller kullanılması önerilmektedir. Adeziv materyallerin gelişimi ile monoblok oluşturan kök kanalı postları tanıtılmıştır. Endodontik tedavili dişlerde estetik, esneklik ve yenilenebilirlik özellikleri nedeni ile geleneksel post materyallerine alternatif olarak yapışabilen güçlendirilmiş fiberler kullanılabilmektedir.

Bu çalışma, kök kanalı tedavisi uygulanan dişlerde ;

1- Titanyum post (Unimetric 215 T-Post) - kompozit 'core'

2- Kuartz fiber post (D.T. Light-Post) - kompozit 'core'

3- Cam fiber post (EverStick-Post) - kompozit 'core'

4-Döküm 'post-core' (Ni-Cr) - Kontrol grubu olmak üzere 4 farklı 'post-core' materyalinin , statik yükler altındaki yorulma etkilerinin ve stres dağılımlarının invitro olarak, **üniversal test cihazı** ve **3 boyutlu sonlu elemanlar yöntemi** kullanılarak değerlendirilmesi amacı ile yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Birinci Bölüm – Üniwersal Test Cihazı (Konvensiyonel Yöntem)

Devital dişlerin post-core sistemleri ile restore edilmesindeki amaç, kuron-kök devamlılığının sağlanması ve dişin yeniden fonksiyona kazandırılmasıdır. Çenelerdeki rezorbsiyonu azaltmak ve çene hareketlerinin düzenli olmasını sağlamak periodontal membranın devamlılığına bağlıdır. Bu nedenle diş hekimliğinin esas görevi yalnızca eksik diş ve diş dokularını yerine koymak değil, aynı zamanda çeşitli nedenlerle ortaya çıkabilen madde kayıplarını önleyerek mevcut diş ve diş dokularını korumaktır. Böylelikle, çiğneme etkinliği, dikey boyutun devam ettirilmesi ve destek dokuların korunması gibi ağız ortamının, biyomekanik ve fizyolojik özellikleri devam ettirilebilir. Endodontik tedavili dişlerde travma ve çürüğe bağlı olarak kuronda aşırı madde kaybının olması, bunun yanı sıra pulpa yoluyla olan beslenmelerinin bozulması, fonksiyonel kuvvetler karşısında dirençlerinin azalmasına neden olmaktadır. ‘Post-core’ sistemi, yapısal olarak zayıflamış dişleri desteklemek amacı ile kullanılan yöntemlerden biridir. Günümüzde, aşırı madde kaybına uğramış endodontik tedavili dişlerin post ‘core’ sistemi ile restore edilmesi yaygın olarak kullanılmaktadır (85).

Post; kök kanalı içerisinde yer alan ve core yapıya destek sağlayan kısımdır.

Core ise; post yapının kuronalinde yer alan ve kaybedilen diş dokusunun yerine hazırlanan bölümdür (1). Bu ikili sisteme ‘post-core’ adı verilmektedir.

Endodonti ve protetik diş tedavisi ile ilgili literatürlerde sıklıkla yer alan ve klinik gözlemlere de dayanan bulgulara göre, endodontik tedavi, dişleri zayıflatmakta ve bunun sonucunda dişler daha kırılğan hale gelmektedir (79,136). Rosen (136), endodontik tedavi görmüş dişlerin dentin yapısını kuru ve kırılğan olarak tanımlamıştır. Yine Johnson ve Schwarz (79) dentin elastikiyetinin endodontik tedaviyi takiben zamanla azaldığını öne sürmüşlerdir. Bu görüşe karşı Lewinstein ve Grajower (94) yeni çekilmiş vital dişler ile farklı zamanlarda endodontik tedavi görmüş dişlerin dentin dokusu arasında mikrosertlik değerleri açısından fark bulunmadığını bildirmiştir. Christine ve Messer (143) yaptıkları çalışmada endodontik tedavi görmüş dişler ile vital dişlerin sertlik, kırılma direnci ve makaslama kuvveti gibi biyomekanik özelliklerini kıyaslamıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, endodontik tedavi görmüş dişler ile vital dişlerin biyomekanik özellikleri benzer bulunmuştur.

2.1.1. Endodontik Olarak Tedavi Görmüş Dişlerde Meydana Gelen Değişimler:

2.1.1.1. Yapısal Değişimler:

Endodontik tedavide giriş kavitesinin açılması, kök kanallarının temizlenmesi ve şekillendirilmesi esnasında belirli miktarda dentin dokusu kaldırılır (118,132) Reeh ve ark. (133) endodontik işlemleri, dişlerin dayanıklılığına etkisi açısından restoratif işlemlerle kıyaslanmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre; endodontide kök kanalı tedavisi esnasında uygulanan işlemler dişin dayanıklılığını %5 oranında azaltırken, kural restoratif işlemler dişin belirgin oranda zayıflamasına neden olmaktadır. Dişe uygulanan MOD kavite preparasyonunun dişin dayanıklılığını %60' tan fazla azalttığı, büyük oranda zayıflattığı bildirilmiştir. Kök kanalı tedavisi görmüş dişlerin dayanıklılığının azalması dişin kural yapısındaki doku kaybı ile birlikte kök kanallarının şekillendirilmesi esnasında kök dentininin aşırı miktarda kaldırılması nedeniyle de oluşabilmektedir (133).

2.1.1.2. Sıvı Kaybı :

Dentinin yapısı incelendiğinde kural dentinin sıvı oranının %13,2 olduğu ve kural dentinin, kök dentinine oranla daha fazla sayıda dentin kanalcığı içerdiği bilinmektedir. Kök dentini daha az dentin kanalcığı, daha fazla inorganik maddeye sahip olduğu için daha az sıvı içerir. Yaşlanmayla birlikte, peritübüler dentin daha fazla oranda birikir ve bu da dişte sıvı içeren organik kısmın azalmasına yol açar (61).

1956 yılında Battistone ve Burnett (12), dişlerdeki sıvıyı dehidrate ettikten sonra bu sıvının dişin yapısına tekrar ilave edilemediğini bildirmişlerdir. Buna göre kalsifiye dokularda sıvı kaybı meydana geldikten sonra kaybedilen sıvının tekrar yerine konması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle endodontik tedavi görmüş dişlerdeki sıvı kaybı geri dönüşümsüzdür. Kök kanalı tedavili dişlerin kırılabilirliği madde kaybı ile birlikte nem oranındaki azalmaya bağlanmıştır. Bu varsayım, Helfer ve ark. 'nın (63) yaptığı bir çalışma ile doğrulanmıştır. Helfer ve ark. (63), pulpası alınmış köpek dişlerinin nem oranının vital olanlara göre %9 oranında daha düşük düzeyde olduğunu göstermiştir.

2.1.1.3. Kollagen Miktarındaki Değişme:

Kollagen, dentinin organik matriksini oluşturur. Bu matriksin liflerinde inorganik kalsiyum fosfat tuzları bulunmaktadır. Kollagen moleküllerinin çapraz bağlantıları dentinin sertliğe ve gerilmelere karşı dirençli olmasını sağlamaktadır. Pulpası alınmış dişlerin daha kırılabilir olması çapraz bağlarda meydana gelen değişimlere bağlanmaktadır (61)

2.1.2. 'Post-Core' Restorasyonları;

'Post-core' restorasyonlar, kök kanalı tedavili dişlerde dişin kural bölgesinde madde kayıplarının fazla olduğu durumlarda , kaybedilen dokuları yerine konmak , asıl restorasyona retansiyon ve direnç sağlanması amacı ile uygulanmaktadır.

'Post -core' restorasyonlarında ; post, 'core' ve coping bölümleri bulunmaktadır (5,137):

Post; kök kanalının 2/3'üne kadar uzanan destek ve retansiyon sağlayan kısımdır. İdeal bir post geride kalan diş yapılarına stres oluşturmadan retansiyon sağlamalıdır.

Core; kural yapının kaybolduğu dişlerin kök kanallarına uygulanan post ile bağlantı yapılarak diş formu verilen yapıdır. Postun kural uzantısı olarak düşünülebilir.

Coping; ortalama 2mm genişliğinde metal bir banttır. Dişte bilezik (ferrule) etkisi yaratarak kökü çevre sarar. Core'nin bir parçası olarak veya daimi restorasyon ile oluşturulabilir. 'Coping'in amacı fonksiyonel kuvvetlerin diş kökünde daha düzgün ve eşit dağılımını sağlamaktır. Böylelikle kökteki dikey kırıklar ve kuronda oluşabilecek yatay kırıklara karşı 'ferrule' etki sağlanarak restorasyonun bütünlüğü korunabilmektedir (5,137,155)

2.1.2.1. 'Post-Core' Restorasyonların Endikasyonları (5,137) :

1. Pulpada geri dönüşümsüz hasarın bulunduğu durumlarda,
2. Dişin kural bölgesinde madde kaybının %60' tan fazla olduğu veya geride kalan diş yapılarının boyut, lokalizasyon olarak kuvvetlere karşı yeterli direnç gösteremediği, diş dokularının kaybedildiği, yetersiz olduğu ve birbirini destekleyecek karşıt duvarların kalmadığı durumlarda,
3. Malpoze dişin oklüzal veya aksiyal yönde düzeltilmesi sonucunda aşırı madde kaybı olduğunda,
4. Kök kanalı tedavisi sonrasında kırılma eğilimi olan dişlerde,
5. Parsiyel protez ve köprülerde destek olarak kullanılacak endodontik tedavili dişlerde,
6. Overdenture tekniklerinde diş köklerinden destek almak istendiğinde, uygulanmaktadır.

2.1.2.2. 'Post-Core' Restorasyonlarda Kontrendikasyonlar (5,137) :

1. Kökü ince, kırılmaya eğilimli, olan dişlerde,
2. Periapikal patoloji varlığında,
3. Kök kanalı dolgusunun yeterli yapılamadığı durumlarda uygulanmamaktadır.

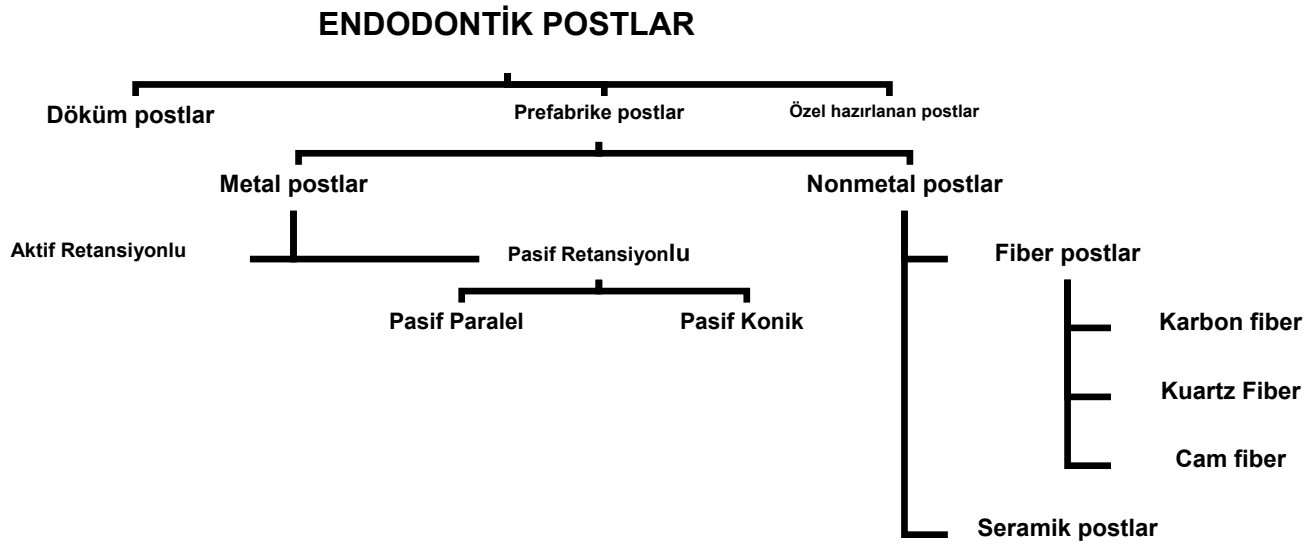
2.1.3. Endodontik Postların Sınıflandırılması (Şekil 2- 1):

Postlar yapım şekillerine göre 3 gruba ayrılır (97,137,175):

2.1.3.1. Döküm Postlar

2.1.3.2. Prefabrik Postlar

2.1.3.3. Özel Hazırlanan Postlar



Şekil 2-1: Endodontik postların sınıflandırılması

2.1.3.1. Döküm Postlar:

Kuronları aşırı derecede harabiyete uğramış geniş ve düzensiz kök kanalı olan dişlerde tercih edilmektedir. Konik ve dairesel kesite sahip olmayan kök kanallarında, döküm postların uyumunun daha iyi olduğu bildirilmiştir (5,113,135). Döküm postlarda, genellikle Tip III ve Tip IV dental altın alaşımı kullanılmakla birlikte Co-Cr, Ni- Cr, Ti vb. soy olmayan metal alaşımları da kullanılmaktadır. Döküm ‘post-core’ restorasyonlar direkt ve indirekt yöntemlerle yapılmaktadır (5,102,113):

2.1.3.2. Prefabrike Postlar:

Metal Postlar:

Aktif ve pasif retansiyonlu postlar olmak üzere iki gruba ayrılır. Aktif postlar yivler ile kök kanalı duvarına sıkıca tutunurken pasif postların retansiyonu kullanılan siman ile sağlanır. Aktif postlar pasif postlara kıyasla daha retantif olmalarına karşın kök kanal içinde pasif postlardan daha fazla stres oluştururlar (154). Aktif postların uygulanması kolaydır, ancak kökteki sağlam dentin miktarının fazla olması gerekmektedir (42). Bu nedenle kullanımı maksimum retansiyon gerektiren kısa köklerle sınırlı tutulmalıdır.

A. Aktif Postlar: Bu tip postlarda tutuculuk açısından dentinden daha fazla yararlanılması amaçlanmıştır. Post yüzeylerinde kök kanalı dentinine sıkıca bağlanan yivler ve vidalar bulunmaktadır. Silindirik formda ve yüzeyi vidalı olan postlar, tutuculuğu en fazla olan postlardır (43,86,91).

B. Pasif Postlar: Döküm post'lar, yüzeyi düz konik post'lar, düz paralel post'lar; pasif retansiyonlu post'lar arasında sayılabilir. Pasif retansiyonlu post'lar, kendileri için özel olarak hazırlanmış kök kanalına uyum gösterirler. Pasif post tutuculuğu, post ile kök kanalı duvarı arasında kalan ve post'un içine gömülmüş olduğu ince bir siman ile sağlanır (42).

B.1. Pasif Konik Postlar : En eski post tipidir. Uygulamaları kolay olduğundan yaygın olarak kullanılırlar. Konik form, kök kanalının doğal formu olduğundan, uygulanması çok kolaydır. Ayrıca konik form, siman çıkışına izin verdiği için minimum hidrostatik basınca neden olur. Buna karşın bu tip postların şekilleri nedeniyle oluşan kama etkisi, kök kırıklarına neden olduğu için bir dezavantaj teşkil etmektedir (26).

B.2. Pasif Paralel Kenarlı Postlar : Paralel kenarlı postlar konik postlardan tutuculuk açısından daha üstündür (135). Ancak bu tip postlarda kök kanalı hazırlığı esnasında apikalde daha fazla dentin kaldırılması gerektirdiğinden, dar, fazla konik ya da eğri kök kanallarında kullanımı her zaman uygun olmamaktadır. Bu nedenle pasif paralel kenarlı postlar, uzun, geniş köklü dişlerde daha başarılı sonuçlar vermektedir (43,86).

Nonmetal Postlar:

Üstün fiziksel özellikleri ve biyouyumlu olmaları nedeniyle metal postlar yaygın olarak kullanılmaktadır (68). Ancak, ön diş gruplarının metal postlar ve tamamı seramik kuronlarla restorasyonunda estetik açıdan bazı problemlerle karşılaşabilmektedir. Yapıştırıcı simanın ve seramik restorasyonun kalınlığına ve opaklığına bağlı olarak metalin koyu rengi, 'post-core' restorasyonun altından yansıyabilmektedir. Özellikle de 'post-core' yapımında kıymetsiz metal alaşımlar kullanıldığında korozyon ürünleri dişeti dokularında birikebilir ve kökün renklemesine neden olabilmektedir (48,68,88). Günümüzde giderek artan estetik ve biyolojik olarak uyumlu maddelere olan talep, metal olmayan 'post-core' sistemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır (68).

A. Fiber Postlar :

Epoksi rezin polimer matriksi tarafından sarılan karbon, silika, quartz ya da cam fiberlerden yapılmışlardır. Fiberler 7 – 10 µm çapında şeritlenmiş, örgülü veya longitudinal şekillerde bulunurlar. Metal içermedikleri için metal alerjisine ya da oksitlenmeye neden olmazlar, estetikler. Radyografilerde genellikle radyolusent görüntü verirler.

Fiber postların mekanik özellikleri anisotropik olarak adlandırılmaktadır (124). Bu özellik postların farklı doğrultularda yüklendiklerinde farklı fiziksel özellikler göstermesidir. Bu özelliğe bağlı olarak postların yükleme altındaki elastik modülleri de değişmektedir. Fiber postların en önemli avantajlarından biri elastik modülünün dentinin elastik modülüne (18,6 GPa) yakın olmasıdır. Bu nedenle fiber postlarla birlikte kompozit rezin siman ve 'core' materyali kullanılmasının homojen bir bütünlüğün sağlandığı düşünülmektedir (18). Bu materyaller birlikte kullanıldıklarında güçlü bir monoblok sistem oluşturarak kırılma riskini en aza indirmektedirler (18,36). Monoblok oluşturan materyallerin (dentin, post, siman, 'core' materyali) benzer elastik modülüne sahip olmaları gerekir (18).

A.1 Karbon Fiber Postlar :

Karbon fiber kök kanal postları, epoksi rezin matriks içinde aynı yönde paralel şekilde sıralanmış, 8 µm çapındaki karbon fiberlerden oluşur. Bu fiberler postun ağırlık olarak %64'nü oluşturmaktadır (124). Karbon fiber postlar, biyouyumluluk, korozyona direnç ve dayanıklılık gibi birçok avantaja sahiptir (36,44). Gerekli olduğunda kök kanalından kolaylıkla uzaklaştırılabilir (47,102). Karbon fiber postların dezavantajları koyu renkli ve radyolüsent olmalarıdır. Bu durum diş rengine daha yakın renge sahip, translüsent silika fiber postların geliştirilmesine neden olmuştur. Bu postlar cam fiber veya kuartz fiber postlar olarak adlandırılmaktadır (44,123).

A.2. Kuartz Fiber Postlar :

Fiberle güçlendirilmiş postlardan biri de translüsent kuartz fiber post sistemidir. Kuartz, kristalize formdaki saf silikadır. Bu yapı, inert bir materyaldir. Isı genleşme katsayısı düşüktür (102). Bu tip postların özelliği ışık geçirgen olması ve bu sayede adeziv sistemlerin ve ışıkla sertleşen rezin simanların polimerizasyonlarını artırmasıdır (44).

A.3. Cam Fiber Postlar :

Son zamanlarda cam fiber postlar piyasaya sürülmüştür (95). Bu tip postlar rezin matriks içine gömülmüş cam fiberlerden oluşmaktadır. Genellikle kullanılan fiberler silika bazlıdır ve kalsiyum, boron, sodyum gibi değerli oksitleri içermektedir. Cam fiberler en estetik postlardır. Cam fiber postların fiziksel özellikleri dentine ve kompozit rezine benzer. Dişin sert dokularına, kompozite ve simana bağlanır. Biyouyumludur, korozyon ve kırılma riski yoktur. Postlar istenilen uzunlukta kolaylıkla kısaltılabilir ve istenildiğinde frez yardımı ile kök kanalından kolaylıkla uzaklaştırılabilir. Ancak bu postların direnci ve elastik modülü karbon ve kuartz fiber postlara oranla daha düşüktür (44). Nemli ortamda stabil olmamaları da diğer bir dezavantajlarıdır (44,101).

B. Seramik Postlar :

Seramik post-core'lerin estetik özellikleri (68,157) ve biyouyumlu olmaları en büyük avantajlarıdır (88,108) Seramik 'post-core' dentine benzer rengiyle, üzerine uygulanan tam seramik kuronlarda daha derin ışık geçirgenliği sağlayarak restorasyonun estetiğini artırmaktadır (38,65,123). Seramik postların en büyük dezavantajı metal postlardan daha düşük bir kırılma direncine sahip olmaları ve postun 'core' yapısına bağlanma yeteneğinin az olmasıdır (157). Bu nedenle leucite ile güçlendirilmiş seramik 'core' materyali ile postun üzerine ısı ve basınç ile preslenmesi yöntemi geliştirilmiştir (65,77,157). Seramik postların diğer bir dezavantajı da başarısızlığa uğradığında ilgili diş dokusundan uzaklaştırılmasının güç olmasıdır (125,157).

2.2. İkinci Bölüm - FEM Analizi :

Ağız içi ve çevresindeki yapılar (diş ve destek dokular, temporo-mandibular eklem, diş hekimliğinde kullanılan restoratif malzemeler ve protezler) fonksiyonel ve parafonksiyonel çiğneme kuvvetlerinin etkisi altında kalmaktadır (26). Ağız içinde meydana gelen kuvvetler ve dağılımları çok iyi belirlenmelidir. Oluşan kuvvetlerin yönlendirilerek, fizyolojik sınırlar içinde kalması ve dokuların korunması sağlanmalıdır (147). Biyomekanik analizlerin amacı, stomatognatik sistem üzerine etkili mekanizmaların biyolojik ve fiziksel parametrelerle ilgili olup olmadığının tespiti (16,21)ve biyomekanik açıdan optimal bir protetik planlama yapılabilmesi için gerekli olan verilerin elde edilmesidir (16) Çiğneme kuvvetlerinin etkisi altında, doğal diş ve restorasyonların üzerine gelen kuvvetlerin yoğunlaştığı bölgeleri tespit etmek, uygulamalar sırasında dokuların durumunu ve yapısını değerlendirmek, optimal tasarımlar için gerekli şartların nasıl sağlanacağını önceden belirlemek amacı ile çeşitli stres analizlerinden yararlanılmaktadır (147).

2.2.1. Günümüzde Diş Hekimliğinde Kullanılan Stres Analiz Yöntemleri (26,31):

2.2.1.1. Kırılğan Vernik Yöntemi İle Kuvvet Analizi

2.2.1.2. Fotoelastik Kuvvet Analiz Yöntemi

2.2.1.3. Gerilim Ölçerli Kuvvet Analiz Yöntemi

2.2.1.4. Holografik Interferometri Yöntemi

2.2.1.5. Termografik Kuvvet Analizi

2.2.1.6. Radyoteleometri

2.2.1.7. Sonlu Elemanlar Yöntemi

2.2.1.1. Kırılğan Vernik Yöntemi ile Kuvvet Analizi: Kırılğan vernik, kuvvet dağılımı incelenecek modelin üzerine sürülüp fırınlandıktan sonra, model üzerine kuvvet uygulaması ile gerçekleştirilir. Cisme kuvvet uygulandığında, vernik üzerinde dik yönde uygulama noktasından uzaklaştıkça azalan çatlaklar oluşur. Kuvvetlerin yoğun olduğu bölgelerde izlenen çatlaklar, kuvvet hatlarının doğrultusunu gösterir (31,147).

2.2.1.2. Fotoelastik Kuvvet Analiz Yöntemi: Geometrik şekilde olmayan cisimlerde kuvvetin akışını gözlemek için bu yöntemden yararlanılır. Bu yöntemde karışık yapılar içinde oluşan mekanik içsel gerilmeler ışık taslakları haline dönüştürülerek, gözle görülebilir hale getirilir. Oral bölge gibi çok karmaşık şekli olan yapıların, fotoelastik özellik gösteren materyal ile şekillendirilerek yüklenmesi durumunda, restoratif elemanların ürettiği stresler modelin her kesiminde gözlenebilir. Modelden kesitler alınır ve polariskopta incelendikten sonra fotoğrafları çekilir (147,165).

2.2.1.3. Gerilim Ölçer ile Kuvvet Analizi: Gerilim ölçer yük altındaki yapıların bünyesinde oluşan doğrusal şekil değişikliklerini saptayan bir araçtır. Bunların mekanik, mekanik-optik, optik, akustik, elektrik ve elektronik bünyeye sahip olan şekilleri mevcuttur. Bu yöntem, kalibre edilmiş elektriksel direnç elemanları yardımıyla stres altındaki boyutsal değişiklikleri inceler (147,165).

2.2.1.4. Holografik Interferometri Yöntemi: Lazer ışını kullanılarak bir cismin üç boyutlu görüntüsünün holografik film üzerine kaydedilmesini sağlayan optik bir yöntemdir. Bu yöntemle yapılan kuvvet analizinde, ışık girişim saçaklarını uzaktan ölçen interferometri denilen bir alet kullanılır. Bu alet cisimler üzerindeki aralık ve yer değiştirme miktarını, çıkardığı iki lazer ışın demeti ile ölçer. Işın verilmesi sırasında cisim hareket ettirildiğinde, holografik görüntüde şekillenen saçakların değerlendirilmesi ile sonuca gidilir (147,165).

2.2.1.5. Termografik Kuvvet Analizi: Bu yöntem bir kuvvet karşısında materyalin içerisinde oluşan moleküler düzeydeki ısı değişikliklerinin ölçülmesi olarak tanımlanabilir. Dolayısı ile homojen materyallere uygulanan kuvvet yüklemelerinde oluşan streslerin toplamı ile orantılı olarak ortaya çıkan ısı değişiklikleri, materyal üzerinde yoğunlaşan belirli noktalarda incelenebilir (31).

2.2.1.6. Radyoteleometri: Bu yöntem, bilgisayar donanımları ile herhangi bir materyalle bağlantısı olmadan verilerin iletimi üzerine kurulu bir yöntemdir. Yöntemde bir güç kaynağı, radyotransmitter, bir alıcı, materyal üzerine yapışan gerilim ölçerler, gerilim ölçer amplifieri, anten ve bir veri kaydedici kullanılır. Gerilimölçer üzerinde oluşan direnç farklılıkları voltaj düşmelerine neden olmakta, bu da radyo-elementlerin frekansını ayarlamakta ve etkilemektedir (31).

2.2.1.7. Sonlu Elemanlar Yöntemi (6,52):

“Sonlu Elemanlar Analizi ” mühendislerin karşılaştığı karmaşık ve zor fiziksel problemleri kabul edilebilir bir yaklaşıklıkla çözebilen sayısal bir çözüm yöntemidir. Sonlu elemanlar yöntemi fizik ve mühendislikte karşılaşılan birçok problemin çözümünde kullanılan en yaygın ve etkin sayısal yöntemlerden biridir. Sonlu elemanlar metodu matematikçilerden daha çok mühendisler tarafından geliştirilmiştir. Metod ilk olarak gerilme analizi problemlerine uygulanmıştır. Günümüzde ise dayanım, akışkan, titreşim ve dinamik hesaplarında da kullanılmaktadır.

Sonlu Elemanlar Analizi fiziksel bir sistemin matematik olarak ifade edilmesidir. Bu sistem alt parçalara ayrılabilen bir model olup, malzeme özelliklerine ve uygulanabilir sınır şartlarına sahiptir.

Sonlu Elemanlar düzensiz ve karmaşık geometriye sahip sistemlerin incelenmesine olanak sağlar. Bu yöntem değişik ve karmaşık malzeme özellikleri olan sistemlerde uygulanabilir.

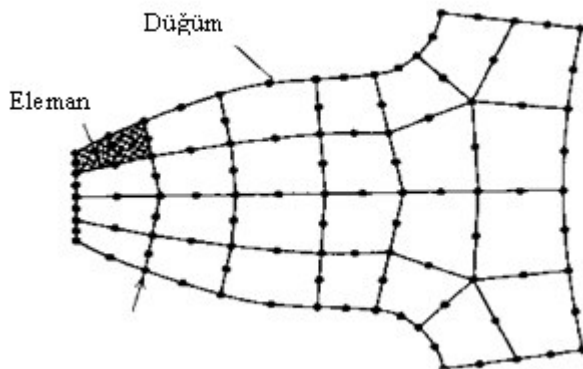
Modern sonlu elemanlar yöntemi, 1900’lu yıllardan beri kullanılmaktadır. Bu yıllarda bazı araştırmacılar sürekli elastik durumu, eş boyutlardaki kesikli elastik parçalarla modellemişlerdir. Bununla birlikte, Courant (52) sonlu elemanlar yöntemini ilk geliştiren kişi olarak anılmıştır. Courant (52), 1940’lı yıllarda yayınladığı bir makalede, burulma problemlerini araştırmak için parçalı polinom interpolasyonunu üçgensel alt bölgeler (elemanlar) üzerinde kullanmıştır. Sonlu elemanlar stres analizlerinin kullanıldığı diğer önemli adım, Boeing’in 1950’lerde uçak kanatlarını modellemek için üçgen gerilim elemanlarının kullanılmasıyla atılmıştır.

Uzay ve havacılık endüstrisinde yapısal problemlerin çözümü için kullanılan bu yöntem, 1960'larda diğer mühendislik alanlarında da kullanmaya başlanmıştır. Zienkiewicz ve Cheung (52) 1967'de sonlu elemanlar yöntemini anlatan bir kitap yazmışlardır. Günümüzde bu yöntem geliştirilerek ısı transferi, sıvı akışı, kütle transferi ve elektromanyetik problemler, dayanım, titreşim ve dinamik problemlerini çözmek için kullanılmaktadır. Sonlu elemanlar stres analizi yönteminde tüm sistemin ağ yapısı, elemanları, düğümleri ve sınır koşulları oluşturularak problem çözülmektedir.

Dental sistemler ise karmaşık geometriye sahiptir. Bu nedenle sonlu elemanlar stres analizi yönteminin kullanımı dental sistemler için son derece uygundur (6,52).

Sonlu elemanlar yöntemi, karmaşık problemlerin basit alt problemlere ayrılarak her birinin kendi içinde çözülmesiyle tam çözümün bulunduğu bir çözüm şekli olarak tanımlanabilir (83). Bu yöntemin temel prensibi her cismin belli sayıda küçük parçalara bölünmesi ve bunların birbirleriyle komşuluk yapan köşelerinde oluşturulan noktaları ile temasta olmalarıdır (25).

Yöntemde çözümü istenen geometrik cisme (ör: alt çene kemiği) ait problemin tam olarak formüle edilmesinin güçlüğü nedeniyle hesaplanması daha kolay önceden bilinen küçük geometrik birimlere (ör; çubuk, üçgen, dörtgen, dörtgenler prizması ve piramit) bölünmektedir. Tüm yapı davranışı daha önce belirlenmiş olan bu geometrik birimlere "*eleman*" (element), elemanlara bölünmüş geometrik cisme "*matematiksel model*" ve bu elemanları birleştiren köşe noktalarına "*düğüm*" (node) adı verilir (Şekil 2-2).



Şekil 2-2: Bir sonlu eleman modelinde düğüm noktaları ve elemanlar (25).

Oluşturulan matematiksel modelde sisteme dışarıdan bir yükün etki etmesini takiben elemanlar, kendi materyal özelliklerine ve geometrik kenar koşullarına göre deforme olurlar. Elemanlardaki bu deformasyonlar sonucu stres ve gerinim oluşur. Tüm sistemi etkileyen deformasyonların ve streslerin toplamı sistem içi ve sistem dışı kuvvetlerin denge hali olarak tanımlanır (14-16,29).

Sistemi oluşturan her elemandaki deplasmanlar fonksiyonların lineer kombinasyonları olarak ele alınır ve bu kombinasyon komşu elemanlarda devam eder. Ana yapının veya sistemin potansiyel enerjisi, düğümlerin birleştiği elemanların potansiyel enerji toplamına eşittir. Sistemin gerçekçi bir incelemeye tabi tutulması için kullanılacak eleman sayısı yeterli olmalıdır. Eleman sayısındaki artış çözülmesi gereken denklem sayısının artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle denklem takımının çözümünde bilgisayar kullanımı zorunlu olmaktadır (25).

Sonlu elemanlar metodunda temel fikir, sürekli fonksiyonları, bölgesel sürekli fonksiyonlar (genellikle polinomlar) ile temsil etmektir. Bunun anlamı, bir eleman içerisinde hesaplanması istenen büyüklük (ör: deplasmanın) değerinin, o elemanın düğümlerindeki değerler kullanılarak hesaplanmasıdır (25). Bu nedenle, sonlu elemanlar metodunda bilinmeyen ve hesaplanması istenen değerler düğümlerdeki değerlerdir. Belirli bir prensip (ör: enerjinin minimum olması prensibi) kullanılarak, büyüklük alanının düğümlerdeki değerleri için bir denklem takımı elde edilir.

$$[\mathbf{K}] \cdot [\mathbf{D}] = [\mathbf{R}]$$

Burada, $[\mathbf{D}]$ büyüklük alanının düğümlerdeki bilinmeyen değerlerini temsil eden vektör, $[\mathbf{R}]$ bilinen yük vektörü ve $[\mathbf{K}]$ ise bilinen sabitler matrisidir. Stres analizinde, $[\mathbf{K}]$ dirençlilik matrisi olarak bilinmektedir (25).

A. Sonlu elemanlar stres analiz yönteminde uygulanan işlem basamakları (83) :

- Cismin sonlu elemanlara bölünmesi,
- Interpolasyon fonksiyonlarının seçimi,
- Eleman direngenlik matrisinin oluşturulması,
- Sistem direngenlik matrisinin hesaplanması,
- Sisteme etki eden kuvvetlerin bulunması,
- Sınır şartlarının belirlenmesi ve uygulanması,
- Sistem denklemlerinin çözümü.

B. Sonlu elemanlar gerilme analizi yönteminde problemin çözülebilmesi için bilgisayara aşağıdaki bilgilerin verilmesi gerekmektedir:

- Analizi yapılacak cismin geometrisini oluşturan koordinatlar,
- Uygun eleman tipinin seçimi,
- Geometrinin elemanlara bölünmesi,
- Modeli oluşturan materyallerin özellikleri,
- Modele uygulanan dış etkenler (uygulanan kuvvet ve yönü vb.),
- Geometrinin sınır şartları (destekleme yeri, doğrultusu vb.),
- Analizin tipi(dinamik, statik, elektromanyetik vb.).

Böylece bilgisayarda çok sayıda denklemler çözüldükten sonra kuvvet uygulaması altında yapı içerisinde her düğümde oluşan stresler ve yer değiştirmeler hesaplanabilir.

C. Sonlu elemanlar yönteminin avantajları (33,35,41,165):

- a. Sonlu elemanlar, boyutları ve şekillerinin esnekliği nedeniyle, verilen bir cisimi temsil edebilir, hatta karmaşık şekilli bir cisimde daha güvenilir olabilir.
- b. Çok bağlantılı bölgeler (yani bir veya çok delikli cisimler) veya köseleri olan bölgeler zorluk çekilmeksizin incelenebilir.
- c. Değişik malzeme veya geometrik özellikleri bulunan problemler tek bir zorluk göstermez. Geometri ve malzemenin yapısındaki bozukluklar, değişken özellikler (zamana bağlı), malzeme özellikleri kolaylıkla göz önüne alınabilir.
- d. Sebep-sonuç bağıntılarına ait problemler tümel direngenlik matrisi ile birbirine bağlanan genelleştirilmiş "kuvvetler" ve "yer değiştirmeler" cinsinden formüle edilebilir. Sonlu eleman metodunun bu özelliği problemin anlaşılmasını ve çözülmesini hem mümkün kılar hem de basitleştirir.
- e. Sınır şartları kolayca uygulanır.
- f. Sonlu eleman metodunun çok yönlülük ve esnekliği karmaşık yapılarda, sürekli ortam, alan ve diğer problemlerde sebep sonuç ilişkilerini hesaplamak için çok etkin bir şekilde kullanılabilir. Analitik ve deneysel metotlardan daha hassas sonuç verir.

D. Sonlu elemanlar yönteminin dezavantajları (33,35,41,165):

- a. Programların maliyetleri çok yüksektir.
- b. Programlar patentlidir. Bu sebepten dolayı kullanılan programlar lisanslı olmalıdır ve her kullanıcının bir girişi vardır. Bu programlar sık sık revize edilmelidir.
- c. Programların kullanılabilmesi için iyi bir donanıma sahip olmak gerekir. Bu sebeple PC'nin maliyeti de artar.

E. Sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile ilgili temel kavramlar (52) :

Sınır şartları (Boundary conditions): Sınır şartları gerilmelerin ve deplasmanların sınır ifadelerini kapsar. Yani cismin nereden sabitlendiğini ve kuvvetin neresinden uygulandığını gösterir. Cismin durumuna göre belirlenir. Analizi yapılan cismin kuvvetin neresine uygulanacaksa sınır şartları da ona göre belirlenir.

Yapısal modellerde daha fazla detay için imkan sağlayan modelin çizilmesi çizilen modelin SEA için bölümlendirilmesini bu bölümlerin düzenlenmesini pre işlemler ve analiz işlemlerini de post işlemler olarak adlandırılabilir.

E.1. Element (Eleman):

Sonlu elemanlar yönteminde sistemi tanımlayan bölge, "element (eleman)" olarak adlandırılan basit geometrik şekillere parçalanır. Bu elemanlar, "düğüm" olarak adlandırılan özel noktadaki bilinmeyen değerler cinsinden ifade edilir. Sınır koşullarını da içerecek şekilde elemanların birleştirilmesi sonucu lineer veya lineer olmayan cebirsel denklem seti elde edilir. Bu denklemlerin çözümü, sistemin yaklaşık davranışını verir.

Sonlu elemanlar yönteminde elemanlar geometrisine göre, üçgen, paralel kenar, dörtgen elemanlar olarak sınıflandırılırken, boyutlarına göre tek boyutlu, iki boyutlu, dönelele elemanlar, üç boyutlu elemanlar, izoparametrik elemanlar olarak, düğüm sayısına ve düğüm sayısındaki bilinmeyenlere ve sürekli ortam probleminin özelliklerine göre ise plak, levha, kabuk problemleri olarak sınıflandırılmaktadır.

Sonlu elemanlar yöntemi düğüm noktaları için tanımlanmış şartları, cebirsel lineer denklemlere çevirir, önce bu denklemler çözülür ve bütün elemanlardaki gerçek gerilmeleri bulmaya çalışır. Sonuç olarak model ne kadar çok sayıda elemana bölünürse daha gerçekçi sonuçlar elde edilir.

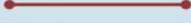





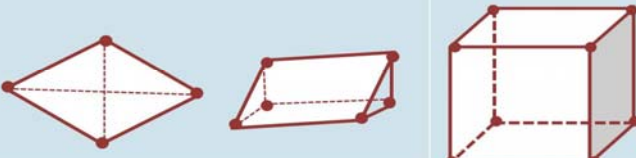

E.2. Dügüm (Node):

Sonlu elemanlar yönteminde modeller, sonlu sayıda elemanlara bölünür. Bu elemanlar belli noktalardan birbirleriyle bağlanır, bu noktalara düğüm (node) denir. Katı modellerde her bir elemendeki yer değistirmeler, dogrudan düğüm noktalarındaki yer değistirmelerle ilişkilidir. Düğüm noktalarındaki yer değistirmeler ise elemanların gerilmeleriyle ilişkilidir. Sonlu elemanlar yöntemi, bu düğümlerdeki yer değistirmeleri çözmeye çalışır. Böylece gerilme yaklaşık olarak uygulanan yüke eşit bulunur. Bu düğüm noktaları mutlaka belli noktalardan hareketsiz bir şekilde sabitlenmelidir.

E.3. Mesh (Ağ) Oluşturulması:

Mesh (ağ) oluşturma işlemi, düğüm noktalarının ve elemanların koordinatlarını oluşturur. Aynı zamanda kullanıcı tarafından girilen minimum bilgiye karşılık optimum sürede otomatik olarak düğüm noktalarını ve elemanları sıralar, numaralanmasını sağlar. Mesh üretme konusunda kullanıcının ayrıca üzerinde mesh üretilecek alanda, hangi bölgelerin eleman yoğunluğunun fazla olacağına hangi bölgelerin eleman yoğunluğunun daha az olacağına karar vermesi gerekebilir. Genellikle, önemli olduğu veya kendi içinde büyük gradyene (değişime) sahip olduğu bilinen veya tahmin edilebilen bölgelerde, birim alana daha fazla eleman yerleştirilir. Mesh oluşturmada modeller sonlu sayıda elemanlara bölünür.

Sonlu elemanlar stres analiz yönteminde, mesh oluşturulmasında kullanılan bazı elemanlar Şekil 2-3' te gösterilmektedir.

| Boyut | Eleman Derecesi | Eleman Şekli | Eleman Tipi |
|-----------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1 Boyut | Lineer |  | Kiriş |
| | Kuadratik |  | Kiriş |
| | Kübik |  | Kiriş |
| 2 Boyut (Alan) | Lineer |  | Tabaka-kabuk |
| | Kuadratik |  | |
| | Kübik |  | |
| 3 Boyut (Hacim) | Lineer |  | |
| | Kuadratik |  | |

Şekil 2-3: Mesh (ağ) oluşturulurken kullanılan bazı elemanlar

E.4. Simetrik model : Simetrik model bir cismi herhangi bir yerinden katladığımızda bu katlanan kısımların birbirinin aynı olma durumudur.

E.5. Axisimetrik model : Eksenel simetrik anlamına gelir. Merkezinden bir eksen geçen bir cismin ekseninin iki tarafının birbirinin aynısı olma durumuna denir.

E.6. 1-D, 2-D ve 3-D modelleme :

E.6.1. 1-D modellemede, oluşturulan model tek eksenli olur. Yani yüksek hesap gerekmeden ya da kuvvetin tek ekseninden etki ettiği durumlarda kullanılabilir.

E.6.2. 2-D modellerde çizilen parçalar ise 2 boyutlu olarak oluşturulur. Oluşan kuvvetler 2 eksen doğrultusunda etki ettirilir. Oluşan etkilerde bu yönlerde meydana gelir. Kullanım yeri ise 3 boyutlu hareket eksenini olmayan veya özellikleri nedeniyle başka eksenlerde çalışmayan sistemlerdir.

E.6.3. 3-D modelleme ise gerçek dünyanın koordinat düzlemine göre oluşan kuvvetleri simüle etmek için kullanılır. Her ekseninde olan kuvvetler hesaba katılmış olur. Böylece daha hassas ve gerçek sonuçlar elde edilebilir.

E.7. Katı Modelleme (solid modelling):

Gerçek anlamda cismin iç ve dış geometrisinin tanımı yapılmış olur. Tel çerçeve veya yüzey modelleme yöntemlerinin zayıf kaldığı birçok nokta bu yöntemde giderilmiştir. Katı modelleme sonucu elde edilen görüntü tel çerçeve veya yüzey modelleme görüntülerinin gizli çizgilerinin kaldırılması ile elde edilen görüntüye benzer. Katı modellemenin esas özelliği görüntünün ötesinde cismin iç ve dış geometrisinin bilgi kütüğü şeklinde bilgisayara geçmiş olmasıdır. Böylece ağırlık, moment gibi parametreler hesaplanabilir veya kesitler alınarak cismin iç geometrik formu incelenebilir. Tüm bu işlemlerde kullanıcının müdahalesi ve çabası minimumdur. Cisimlerin yüzeylerindeki renkler, geçirgenlik, ışık yoğunluğu ve gölgeleme yapılabilir. Cisimlerin katı modellemesi için CAD programları iki yöntem kullanır. Bu yöntemler, bazı geometrik pirimitivlerin boolean mantığına göre birleştirilmesi veya çıkarılması veya yüzey sınırlarını belirleyecektir. Yüzey sınırlarının tanımı ve bu sınırlar boyunca iki boyutlu yüzeyler taraması ile cismin tüm hacmi tanımlanır. Eksenel simetri olan bir parça dönme şeklinde bir tarama ile kolaylıkla tanımlanır. Karmaşık yüzeylerde

tanımlanan eğriler boyunca yapılan tarama yüzeyi oluşturur. Tasarımlanacak cismin yapısına göre bu iki yöntemden birisi tercih edilir. Genelde cisimler silindir, dikdörtgen gibi parçalardan oluştuğu için pirimitiv kullanarak modelleme tercih edilir. CAD ortamında hızlı bir veri iletişim ve işlem gücü istemi yöntemin dezavantajı olarak gösterilmektedir. Bir ürünü her açıdan görmek, o ürünün gerçek yapı ve şekli hakkında daha iyi fikir edinmek için bilgisayar ortamında ürünün gerçek ölçüleri kriter alınarak görüntüsünün oluşturulmasıdır. Bir ürünü her açıdan görmek, o ürünün gerçek yapı ve şekli hakkında daha iyi fikir edinmek için bilgisayar ortamında ürünün gerçek ölçüleri kriter alınarak görüntüsünün oluşturulmasıdır. Bu sayede bir ürünün daha üretilmeden istenen şekil ve işlevi sağlayıp sağlamadığı kontrol edilebilir. Prototip üretme maliyeti düşer. Dayanım ve malzeme hesapları da yüksek maliyetli testlerle değil yazılım olarak yapılabileceğinden daha hızlı ve ucuz olur.

E.8. Statik modelleme :

Statik modelleme durağan cisimlerin modellenmesidir. Örneğin bildiğimiz solid cisimlerin modellenmesidir. Örneğin bir binanın kirişlerinin modellenmesi. Burada kirişlere binen yük ve yüke karşı dayanıklılığının bulunduğu modelledir. Zamana bağlı değişkenler arasında direkt ve eşzamanlı bağlantılar varsa ve bu değişkenlerin değerleri bir önceki değerlerinden bağımsız ise kurulan model statik özellik taşır. Statik modellemede oluşturulan elemanlar birbirlerine olan etkilerinde zamana göre yer değişimi oluşturmazlar. Bu bakımdan statik olduklarından dolayı hesaplamalar bu yönde yapılır.

E.9. Dinamik modelleme :

Dinamik modelleme ise hareketli sistemlerin modellenmesidir. Örneğin bir motorun hareketi halindeki ürettiği moment, harcadığı güç, ürettiği güç gibi değişkenlerin gösterildiği modellemedir. Ancak, eğer bir modelin değişkenlerinin değeri dışsal herhangi bir etki yerine kendisinin daha önceki değerlerine göre belirleniyorsa, bu durumda model dinamiktir. Yani hız, dayanım, sıcaklık gibi değerler zamana göre değişiklik gösteriyorsa model dinamiktir.

E.10. Malzeme modeli :

Malzeme özellikleri, malzemenin elastikiyet modülü veya özgül ağırlık gibi geometriden bağımsız fiziksel özelliklerdir. Bu noktada malzemenizin fiziksel özelliklerini tanımlanır. Örneğin katı yapısal problemler için, elastikiyet modülünü, poisson oranını ya da malzemenin yoğunluğu tanımlanmalıdır. Doğru element tipini seçmek analiz işleminin çok önemli bir parçasıdır. Bu adım için kullanıcının yeterince sonlu elemanlar yöntemi hakkında bilgi sahibi olması gerekir. Çözümü istenen cismin geometrisi, analizin tipi (mukavemet, ısı transferi, manyetik analiz tipi) ve sınırları eleman seçimini etkiler.

E.11. Stres (2-1):

Bir cismin herhangi bir kesitine gelen dik veya paralel kuvvetlerin bu kesitin alanına bölünmesi ile bulunan büyüklüğe stres denir ve uygulanan kuvvetle eşit şiddette ve zıt yönlüdür (25,31,174). Stres kavramı, malzemelerin dayanımı veya yükleme koşulları altındaki hatasını ifade etmekte kullanılmaktadır. Herhangi bir cisim deforme etmeye yönelik bir kuvvet uygulandığı zaman, bu dış kuvvet uygulamasına karşı cismin içinde bir reaksiyon meydana gelir. Yüzeyde oluşan gerilme değerini tanımlamak için kuvvet ve kuvvetin uygulandığı yüzeyin belirtilmesi gerekmektedir, uygulanan kuvvet ve stres, cismin yüzeyine dağılır (75).

$$\text{Stres} = \frac{F}{A} \quad \begin{array}{l} F: \text{Kuvvet} \\ A: \text{Alan} \end{array} \quad (2-1)$$

(1Pa = 1N/m² = 1N/10⁴ cm² =1N/10⁶mm²)

(25,75).

Bir cisim her yönden ve açıdan etkileyebilir. Çoğu zaman bu etkiler cisimde karmaşık streslerin oluşmasına yol açar. Bir cisim etkileyen kuvvetlerin oluşturduğu stresler 3 grupta toplanabilir (16,25,31,75).

Stres Türleri :

Herhangi bir yön ve büyüklükte uygulanan dış kuvvetler, cisim içinde farklı türlerde streslerin oluşmasına neden olur. Bu streslerden dış hekimliği açısından en önemlileri;

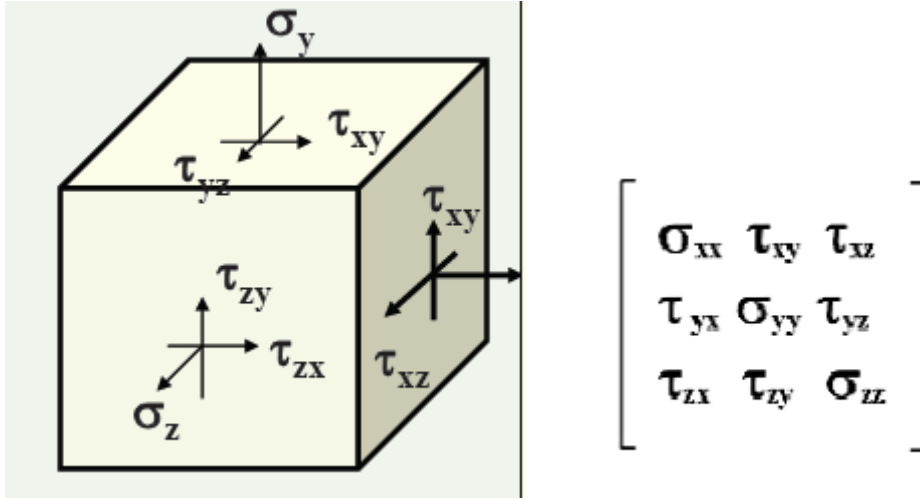
E.11.1. Çekme stresi (*tensile stress*): Aynı doğrultuda ve ters yönde iki kuvvetin cismi etkilemesiyle oluşur. Bu durumda cismi oluşturan moleküller birbirinden ayrılmaya zorlanır.

E.11.2. Basma stresi (*compressive stress*): Aynı doğrultuda ve aynı yönde iki kuvvetin cismi etkilemesiyle oluşur ve cisim içindeki molekülleri birbirine yaklaşmaya zorlar.

E.11.3. Kayma stresi (*Shear stress*): Farklı seviyelerde ve zıt yöndeki iki kuvvetin oluşturduğu ve cismin moleküllerini birbiri üzerinde yüzeye paralel yönde kaymaya zorlayan stres tipi.

Pratik şartlarda, bir cisme kuvvet uygulandığında o cisimde meydana gelen tek tip stres baskın olmasına rağmen, diğer iki tip stres de daima mevcuttur. Bunlara kompleks stresler adı verilir (26,174). Çekme ve basma streslerine normal stresler denir. Normal stresler s sembolü ve makaslama stresleri de t sembolü ile gösterilir. Bir adet üç boyutlu stres elemanının x,y ve z düzlemlerine bir tane normal, iki tane makaslama stresi etki eder (109).

Bir cisme kuvvet uygulandığında, cismin iç yapısında birim alanda oluşan kuvvetler Şekil 2-4’ de görüldüğü gibi üç boyutlu olarak, üç eksende incelenebilir



Şekil 2-4: Cisme kuvvet uygulandığında, cismin iç yapısında birim alanda oluşan kuvvetler (25)

Kombine streslere sahip bir sistemde analiz amacıyla “Principal Stres” adı verilen temel bir sistem oluşturulmaktadır. Üç boyutlu bir elemanda, en büyük stres değerleri, bütün makaslama stresi bileşenlerinin sıfır olduğu durumda oluşur. Bir eleman bu konumda olduğunda, normal streslere birincil stres adı verilir.

Birincil stres; maksimum (σ_1), minimum (σ_3) ve aradaki (σ_2) birincil stres olarak üçe ayrılır. σ_1 ; en yüksek artı değeri ve maksimum çekme stresini, σ_3 ise en küçük değeri ve maksimum basma stresini göstermektedir (109).

E.11.4. Principal stres (Asal Gerilme) (2-2):

Seçilen bir düzlemde mümkün olan tüm oryantasyonlara göre bir noktadaki normal stresin minimum veya maksimum değeridir. Seçilen bu düzlemde kesme (shear) stres sıfırdır. Karşılıklı üç dikey düzlemde üç adet principal stres mevcuttur. Bir noktada meydana gelen stres, uniaksiyel, biaksiyel veya triaksiyel olabilir. Uniaksiyel strete üç principal stresin ikisi sıfırdır. Biaksiyel strete, üç principal stresin biri sıfırdır. Triaksiyel strete ise; principal streslerin hiç biri sıfır değildir. Multiaksiyel stres tanımı ise biaksiyel veya triaksiyel stresi ifade etmektedir.

Asal gerilme, x ve y düzlemleri boyunca oluşan stresler kullanılarak aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \\ \sigma_2 &= \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \\ \tau_1 &= \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}\end{aligned}\quad (2-2)$$

E.11.5. Equivalent von Mises Stres (2-3):

Cisimde oluşan stresler çekme, basma veya kesme tipi stresler olabileceği gibi “Equivalent von Mises stresleri” olarak adlandırılan çekme, basma veya kesme tipi streslerin kombinasyonu şeklinde de olabilmektedir (6).

Principal stres x, y ve z temel düzlemlerinde oluşurken kesme stresleri xy, xz, yz düzlemlerinde tespit edilmektedir. Negatif stres değerleri basma, pozitif stres değerleri çekme streslerini göstermektedir. Aksiyel ve rotasyonel yüklemeler, principal ve kesme streslerle ilgili olmakla birlikte bu stresler tek başlarına sistemdeki yapısal başarısızlığı göstermemektedir. Distorsyon enerji teorisi, von Mises değeri ile gösterilmekte ve başarısızlığı daha doğru bildirmektedir. Bu teori, aksiyel ve rotasyonel boyuttaki principal ve shear stresleri kombine etmektedir, değeri daima pozitiftir ve şu formülle ifade edilmektedir (92):

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (2-3)$$

E.12. Gerinim (Strain) (2-4):

Gerinim, bir cisme kuvvet uygulanması sonucu cisminde meydana gelen birim uzunluktaki değişim şeklinde tanımlanır. Gerilme oluşturan kuvvet aynı zamanda gerinim de meydana getirmektedir. Gerinim atomların yer değiştirme miktarı olarak da ifade edilebilir. Atomların arasında yer değiştirmeye karşı koyan kuvvetler gerilim iken, atomların yer değiştirme direnci gerinimdir. Gerilme, büyüklüğü ve yönü olan bir kuvvet iken, gerinim bir kuvvet değil, sadece bir büyüklüktür ve aşağıdaki formülle hesaplanır (25,31,75).

$$\text{Gerinim} = \varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{\text{(Şekil değişikliği)}}{\text{(Orijinal uzunluk)}} \quad (2-4)$$

E.13. Yoğunluk (2-5) :

Birim hacimdeki kütle miktarıdır. Birimi g / cm³ tür. Aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \begin{array}{l} m: \text{Kütle} \\ v: \text{Hacim} \end{array} \quad (2-5)$$

E.14. Young Modülü (Elastisite Modülü) (2-6):

Elastiklik modülü (E), stres altında materyalin katılığını yani elastiklik sınırları içerisinde materyalin relatif dayanıklılığını, yani gerilme ile gerinim arasındaki oranı gösteren bir katsayıdır. Elastiklik modülü yük altındaki cismin moleküllerinin çekim kuvvetinin birim uzamaya gösterdiği iç dirençtir. Bu değer arttıkça, cismin uzamaya karşı gösterdiği direnç de artmaktadır. Sert materyallerin deformasyona karşı iç direncinin yüksek olması nedeni ile elastiklik modülü yüksek değerde bulunmaktadır (25,31,84). Çekme stresi durumunda elastikiyet modülü (Young Modülü), yükleme yüzeyinde yükleme doğrultusundaki stresin gerinime (strain) oranına eşittir (75). Birimi pascal (Pa)' dır.

$$\varepsilon = \frac{\text{Stres}}{\text{Strain}} = \frac{F / A}{\Delta L / L_0} = \frac{F \times L_0}{\Delta L \times A} \quad (2-6)$$

F: Kuvvet

A: Alan

IL: Uzunluktaki değişim

L0: Orijinal uzunluk

E.15. Poisson Oranı (2-7):

Bir cisme kuvvet etki ettiğinde, yükün geldiği yönde ve yüke dik olan yönlerde eş zamanlı bir gerinim meydana gelir. Elastik sınırlar içerisinde yüklemeye dik yöndeki gerinimin yükleme yönündeki gerinime oranıdır. Enine (lateral) gerinim ile eksensel (aksial) gerinim arasındaki orana “Poisson Oranı” olarak tanımlanmaktadır. μ veya sembolleriyle gösterilmektedir (75).

$$\text{Poisson Oranı} = \mu = \frac{\text{Lateral strain}}{\text{Axial strain}} = \frac{\epsilon_{yy}}{\epsilon_{xx}} \quad (2-7)$$

Poisson oranı teorik olarak sınırlara sahiptir. Buna göre, -1 den büyük 0,5 den küçük olmalıdır. Ancak pratikte negatif poisson oranına sahip malzemelere çok nadir rastlanmaktadır. Metallerde poisson oranı 0,25 ile 0,35 arasında değişmektedir. Negatif değer taşır, ancak mutlak değer içinde kabul edilir. (75).

Dental sistemler karmaşık geometriye sahiptir. Bu nedenle üç boyutlu sonlu elemanlar stres analizi yönteminin kullanımı dental sistemler için son derece uygundur. Bu yöntem ile ‘post-core’ sistemlerinin çiğneme kuvvetlerine karşı dayanıklılığını incelemek mümkündür. Üç boyutlu sonlu elemanlar stres analizi yöntemi kullanılarak ‘post-core’ ların biyomekanik özellikleri ile ilgili pek çok araştırma (23,66,121,171) mevcuttur.

Literatürde, ‘post-core’ sistemleri ile ilgili yapılan birçok araştırma sonucu klinik kullanıma rehberlik etmektedir. Ancak yine de ‘post-core’ sistemlerinde kullanılan teknik veya maddelere bağlı olarak sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle yeni teknikler ve maddeler geliştirmek amacı ile çalışmalar devam etmektedir.

Bu çalışmanın amacı; endodontik tedavili dişlerde 4 farklı ‘post-core’ sisteminin sıkışma-kesme kuvvetlerine dayanımlarının in vitro şartlarda iki farklı yöntem kullanılarak incelenmesidir.

2.3. Postlara ilişkin çalışmalar:

Endodontik tedavili dişlerin restorasyonu diş hekimliğinde uzun süredir araştırma konusu olmuştur (71). Aşırı kuron kaybı olan dişlerin restorasyonu ile ilgili çalışmalar, ilk olarak 18. yüzyılda Fauchard' ın kök kanalı içine tahta çiviler uygulamasıyla başlamıştır. Aynı araştırmacı daha sonraki yıllarda altın veya gümüş miller kullanarak üzerlerine seramik uygulamıştır. Haris (71), 1839 yılında gümüş, bakır ve pirincin korozif özellikleri olduğunu, bu postların yerine altın ve platin postların kullanımını önermiştir. 1848' de Tomes (126) , kök kanalının şekillendirilmesi ve temizlenmesi gibi endodontik işlemleri ve post boyutlarının prensiplerini ortaya koymuştur 1885 yılında Davis standart postlu kuronları hazırlamıştır. 1889 yılında Richmond, kök kanalı postu üzerindeki altın plaka çevresine bir altın halka tasarlayarak, kökün korunmasını amaçlamıştır. 1950 yılında Horst Uhlig, günümüzdeki 'post-core' yapılarının benzer yapımları üzerinde çalışmış, kök kanalının hazırlanmasında günümüzdeki yaklaşıma benzer uygulamalar yapmıştır. Colley, Hampson ve Lehman 1968 yılında postların tutuculuk özelliklerini incelemişler ve dikey kuvvetlere karşı direncin, post çapının büyüklüğü ve yüzeyinin düzensizliği ile doğru orantılı olduğunu bildirmişlerdir.

1976 yılında Caputo ve Standlee (13) pin ve postların endikasyonlarını açıklamışlardır. Bunu takiben 1978' de Miller, 'post-core' lerde direkt model tekniğini geliştirmiştir (13).

Diş materyallerdeki ilerlemeler sonucunda, bonding sistemlerinin de tanıtılmasıyla birlikte geliştirilen fiberle güçlendirilmiş kompozit rezinler ve güçlendirilmiş seramikler, yeni bir jenerasyon olan diş rengindeki post sistemleri olarak önerilmiştir (5,29). 1989 yılında Kwiatkowski ve Geller (88) cam seramik post sistemlerini tanımlamışlardır. 1990 yılında ise Duret ve arkadaşları karbon fiberle güçlendirilmiş post sistemlerini tanıtmışlardır. Bu araştırmacılar özellikle dişeti bölgesindeki estetik sorunların ortadan kaldırılması amacıyla seramik postlar önermişlerdir. 1991'de Kern ve Knode (88) isimli araştırmacılar cam infiltre edilmiş alüminyum oksit seramikten oluşan post 'core' yapılarını tanıtmışlardır. 1995'te Pissis cam seramik post 'core' ve kuronun tek parça yapımını amaçlayan 'monoblok' tekniğini tanıtmıştır.

1994 ve 1995 yıllarında Sandhouse ve Pasche (11) seramik postların kesme kuvvetlerine karşı dayanıksız olmaları nedeniyle zirkonya ile güçlendirerek diş hekimliğine tanıtmıştır. Bu postların, aynı zamanda dişlerin rengine uygun parlaklık sağlayarak dişeti kenarında oluşan gölgelenmeyi önlediği öne sürülmektedir.

1978 yılında Johnson ve Sakumura, (78) post şeklinin post retansiyonunda en önemli faktör olduğunu bildirmiş ve paralel kenarlı postların konik postlara göre 4-5 kat daha tutucu olduğunu tespit etmiştir. Bununla beraber post uzunluğunun 7mm'den 11mm'ye çıkarılmasının post tutuculuğunu %30, 9 mm'den 11 mm'ye çıkarılmasının ise %24 oranında arttırdığını göstermiştir.

Aynı yıl Standlee ve ark. (154) ise post tutuculuğunda postun şeklinin post uzunluğundan daha önemli olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmaya göre, en tutucu postların vidalanan postlar olduğu ve bunları paralel kenarlı postların takip ettiği açıklanmıştır. Konik postların ise en zayıf tutuculuk gösteren post tipi olduğu belirtilmiştir.

1984 yılında yapılan retrospektif çalışmada, Sorensen ve Martinoff (149) post uzunluğunun en az kuron yüksekliği kadar olan, postlarla tedavi edilmiş dişlerde görülen başarısızlık oranının %2,5 olduğu belirtilmiştir. Kuron uzunluğunun ¼'ü kadar olan postlar uygulanmış dişlerde ise başarısızlık yüzdesinin 10 kat artarak %25'e yükseldiği bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre uzun postların başarı yüzdesini arttırdığı bildirilmiştir.

1986 yılında Goldstein ve ark.'ı (56) post'ların simantasyon tekniklerini karşılaştırmış ve simanın lentülo ile post kanalına konulduğunda, mikroskobik seviyede bile boşluk tespit edememişlerdir. Buna karşın, post'un üzerine simanın konulduğu, direk uygulama tekniğinde ise, apikal bölgede boşluklar gözlenmiştir.

Aynı yıl Randow ve Glantz (130) pulpanın koruyucu bir görevinin bulunduğunu ve uzaklaştırılması ile birlikte dişlerin kırılma eğiliminin arttığını belirtmişlerdir.

1988 yılında Hansen (62) tarafından yapılan bir retrospektif çalışmada, endodontik tedavili premolarların restorasyonunda kompozit ve amalgamın uzun dönemdeki etkisini karşılaştırılmıştır. İlk 3 yıllık sürede, amalgamla restore edilen dişlerde daha yüksek oranda tüberkül kırığı ile karşılaşıldığı ancak 3. ve 10. yıllar arasında her iki grup arasında yaklaşık aynı oranda kırık gözlemlendiği belirtilmiştir.

Bazı araştırmacılar dentindeki değişimlerden çok, endodontik giriş ve kök kanalının şekillendirilmesi sonucunda ortaya çıkan diş dokusu kaybının dişlerin kırılabilirliğini artırdığını bildirmişlerdir (132,133).

1989 yılında Reeh (133) sağlam insan dişlerinde endodontik ve restoratif işlemlerin tüberkül dayanıklılığı üzerindeki etkisini karşılaştırmıştır. Endodontik işlemlerin göreceli dayanıklılığı sadece %5 oranında azalttığını, okluzal kavite preparasyonunun tüberkül dayanıklılığında %20 azalmaya, MOD kavite preparasyonunun ise %63 azalmaya neden olduğunu bildirmiştir. Aynı araştırmacı (132) tarafından yapılan farklı bir çalışmada, dayanıklılıktaki değişimden marjinal sırt kaybının esas olarak sorumlu olduğu gösterilmiştir.

Sorensen ve Engelman (148) isimli araştırmacıların 1990 yılında yapmış oldukları çalışmalarında, dikey yüksekliği 1 mm olan ferrule ile prepare edilen dişlerin ferrulesiz dişlere göre 2 kat daha fazla kırılmaya karşı direnc gösterdiklerini bildirmişlerdir.

1992 yılında Huang TJ ve ark.'nın (70) yaptıkları bir çalışmada, kök kanalı tedavisinin dişlerin kırılabilirliğinde artışa neden olmadığı ve kök kanalı tedavisi sonrası dehidratasyonun, dentinin sıkışma ya da gerilmeye karşı dayanıklılığını zayıflatmadığı bildirilmiştir.

1993 yılında Mentink ve ark.'nın (107) , yapmış oldukları çalışmada, postlarla restore edilen dişlerde 10 yıl sonra %82 başarı yüzdesi tespit edildiği bildirilmiştir.

Lui (97) 1994 yılında yapmış olduğu bir çalışmada, ışıkla polimerize olan kompozit kullanarak postların özel olarak yapılabileceğini bildirmiştir. Özellikle geniş yayılım gösteren çürük dişlerde, kök ucu gelişmemiş bir dişe gelen travma sonrasında, pulpal patolojiler sonucu, iatrojenik ve endodontik kaynaklı hatalar sonrasında veya idiyomatik nedenlerle kök kanalının aşırı geniş olduğu durumlarda geleneksel konik döküm postların kama etkisi oluşturacağını, ayrıca zayıf kalan kural kısmında oluşabilecek stresleri arttıracığını bildirmiştir. Bu tip durumlarda, ışık geçirgen bir plastik postun ışıkla polimerize olan kompozit rezin ile kök kanalına uygulanıp bu şekilde post ve 'core' hazırlanmasını önermiştir.

1994 yılında Assif ve Gorfil (9) yapmış oldukları çalışmada, kök kanalı tedavisi görmüş dişlerin restorasyonlarını biyomekanik açıdan incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre, kök kanalı postlarının diş yapısını korumaktan çok 'core' tutuculuğunu sağlamakta daha önemli rol oynadıklarını belirtmişlerdir.

1995 yılında Torbjorner ve ark. (162) postlarla restore edilen dişlerde yıllık %2,1 oranında başarısızlık saptamışlardır.

1996 yılında yapılan iki farklı çalışmada fiber postların kompozit rezin 'core' yapı ile olan retansiyonları incelenmiştir. Purton ve Payne (124) karbon fiber postlar ile kompozit rezinin retansiyonunun, paslanmaz çelik postlardan daha az olduğunu bildirmişlerdir. Purton'un (95) diğer bir çalışmasında ise yivli karbon fiber post sistemi ile paslanmaz çelik postları kırılmaya olan dirençleri açısından incelemiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre her iki grupta 'core' retansiyonunun birbirine yakın olduğu bildirilmiştir. Bu bulgulara göre 'core' yapıya mekanik bağlanmanın kimyasal bağlanmadan daha etkin olduğu sonucuna varılmıştır.

Aynı yıl Holmes ve ark. (69) farklı post uzunluklarının dentinde oluşturduğu stres dağılımını sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile incelemişlerdir. Buna göre, en yüksek baskı streslerinin kök yüzeyinin palatinal kısmında kole bölgesinde, çekme streslerinin ise vestibül yüzeyin kole bölgesinde görüldüğü belirtilmiştir. Araştırmacılar değişen post uzunluğunun stres dağılımını etkilemediği bildirilmiştir.

Yine 1996 yılında Yaman ve ark. (32) çelik ve titanyum post yerleştirilmiş üst orta keser dişte, farklı büyüklükte kuvvetler uygulayarak meydana gelen stres dağılımını, üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile incelemişlerdir. Değişken kuvvetlerin her iki post tipinde anlamlı farklılıklar göstermediği açıklanmıştır.

1998 yılında Junge ve ark. (81) rezin simanlarla simante edilen postların, çinkofosfat ve rezin modifiye camiyonomer simanlarla simante edilenlere göre çiğneme kuvvetlerine karşı daha dirençli olduğunu göstermişlerdir.

1999 yılında Nanayakkara ve ark. (114) postlarla restore edilen dişlerin ortalama klinik ömürlerini 17,4 yıl olarak bildirmişlerdir.

2000 yılında yapılan retrospektif bir çalışmada, Ferrari ve ark. (46), 1-6 yıllık takipler sonucunda, 3 tip fiber post uygulanmış 1304 adet adet dişte % 3,2 başarısızlık bildirmiştir. Başarısızlıklar arasında kök kırığına rastlanmamıştır ve en fazla rastlanılan başarısızlık tipinin tutuculuk kaybı olduğu görülmüştür.

Aynı yıl Ferrari ve ark. (45) 100 döküm post ve 100 karbon fiber postun 4 yıldaki başarısızlık derecelerini incelemişlerdir. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre, karbon postlarda % 16, fiberlerde % 5 oranında başarısızlık olduğunu bildirmişlerdir. Döküm postlarda % 9 kök kırığı oluşmuştur.

Yine 2000 yılında Rosentritt ve ark. (138), titanyum, zirconia ve fiber ile güçlendirilmiş postlarla restore edilen endodontik tedavili dişlerin kırılmaya olan dirençleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, zirconia postların titanyum postlardan daha dirençli olduğu ayrıca her ikisinin de kırılma dayanıklılığının fiber postlardan daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Aynı araştırmacı bir diğer çalışmada, seramik, titanyum ve fiber ile güçlendirilmiş post sistemlerini kompozit ve seramik ‘core’ yapıları ile restore ederek ısı yüklemesi sonrasında kırılmaya olan dirençlerini kontrol grubu olan altın döküm ‘post-core’ sistemi ile incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre seramik ‘post-core’ gruplarının kontrol grubundan daha dayanıksız olduğu buna karşın kompozit ‘core’ uygulanan fiber ile güçlendirilmiş post grubu dışında, titanyum ve seramik post gruplarının daha dayanıklı olduğu bildirilmiştir.

al-Hazaimh ve Gutteridge ‘nin (3) 2001 yılında yaptıkları çalışmada, prefabrik postlar ve rezin siman kullanarak 2 mm ferrule ile hazırladıkları dişlerin kırılmaya dirençlerini, ferrule hazırlamadıkları örneklerle karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, gruplar arasında fark bulunmadığı ancak ferrule varlığında oluşan kırıkların restore edilebilir durumda olduğu, ferrulesiz dişlerin ise restore edilemez durumda oldukları gösterilmiştir.

Aynı yıl Quintas’ın (127) karbon fiber postlarla restore edilen dişlere sahip 236 hastanın retrospektif çalışması ise bu sistemin geleneksel ‘post-core’ sistemlerine bir alternatif oluşturabileceği ortaya konmuştur.

2001 yılında , Raygot ve ark. (131) döküm altın, paslanmaz elik ve karbon fiber postlar arasında kırılmaya dirençleri bakımından fark olmadığını bildirmışlerdir.

Reid ve ark. (134) 2001 yılında yapmış oldukları çalışmalarında, titanyum postlar ile 3 tip karbon fiber ve bir kuartz fiber postu karşılaştırmış ve kırılma dirençleri arasında fark bulunmadığını bildirmışlerdir.

Aynı yıl Fuss ve ark. (50) tarafından yapılan bir çalışmada, dikey kök kırığı görülen post uygulanmış dişlerin 2/3’ünün, köklerin kole 1/3’nde sonlanacak şekilde aşırı derecede kısa olduğu belirtilmiştir.

2001 yılında Cormier ve ark (30), kuartz fiber, karbon fiber, cam fiber, seramik, titanyum ve altın döküm post sistemlerinin, 4 farklı aşamada basma kuvvetlerine olan dirençlerini incelemişlerdir. Birinci aşamada yatay olarak yerleştirilen postlara üç nokta temaslı dikey kuvvet uygulaması yapılmıştır.

İkinci aşamada akrilik içine gömülmüş olan diş örneklerinin içine yerleştirilen postlara, dik açıyla kuvvet uygulanmıştır. Üçüncü aşamada ise ikinci aşamaya ilaveten 'post-core' restorasyonu yapılmıştır. Dördüncü aşamada post-core yapıların üzeri seramik kuron restorasyonları ile kaplanarak yine 90 derece açıyla kuvvet uygulanmıştır.

Araştırma sonucunda her dört aşamada titanyum post grubunun en yüksek direnç gösteren post sistemi olduğu gözlenirken cam fiber post grubunun ise en dirençsiz post sistemi olduğu bildirilmiştir. Birinci aşamada, seramik ve döküm post gruplarının titanyum grubundan sonra en yüksek direnç değerlerine sahip ikinci grup olduğu bunları kuartz, cam ve karbon fiber gruplarının izlediği belirtilmiştir. İkinci ve dördüncü aşamada elde edilen sonuçlar ise benzer bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, basma kuvvetlerine gösterdikleri direnç bakımından titanyum grubunu takiben karbon, seramik ve kuartz grubunun izlediği bildirilmiştir.

J.R.Strub ve ark.'nın (158) yapmış oldukları invitro çalışmada, prefabrike metal post – altın 'core', prefabrike zirkonyum post – prefabrike seramik 'core', resin-seramik post – prefabrike seramik 'core' ve zirkonyum post – döküm seramik 'core' gruplarına seramik coping yerleştirmiş ve ısı uygulamasının ardından statik yükleme uygulanmıştır. Buna göre, dinamik yüklemde birinci grupta bir, ikinci grupta iki, üçüncü grupta dört kayıp gözlenirken son grupta hiç kayıp olmadığı açıklanmıştır. Statik yüklemde ise birinci ve ikinci ile birinci ve üçüncü gruplar dışındaki gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu bildirilmiştir. Çalışmada zirkonyum post – döküm seramik 'core' grubunun en düşük dirence sahip grup olduğu belirtilmiştir.

Gallo ve ark.'nın (51) 2002 yılında yaptıkları çalışmada paslanmaz çelik post sistemi ile 1 mm, 1,25 mm ve 1,5 mm çaplarında cam fiber post gruplarının çekme kuvvetlerine olan dirençlerini incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, paslanmaz çelik post grubu tüm cam fiber post gruplarından istatistiksel olarak daha dirençli bulunmuştur. En küçük çaplı cam fiber post grubu ise en az direnç gösteren grup olarak bildirilmiştir.

Aynı yıl Akkayan ve Gülmez (2) titanyum postları, cam fiber, kuartz fiber ve zirkonyum postlarla karşılaştırmış ve kuartz fiber postlu dişlerin en yüksek fraktür direnci gösterdiğini bildirmişlerdir.

2002 yılında Eskitaşçıoğlu ve ark.'nın (40) yapmış oldukları çalışmalarında, döküm post-core'larda stresin, dişin 1/3 orta bölgesinde ve döküm post-core'ların içinde biriktiğini, fiber kompozit post-core'larda ise stresin destek kemik yapısına ve dişin servikal 1/3 bölgesine dağıldığını bildirmişlerdir.

2003 yılında Newman ve ark. (115) paslanmaz çelik postlarla 3 farklı tip fiber postu karşılaştırmış ve paslanmaz çelik postlu dişlerin kırılma direncinin daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Goodacre (57) 2003'de yapmış olduğu inceleme sonucunda sonucunda, 12 çalışmadaki toplam 2784 'post-core' arasında 279 komplikasyonun olduğunu ve ortalama komplikasyon sıklığının %10 olduğunu bildirmiştir. Bu 12 çalışmadaki gözlem süreleri 1 yıl ile 25 yıl arasında olup ortalaması 6 yıl olduğu açıklanmıştır.

Rosentritt ve ark.'nın (139) 2004 yılında yaptıkları invitro bir çalışmada, seramik, cam fiber ve titanyum post sistemlerinin kırılmaya olan dirençlerini ve kenar aralıklarının uyumunu incelemişlerdir. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre, post uygulanmayan kontrol grubu ile titanyum post grubu arasında kırılmaya direnç bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Buna karşın seramik ve cam fiber post uygulanan grupların kontrol grubundan daha dirençli olduğu bildirilmiştir.

Toksavul ve ark.'nın (160) 2005 yılında yapmış oldukları invitro çalışmada, seramik post-kompozit 'core', seramik post- seramik 'core', cam fiber post- kompozit 'core', titanyum post- kompozit 'core' ile post uygulaması yapılmamış kontrol grubunu, baskı kuvvetlerine olan dirençleri bakımından karşılaştırılmıştır. Buna göre titanyum post-kompozit 'core' grubuyla kontrol grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu, restorasyonu imkansız kırıkların ise cam fiber- kompozit 'core' grubunda gözlemlendiği bildirilmiştir.

Al-Omiri ve ark.'nın (4) 2006 yılında yapmış oldukları çalışmada, 0 mm, 2 mm, 3 mm ve 4 mm olmak üzere farklı miktarlarda kural dentin yüksekliği bırakarak karbon fiber, cam fiber ve titanyum post sistemlerinin baskı kuvvetlerine olan dirençlerini, invitro olarak incelemişlerdir. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre, kalan kural dentin miktarıyla baskı kuvvetlerine olan direncin doğru orantılı olarak arttığı ancak kural dentin miktarının 2 mm, 3 mm ve 4 mm olduğu gruplar arasında kırılmaya olan direnç miktarları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir. Kural dentinin bırakılmadığı titanyum ve fiber alt grupları arasında titanyum post grubunun fiber grubundan daha dirençli olduğu gözlenmiştir. Kural dentin miktarının 3 mm ve 4 mm olduğu karbon fiber ile cam fiber alt grupları arasında ise karbon fiber postların cam fiber post sistemlerine kıyasla daha fazla direnç gösterdiği bildirilmiştir.

2007 yılında yapılan bir çalışmada Sorrentino ve ark. (151), çeşitli post, 'core' ve kural uyguladıkları kök kanalı tedavili üst orta keser dişe, kuvvet uygulayarak meydana gelen stres ve gerilim dağılımını, üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre tüm modellerde en yüksek stres birikiminin ve gerilimin bukkal yüzeyin orta $\frac{1}{3}$ bölgesinde, en düşük stres ve gerilimin ise postun apikal bölgesinde ve kök ucunda olduğu bildirilmiştir. En yüksek stres değerlerinin ise mine-sement sınırında, dıştan içe doğru azalarak sement ve dentin dokularında görüldüğü belirtilmiştir.

Vichi ve ark. (169) 2008 yılında, 3 farklı fiber post sistemiyle yapmış oldukları çalışmalarında, 37⁰ C' de 4 farklı koşulda (kuru ortam, serum fizyolojik, mineral yağ ve kök kanalına uygulanan serum fizyolojik içinde) olmak üzere 1, 6 ve 12 ay süreyle beklettikleri örneklerin kırılmaya olan dirençlerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre bekletilen ortamın tüm post tiplerinin direncini etkilediği özellikle suda bekletilmesinin kırılma direncini arttırdığı bildirilmiştir. Yapılan SEM incelemelerinde suda bekletilen örneklerde fiber ile rezin matriks arasında değişim gözlemlendiği belirtilmiştir.

Aynı yıl Vivian J.- J.Wang ve ark.'nın (170), karbon fiber ve kuartz fiber post gruplarına iki farklı adeziv (asid etch/self etch)sistemi uygulayarak bağlanma dirençlerini push-out testi ile incelemişlerdir. Her iki adeviz uygulamada kuartz fiber post grubunun karbon fiber grubundan daha dirençli olduğu 'asid etch' uygulanan örneklerin 'self etch' uygulanan örneklere göre daha tutucu bulunduğu bildirilmiştir.

2008 yılında Salameh ve ark. (142) kök kanalı tedavisi uygulamış oldukları molar dişlerin kural bölgelelerinde karşılıklı iki duvar, üç duvar ve tüm duvarları kaldırarak örneklerin yarısına fiber post uygulamış oldukları çalışmalarında, dişleri zirkonyum kural ile kapladıktan sonra basma kuvvetlerine olan dirençlerini incelemişlerdir. Buna göre post uygulaması yapılmış tüm örneklerin post uygulanmamış kontrol grubuna kıyasla daha dirençli olduğu bildirilmiştir. Post uygulaması yapılmış gruplarda oluşan kırıkların çoğunun restore edilebilir olduğu belirtilmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırma, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimiği Fakültesi Endodonti Ana Bilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimiği Fakültesi Kuron Köprü Protezi Bilim Dalı Laboratuvarı, Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü ve Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, endodontik tedavili dişlere uygulanan, 4 farklı post-core sisteminin sıkışma-kesme kuvvetlerine karşı dirençleri, in vitro koşullarda, universal test cihazı ve üç boyutlu sonlu elemanlar analizi, olmak üzere, iki farklı yöntem ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde, yeni çekilmiş, tek köklü, üst orta keser ve kanin insan dişleri kullanılmıştır. Dişlerde kök kanalı tedavisini (lateral kondansasyon) takiben post boşlukları hazırlanmıştır. Dişler “Schimadzu Universal” test cihazı için hazırlanan düzeneğe uygun olarak hazırlanan akrilik bloklar içine alınmıştır. Daha sonra kök kanalı postlarının uygulanması esnasında dişler aşağıdaki şekilde 4 gruba ayrılmıştır:

1. Grup: Titanyum post (Unimetric 215 T-Post) - çinko fosfat simanı – kompozit ‘core’
2. Grup: Kuartz fiber post (D.T. Light-Post) - dual cure siman - kompozit ‘core’
3. Grup: Cam fiber post (EverStick-Post) - dual cure siman - kompozit ‘core’
4. Grup (Kontrol grubu): ‘Ni-Cr’ Döküm ‘post-core’ - çinko fosfat simanı

Örneklerin sıkışma kuvvetlerine karşı dirençleri ‘Schimadzu cihazı’nda test edilmiş ve kırılmanın olduğu değerler ölçülerek istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, yükleme testine giren 4 farklı grubun, ‘üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi’ ile matematiksel modelleri oluşturularak modellerin kesici kenarları 45 derece eğim ile kuvvet uygulanmıştır. Daha sonra maximum basma, çekme ve deformasyon oluşturulduğunda elde edilen bulguların lokalizasyonu ve matematiksel değerleri renk ve sayısal skalalar ile incelenmiştir.

3.1. Birinci Bölüm - Ünlversal Test Cihazı (Konvensiyonel Yöntem) :

Araştırmanın birinci bölümünde, köklerinde herhangi bir defekt, çatlak ve eğrilik görülmeyen toplam 80 adet üst orta keser ve üst kanin insan dişi kullanılmıştır. Dişlerin seçiminde boyutlarının birbirlerine yakın olmasına dikkat edilmiş ve aşırı derecede eğri kökler çalışmanın dışında bırakılmıştır. Dişlerin mesio-distal, vestibülo-lingual çapları mine-sement sınırında ölçülmüştür. Yine mine-sement sınırından başlayarak kök uzunluğu ölçülerek, mümkün olduğunca birbirine yakın uzunluktaki dişler seçilmiştir. Kök boyları ortalama 16 mm, kole çapları bukko-lingual olarak ortalama 7 mm, mesio-distal çaplarıysa ortalama 6 mm olan dişler çalışmaya dahil edilmiş, kök yüzeylerinde mikro çatlakların görüldüğü dişler çalışma dışında bırakılmıştır. 24 saat içinde çekilmiş olan dişlerin pulpalari ekstirpe edilerek % 5'lik formol solusyonunda bekletilmiştir. Daha sonra kök yüzeyleri bir ultrasonic aparey yardımıyla diş taşları ve organik doku artıklarından arındırılmıştır.

3.1.1. Kök Kanallarının Hazırlanması:

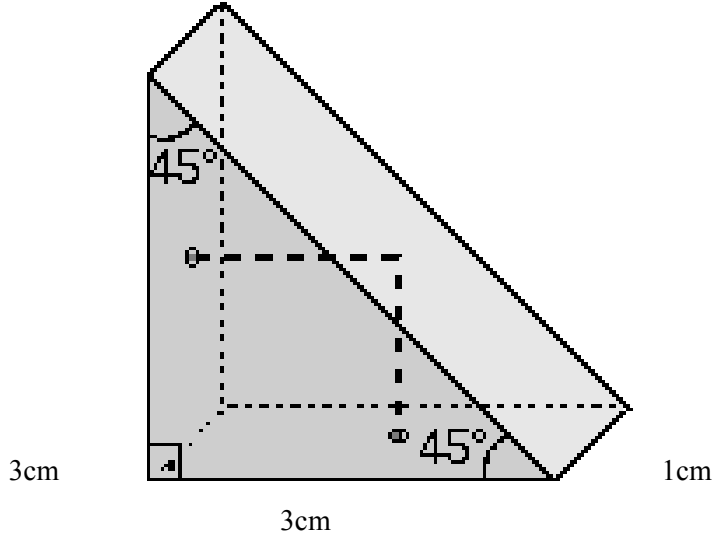
Dişlerin kuronal bölgeleri, yüksek devirde ve su soğutması altında elmas separe ile mine - sement sınırının 2 mm kuronalinden kesilerek uzaklaştırılmıştır. Kök kanalları apex'ten 1 mm geride 40 no'lu K tipi kanal aletine (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland) kadar step-back yöntemiyle şekillendirilmiştir. Mekanik preparasyon sırasında her ege değişiminde kanallar 2 cc. % 5,25'lik sodyum hipoklorit ile yıkanmıştır. Son olarak kök kanalları distile su ile yıkandıktan sonra kağıt konlar (DiaDent®Absorbent Paper Points, Seul, Güney Kore) ile kurulanıp lateral kondansasyon yöntemi ile doldurulmuştur.

Kök kanalı dolgusunda guta perka (DiaDent®Gutta Percha Points, Seul, Güney Kore) ve sealer olarak AH Plus (AH Plus Root Canal Sealer, Dentsply DeTrey, Germany) kullanılmıştır. Kök kanalı dolgularının uygulanmasını takiben aynı seansta post boşluğu hazırlanmıştır. Post boşluğunun hazırlanması için kök kanal boyunun 2/3'lik kısmı, ısıtılmış pluggerler kullanılarak uzaklaştırılmıştır. 2 no.'lu 'Gates Glidden' (Essential 'Gates-Glidden' uçlar, Essential Dental Systems, New Jersey, A.B.D) frezi ile oluşturulan 10 mm derinliğindeki post boşluğu mikromotor yardımıyla orta hızlı devirle ve su soğutması altında hazırlanmıştır.

Dişlerde ferrule etkisi oluşturabilmek için elmas fissür frez kullanılarak 1mm. genişliğinde, ve 1mm. yüksekliğinde ve basamak hazırlanmıştır. Kırılma deneylerinin yapılabilmesi için örneklerin test cihazına doğru konumlandırılarak bağlanabilecekleri özel bir düzene hazırlanmıştır.

3.1.2. Diş Köklerinin Yükleme Düzeneğine Hazırlanması:

Örneklerin test cihazına 45 derecelik açıyla yerleşebilmeleri için ikiz kenar dik üçgen bir alçı blok hazırlanmıştır. Dişlerin içine yerleştirileceği akrilik modeller oluşturabilmek amacıyla, daha sonra alçı bloktan, elastomerik ölçü maddesiyle (Speedex, Coltene/Whaledent, Alstatten, Switzerland) ölçü alınarak anahtar model elde edilmiş (Şekil 3-1 ve 3-2) ve ardından paralelometrik freze cihazının (Cuciolo Mariotti, Italy) alt düzlemine sabitlendikten sonra, otopolimerizan şeffaf akrilik (Orthocryl, Dentaurum-GERMANY), modelin içine dökülmüştür (Şekil 3-3). Akrilik yapı sertleşmeden , paralelometrik freze cihazının (Cuciolo Mariotti, Italy) piyasemenine takılan bir uç yardımıyla, yer düzlemine paralel yerleştirilmiş, anahtar modele dik açıyla, oluşturulan basamağın hizasına kadar hazırlanan örnekler gömülmüştür (Şekil 3-4). Bu şekilde anahtar modelden çıkarılan dişlerin uzun aksları yer düzlemine 45 derecelik açı oluşturacak şekilde konumlandırılmıştır.



Şekil 3-1: İkiz kenar dik üçgen alçı blok



Şekil 3-2: Elastomerik ölçü maddesiyle elde edilen anahtar model



Şekil 3-3: Anahtar modelin paralelometrik freze cihazına yerleştirilmesi



Şekil 3-4: Paralelometrik freze cihazı yardımıyla örneklerin akrilik modele gömülmesi

3.1.3. ‘Post-Core’ Örneklerinin Hazırlanması:

Araştırmada toplam 80 adet tek köklü diş, 20 örnekten oluşan 4 gruba ayrılarak incelenmiştir.

3.1.3.1. Grup: Titanyum Post (Unimetric 215 T-Post) - Kompozit ‘Core’ :

Çalışmanın birinci grubunda siman kaçış delikli, konik kenarlı , titanyum yapıdaki 0,8 mm çapında ve 12 mm uzunluktaki Unimetric 215 T post sistemi (Unimetric Set Titanium no.208, Maillefer, Dentsply, Switzerland) kullanılmıştır (Şekil 3-5).

Unimetric postlar; konik kenarlı, 5⁰ taper açılı ve yüzeyinde siman kaçış olukları bulunan titanyum Ti6Al4V materyalinden yapılmış prefabrike postlardır.

Bir 0,8 mm ‘lik Unimetric post seti; 2 mm ve 2,5 mm olmak üzere kısa ve uzun boyunlu (S-L), 145 adet kök kanalı postundan oluşmaktadır. Sette, post çaplarına uygun olarak mor, beyaz, sarı ve kırmızı renkte dört açıcı frez, dört genişletici uç ve üç post anahtarı bulunmaktadır (Şekil 3-6).

Otopolimerizan şeffaf akriliğin sertleşmesinin ardından modellerin pozisyonları bozulmadan 20 adet dişin içine titanyum ‘Unimetric 215 T’ post setinin frezleri ile düşük hızda (3000 r.p.m) paralelometrik freze cihazında (Cuciolo Mariotti, Italy) post boşlukları hazırlanmıştır.

Post boşlukların hazırlanmasına, ‘Unimetric 215 T’ post setindeki ilerletici frez ile başlanmış ve setteki genişletici frezler (REF C 0212- 0213 ; 208) ile tamamlanmıştır. Kullanılan frez çapı ile uyumlu ve kök kanalı derinliği miktarına göre seçilen post (208 L-long), kök kanalı içerisine sıkıştırıcı bir uç (REF C 0201) yardımı ile pasif olarak uygulanmıştır. Bunu takiben kök kanalı boşluğu su ile iyice yıkanıp kurutulduktan sonra çinko-fosfat simanı (Adhesor, Spofa Dental, Çekoslovakya) bir lentülo ile kanala gönderilmiş ve sıkıştırıcı uç yardımıyla Unimetric 215 T post (208 L) vidalanarak yerleştirilmiştir. Taşan siman artıkları temizlendikten sonra okluzal bölgede post çevresinde kalan diş yüzeyine 30 saniye % 37'lik hidroflorik asit uygulanmıştır. Diş yüzeyi basınçlı hava su karışımı ile iyice yıkandıktan sonra ışık ile polimerize olan bonding ajanı (Adper Single Bond, 3M-ESPE, St. Paul, MN, USA) ile muamele edilmiştir. Core yapımında standardizasyonun sağlanması için postların üzerine 6 mm uzunluğunda, içi boş, şeffaf plastik matrixler (Coremat, Polydentia, Switzerland) ferrule çevresini sarıp basamağa oturacak şekilde uyumlandırılmıştır (Şekil 3-7). Matrix içine gönderilen kompozit materyali (Light Core, Bisco, USA) , hava boşluğu kalmayacak

şekilde uygulanmıştır. Polimerizasyonun tamamlanması için bukko-lingual yönde 40'ar saniye ışık uygulaması yapılmıştır. Daha sonra, şeffaf plastik matrixler uzaklaştırılmış ve paralelometrik freze cihazında elmas fissür frez ile su soğutması altında 6 derecelik aksiyel duvar eğimleri verilmiştir. Kuronal yükseklik 6 mm ve okluzal yüz yere paralel olacak şekilde 'core' preparasyonu tamamlanmıştır.



Şekil 3-5: Çalışmamızda kullanılan Unimetric 215 T-Post seti



Şekil 3-6: Unimetric 215 T-Post setindeki post ve frezler



Şekil 3-7: Standart şeffaf plastik matrixler (Coremat, Polydentia, Switzerland)

3.1.3.2. Grup: Kuartz Fiber Post (D.T. LIGHT-POST) - Kompozit 'Core' :

Çalışmada ikinci post grubu olarak, kuartz fiber post sisteminde yer alan D.T. Light-Post Sistemi (D.T. LIGHT-POST, Bisco, USA) kullanılmıştır.

DT Light post sistemi, çift taperli, silindiro-konik yapıli ve düz yüzeyle translucent postlardır (Şekil 3-8). Epoksi matriks (%40) içine kuartz fiber (%60) materyalinin gömülmesi sonucunda imal edilmiştir. Işığlı geçirme özelliğine sahiptir. Dentine eşdeğer esneme direnci gösterir (~20 Gpa). Basınca dayanıklılığının metalden daha iyi olduğu bildirilmiştir. Sistem, 4 farklı kalınlıkta kök kanalı postu ile post boşluğunun derinliğini belirleyen başlangıç frezi ve post çaplarına uygun genişletici uçlar içermektedir (Şekil 3-9).

Çalışmamızda 1,8 mm - 1,0 mm çapında ve 20 mm boyunda olan DT- Light postlar tercih edilmiştir. Örnekler, paraskop aletinde (Cuciolo Mariotti, Italy), D.T- Light post sisteminin frezleri ile sırasıyla; post boşluğunun derinliğine rehberlik eden siyah bantlı başlangıç frezi ve kırmızı bantlı 1 no'lu ile sarı bantlı 2 no'lu genişletici uçlar ile su soğutması altında hazırlanmıştır. Postlar, hazırlanan post derinliğine uygun boyutlara getirilmek üzere bir elmas frez yardımı ile kısaltılmıştır. Standardize edilmiş postlara daha sonra bonding ajanı (Single Bond, 3M-ESPE, St. Paul, MN, USA) uygulanmış ve post yüzeyi 10 sn boyunca ışınlanmıştır. Daha sonra post boşluğu ile dışın kole bölgesi çevresine 30 sn süre ile % 37'lik hidroflorik asit uygulanarak basınçlı su ile yıkanmış ve bonding uygulaması yapılmıştır. Bonding ajanının polimerizasyonu için kök kanalının içi ve çevresi 10 sn ışınlanmıştır. Ardından dual cure, kompozit esaslı bir yapıştırıcı siman (Duolink dual cure composite resin luting cement, Bisco Inc, Schaumburg, IL,USA) ile kök kanalı boşluğu doldurulmuş ve post yerleştirilmiştir (Şekil 3-10). Simanın polimerize olması için 40 sn süre ile ışın verilmiştir. 'Core' kısmı diğer örneklerde olduğu gibi matriks (Coremat, Polydentia, Switzerland) yardımı ile standardize edilmiştir.



Şekil 3-8: Çalışmamızda kullanılan sarı bantlı DT - Light post



Şekil 3-9: DT Light post sistemindeki post tiplerinin şematik görünümü

Tüm değerler mm 'tir

Post boşluğunun hazırlanması :

#0.5 : başlangıç frezi (siyah bantlı)

#1 : **#0.5** başlangıç frezi (siyah bantlı) ve ardından **#1** no'lu (kırmızı bantlı) genişletici

#2 : **#0.5** başlangıç frezi (siyah bantlı) ardından **#1** no'lu (kırmızı bantlı) ve **#2** genişletici no'lu (sarı bantlı) uç

#3 : **#0.5** başlangıç frezinin (siyah bantlı) ardından **#1** no'lu (kırmızı bantlı), **#2** genişletici no'lu (sarı bantlı) uç ve sonunda **#3** genişletici no'lu (mavi bantlı) uç uygulanmaktadır



Şekil 3-10: DUOLINK ; dual-cure kompozit esash bir yapıstırıcı siman

**3.1.3.3. Grup: Fiber Composite Laminate (FCL) Post (Everstick Post) –
Kompozit ‘Core’:**

Üçüncü grup olarak çalışmamıza cam fiber post grubunda yer alan EverSTICK post sistemi yer almıştır (Şekil 3-11). EverStick post sistemi; düz yüzeyli ‘translucent’ postlardan meydana gelmektedir. Cam fiber yapıların polimerize olmamış akrilik kompozit matriksi içerisindeki “Interpenetrating Polymer Structure” (IPN-structure) denilen yapı ile bağlanması sonucunda elde edilmektedir.

20 mm uzunluğunda ve Ø 0,9 mm , Ø 1,2 mm , Ø 1,5 mm çaplarında imal edilmiştir.



Şekil 3-11: Çalışmamızda kullanılan 1,5 mm çapındaki EverStick fiber post

A. Ürün kullanımı ve saklama koşulları:

EverStick fiber post paketi , özel siyah plastik ambalajı içerisinde buzdolabında (2-8°C) ve karanlık ortamda muhafaza edilmeli, istenen boyutta fiber post iki tarafındaki koruyucu kağıtları ile birlikte kesildikten sonra kalan kısım tekrar ambalaj içerisine yerleştirilerek soğuk ortamda saklanabilmektedir (Şekil 3-12).



Şekil 3-12: EverStick fiber post paketi

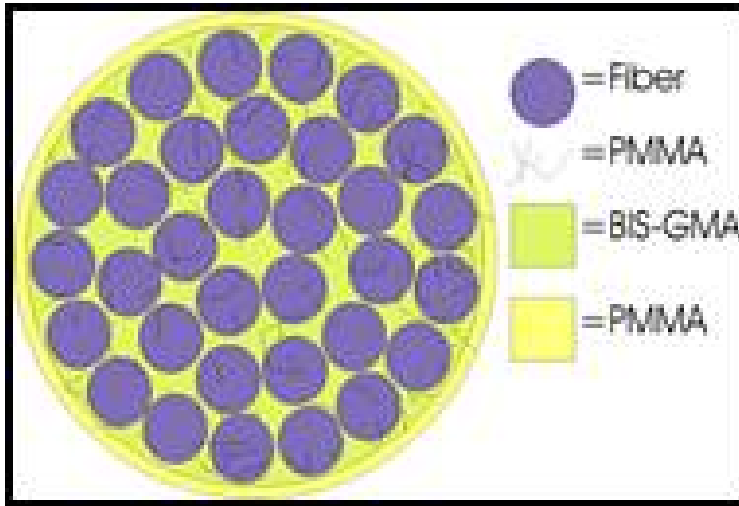
B. Yapısal Özellikleri:

Esneme Kuvveti: Materyalin eğilme direnci, 800 Mpa'dan (Stick) yaklaşık 1280 Mpa'ya (everStick) yükseltilmiştir. Fiber ile güçlendirilmiş kompozitlerin gücünün altın alaşımlar ile aynı düzeye ulaştığı üretici firma tarafından bildirilmiştir.

C. Bağlanma Kuvveti:

'EverStick' 'in kompozit rezinler ve adeziv/kompozit rezin esaslı simanlara bağlanma gücünün mükemmel olduğu gösterilmiştir. İndirekt yöntemlerde dahi direkt yöntemdekine eş düzeyde bağlanma kuvveti elde edilebilmektedir. Yüksek bağlanma kuvveti, 'EverStick' polimer matriksi içerisindeki benzersiz "Interpenetrating Polymer Structure" (IPN-structure) sayesinde elde edilebilmektedir. Mükemmel bir bağlanma için fiber altyapı yüzeyi yeniden aktive edilebilir. Bunun için fiber altyapı bağlanma yüzeyi frez ile pürüzlendirildikten sonra bonding ile muamele edilip beş dakika karanlık ortamda bekletilir.

Polimer matrikste meydana gelen kısmi çözünme sonucunda meydana gelen mikroporozite içerisine yapıştırma simanı girebilir. Böylece normal kimyasal bağlanmanın yanısıra mikromekanik bir bağlanma da elde edilmiş olur (Şekil 3-13).



Şekil 3-13: EverStick fiber demeti kesitinin şematik görünümü

'EverStick' grubundan diş örneklerinin post boşlukları diğer gruplarda olduğu gibi hazırlanmış ve D.T- Light post sisteminin 2 no'lu genişletici frezi ile sonlandırılmıştır. Daha sonra kompozit laminate (fiber composite laminate-FCL) ile post preparasyonuna geçilmiştir. 1,5 mm çapında 20 mm uzunluğunda FCL seçildikten sonra post uzunluğunu belirlemek için bir periodontal sondadan yararlanılmıştır. Debrisi uzaklaştırmak için kök kanalı distile su ile yıkanarak hava ile kurutulmuştur. 'EverStick' paketindeki postlar silikon muhafazasının ucundan tutularak bir presel yardımıyla çıkarılmıştır. Daha sonra post boşluğunun derinliği ile kuronal parça yüksekliği, bir periodontal sond ile, yeniden tespit edilerek uygun uzunlukta materyal kesilmiştir. 'EverStick' post'un, tespit edilen derinliğe kadar ulaşamadığı durumda ise, keskin bir makas ile postun uç kısmı inceltilerek istenilen derinliğe ulaşıncaya kadar şekillendirilmiş ve ardından kök kanalına yerleştirilen post, kuronal kısmından istenilen pozisyona getirilmiş ve 20 saniye süre ile ışık uygulanmıştır. Bu işlemi takiben post , kök kanalından çıkarılarak 40 saniye daha ışık ile sertleştirilmiştir. 'EverStick' post bir adeziv rezin ile muamele edilmiş ve ışıktan korunan bir ortamda bekletilmiştir. Bu arada kök kanalının iç yüzeyleri 30 saniye süreyle % 37'lik hidroflorik asit ile muamele edilerek basınçlı su ile yıkanmış ve 15 saniye süre ile hafif bir hava akımı ile kurutulmuştur. Bu işlemi takiben dentin bonding ajanı (Single Bond, 3M-ESPE, St. Paul, MN, USA) fırça yardımı ile kök kanalı iç yüzeyine uygulanmıştır. Daha sonra dual-cure siman (Duolink dual cure composite resin luting cement, Bisco Inc, Schaumberg, IL,USA) şıngası ile, kök kanalı doluncaya kadar apikalden kuronale doğru, enjekte edilmiş ve hafif bir basınç ile post kök kanalı içerisine yavaşça yerleştirilmiştir. Simanın sertleşmesi için 40 saniye süre ile ışık uygulanmıştır. Core yapımı için standart prefabrike matrisler içine ışık ile sertleşen kompozit materyali uygulanmıştır.

3.1.3.4. Grup: Döküm Post – ‘Core’ (Kontrol Grubu) :

Döküm post-core örnekleri hazırlanırken apikalde 5 mm. ‘gutta percha’ kalacak şekilde post yuvası derinliği 10 mm.’ye ulaşana kadar kök kanalları sırasıyla 3 ve 4 no.’lu (Ø 1,5 mm) ‘Essential Gates Glidden’ (Essential Gates Glidden Drills, Essential Dental Systems, New Jersey, A.B.D) frezleri ile hazırlanmıştır. Kök kanalından ölçü alma işleminde, lak ile izole edilen kök kanalı içerisine hazır plastik pinler yerleştirilmiş ve otopolimerizan akrilik rezin (Pattern Resin LS; GC America, Inc) ile ‘core’ kısmının modelajı yapılmıştır. Standardizasyonu sağlamak amacı ile 1,3 mm çaplı hazır plastik pinler (Burn-out plastic, Ø 1,3 mm, Metalordental, Oensingen, Switzerland) kullanılmıştır. ‘Core’ kısmı , post üzerine yerleştirilen standart prefabrike bir matrix (Coremat, Polydentia, Switzerland) ile şekillendirilmiş ve 6 derecelik yaklaşım açısı verilerek toplam kural yükseklik 6 mm. ve okluzal yüz yere paralel olacak şekilde modelaj tamamlanmıştır. Modelajı tamamlanan post-core modellerinin Nikel-Krom alaşımından (Quantum, Germany) dökümleri yapılmıştır (Şekil 3-14). Döküm post-core’ların simantasyonunda çinko-fosfat simanı (Adhesor, Spofa Dental, Çekoslovakya) kullanılmıştır. Çinko-fosfat simanı üretici firmanın talimatları doğrultusunda karıştırılmış ve lentülo yardımıyla kanal içerisine uygulanmıştır. Simantasyon esnasında siman sertleşene kadar post, sabit parmak basıncı ile tutulmuş ve taşan simanlar temizlenmiştir.



Şekil 3-14: Döküm post-core modellerin yapımında kullanılan Nikel-Krom alaşımı

3.1.4. Test Düzeneginin Hazırlanması Ve Test Tekniği :

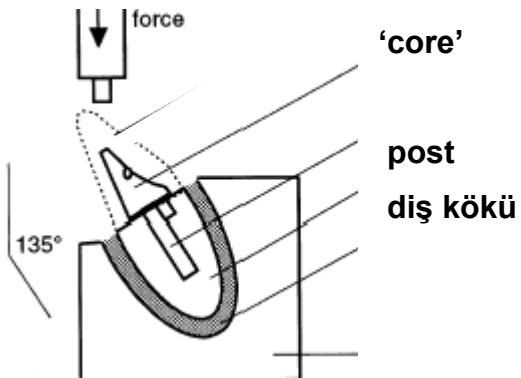
Simantasyon işlemleri tamamlandıktan sonra tüm örnekler 4 grup halinde yükleme testine girmiştir (Şekil 3-15 , 3-16). Örnekler kırılma kuvveti, maksimum kuvvet ve ayrılma kuvvetlerinden her birinin belirlenmesi amacıyla 'Schimadzu Universal' test cihazına (Schimadzu Corp. Tokyo JAPAN) bağlanmış ve cihaz üzerinde 45° lik açı yapacak şekilde metal presle sıkıştırılmıştır. Cihazın kama şeklindeki ucu yer düzlemine 90°lik açı yapacak şekilde ayarlanmıştır (Şekil 3-17 , 3-18). Her modele sürekli ve artan şekilde 0,5 mm/dak hızla kuvvet uygulanmıştır. X-Y grafiğinde X-Y kaydedici ile bu değerler saptanmıştır. Kuvvet uygulanmasına dişte veya restorasyonda kırılma olana kadar devam edilmiştir. Örneklerin başarısızlığa uğrama noktaları kaydedilmiştir.



Şekil 3-15: Test düzenegine girmeden önce deney grubu örnekleri



Şekil 3-16: Test düzeneğine girmeden önce kontrol grubu örnekleri



Şekil 3-17: Düzeneğinin şematik görüntüsü



Şekil 3-18: Düzeneginin üniversal test cihazındaki görüntüsü

3.2. İkinci Bölüm - FEM Analizi :

Araştırmanın ikinci bölümünde farklı post sistemlerinin diş ve çevre dokularında oluşturdukları stres dağılımı üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemiyle değerlendirilerek ANSYS programıyla (Ansys, Inc. Houston) çözümlenmiştir.

3.2.1. Programla ilgili genel bilgiler:

Programın adı: ANSYS / Workbench

Version: 11.0

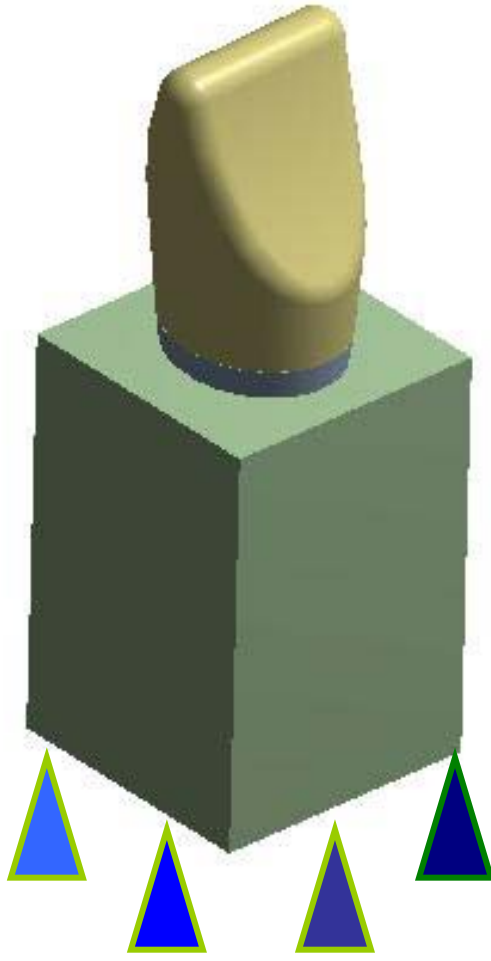
Çözme Tekniği: Sonlu Elemanlar Yöntemi

Boyut: 3D

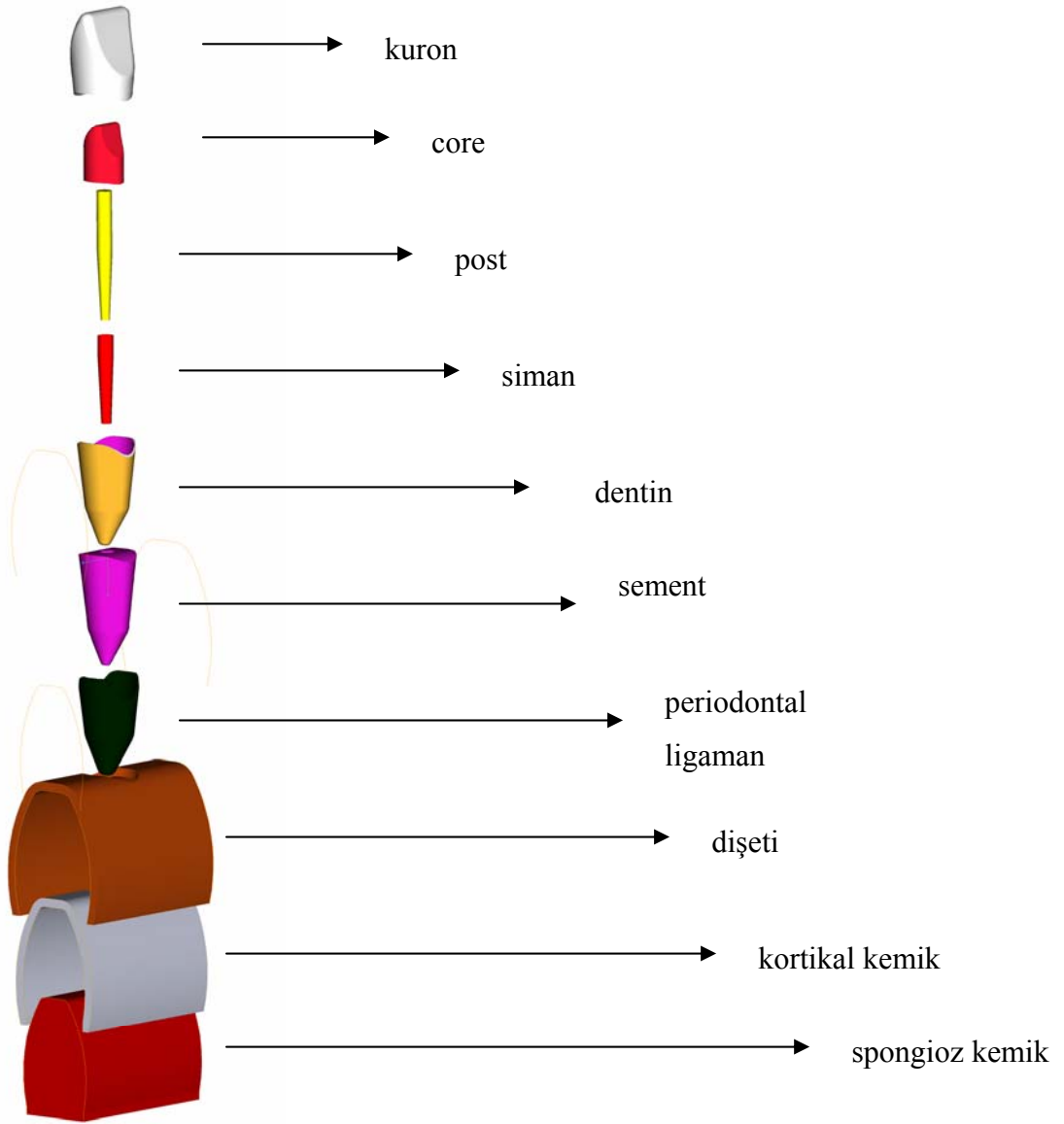
3.2.2. CAD Modellenmesi (Computer Aided Design) :

Çalışmamızda model olarak, ‘Wheeler’(100) atlasında belirtilen ortalama boyutlara uygun olarak seçilen üst orta keser diş örnek alınmış ve model oluşturulmuştur. Modelleme işleminde post uzunluğu oluşturulurken apikalde 5 mm sızdırmaz alan bırakılarak standart 10mm uzunluğunda post boyu esas alınmıştır. Post çapları sırasıyla 0,8 mm, 1,3mm, 1,5mm ve 1,8 mm olarak tasarlanmıştır. Farklı materyal ve boyutlardaki post yapılarla desteklenen, full porselen kuron ile restore edilen, tek köklü diş şeklinde, 4 adet üç boyutlu model oluşturulmuştur.

Modellerde servikal bölgedeki kural dentin duvarlarında 1,5 mm yüksekliğinde ferrule oluşturacak şekilde diş dokusu bırakılmıştır. Aksiyal duvarda 1 mm basamak, insizal kenarda 2 mm kesim yapılarak diş preparasyonu şeklinde core yapısı oluşturulmuştur. Post-core restorasyonunun üzeri full porselen kuron ile modellenmiştir. Çevre dokular üst orta keser dişinin anatomisine uygun olarak tasarlanmıştır. Bu şekilde elde edilen modeller Şekil 3-19, 3-20’de gösterilmiştir.



Şekil 3-19: Kemik içinde tasarlanmış üst orta keser diş modeli



**Şekil 3-20: Modellenen diş - çevre dokuların tabakaları ve restoratif elemanların
komponentleri**

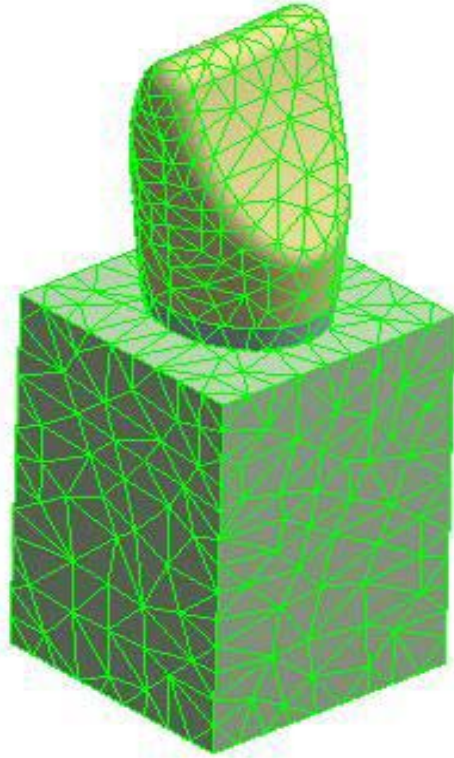
3.2.3. FEM Modeli :

3.2.3.1. Sonlu Elemanlar Ağının Oluşturulması :

Sonlu elemanlar analizinde, ilk aşama goemetrik modele uygun sonlu elemanlar ağını oluşturmaktır. Bu çalışmada tüm model ANSYS sonlu elemanlar analiz program içeriğinden seçilen SOLID45 eleman tipi ile modellenmiştir. Bu tip elemanların serbestlik dereceleri 3. Her birinin düğüm nokta sayısı 4'tür.

Modellerin içi birbirine bağlı dört düğüm noktasına (node) sahip tetrahedral şeklindeki elemanlara bölünerek tasarlanmıştır. Doğru sonuçlar elde edebilmek amacıyla, kuvvetin etkilediği alanlarda ağ yapısı diğer yüzeylere göre daha sık oluşturulmuştur.

Hazırlanan katı model 148787 node ile tanımlanmış ve 85326 tane sonlu elemanlara bölünmüştür (Tablo 3-1). Her bir eleman, modellenen materyali temsil eden tek bir elastik özelliğe ayrılmıştır (Tablo 3-2). Sonlu elemanlar modeli şekil 3-21' de gösterilmiştir.



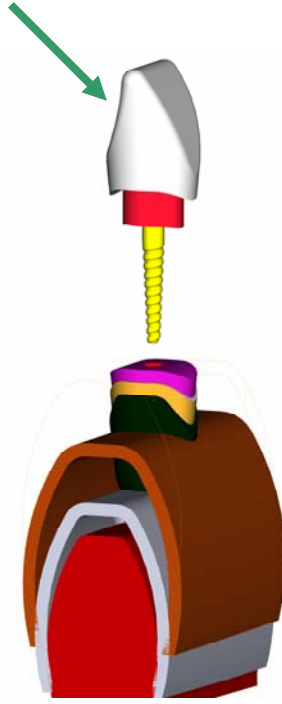
şekil 3-21: Hazırlanan katı modelin görüntüsü

Diş yapısı ve dişin çevre dokuları arasında oluşan temas yüzeyleri , temas-etkileşim algoritmaları kullanılarak modellenmiştir. Aynı şekilde diş ve post yapıları arasında “*surface to surface*” temas-etkileşim algoritmaları kullanılmıştır. Çalışma aşağıda belirtilen temas etkileşim modeli ile yürütülmüştür. Temas yüzeyinin sürtünme katsayısı $\mu=0,1$ olarak belirlenmiştir.

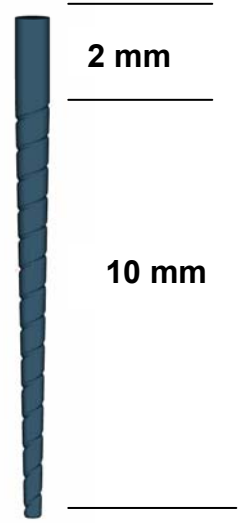
3.2.3.2. Kök Kanalı Postlarının Modellenmesi :

Sonlu elemanlar analizinde ikinci aşama post-core modellerinin hazırlanmasıdır.

- 1.Grup: Titanium post (Unimetric 215 T-Post) – çinko fosfat simanı – kompozit ‘core’
- 2.Grup: Kuartz fiber post (D.T. Light-Post) – dual cure siman – kompozit ‘core’,
- 3.Grup: Fiber composite laminate post (EverStick-Post) – dual cure siman – kompozit ‘core’ ve
- 4.Grup: Kontrol grubu Ni-Cr döküm ‘post-core’ – çinko fosfat simanı olmak üzere sırasıyla 0,8 mm, 1,8 mm 1,5 mm ve 1,3 mm, çaplarında 4 farklı post modeli tasarlanmıştır. Modellenen tüm materyaller ortotropik olarak kabul edilirken metal yapılar izotropiktir (Şekil 3-22 , 3-23).



Şekil 3-22: Grupların tabakaları ile modellenmesi



Şekil 3-23: Titanyum post modeli

3.2.3.3. Kuvvet Yüklemesi :

Sonlu elemanlar analizinde üçüncü aşama sınır şartlarının belirlenmesidir :

Modele, çiğneme kuvvetini temsil eden, palatinal bölgede kesici kenara 45 derece eğim ile verilen 100 N oblik kuvvet uygulanmıştır. Analizi yapılan 4 farklı post sistemi için oluşturulan matematiksel modellerde maksimum basma (stres) , çekme ve deformasyon bulgularının lokalizasyonu ve matematiksel değerleri renk ve sayısal skalalar ile gösterilmiştir.

Tablo 3-1: Araştırmada yer alan materyallerin eleman ve node sayıları

| Materyal | Eleman | Node |
|----------------------|---------------|-------------|
| Dişeti | 1382 | 2526 |
| Periodontal ligament | 2141 | 3860 |
| Sement | 3860 | 6895 |
| Dentin | 4654 | 9519 |
| Kortikal kemik | 2041 | 3685 |
| Spongioz kemik | 2341 | 3825 |
| Gutta percha | 80 | 471 |
| Core | 604 | 1242 |
| Siman | 4654 | 9514 |
| Post | 50 | 849 |

**Tablo 3-2: Araştırmada yer alan materyallerin Elastik Modülü ve Poisson oranı
(69,93,171)**

| Materyal | Elastik Modulu Gpa | Poisson Oranı |
|----------------------|---------------------------|----------------------|
| Diş eti | 0,003 | 0,45 |
| Periodontal ligament | 0,0689 | 0,45 |
| Dentin | 18,6 | 0,31 |
| Sement | 18,6 | 0,31 |
| Kortikal kemik | 13,7 | 0,30 |
| Spongioz kemik | 1,37 | 0,30 |
| Gutta percha | 0,00069 | 0,45 |
| Seramik | 69,0 | 0,28 |
| Kompozit | 12,0 | 0,30 |
| Titanium | 112,0 | 0,33 |
| Quartz fiber | 13,0 | 0,30 |
| FCL | 28,0 | 0,32 |
| Ni-Cr | 210,0 | 0,30 |
| Çinko karboksilat | 22,0 | 0,35 |
| Rezin siman | 7,0 | 0,28 |

3.3. İstatistiksel Analiz

3.3.1. Birinci Bölüm - Üniversal Test Cihazı (Konvensiyonel Yöntem)

Çalışmanın birinci bölümünden elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için NCSS 2007 & PASS 2008 Statistical Software, Utah, USA, programı kullanılmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken, tanımlayıcı istatistiksel metodların (Ortalama, Standart sapma) yanısıra niceliksel verilerin karşılaştırılmasında, normal dağılım gösteren parametrelerin gruplar arası değerlendirilmesinde, ‘tek yönlü varyans analizi’ ‘ANOVA’ testi ve farklılığa neden olan grubun belirlenmesinde ‘Tukey HDS’ testi kullanılmıştır. Sonuçlar % 95’lik güven aralığında, anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

Çalışmada kategorik verilerin istatistiksel analizinde Ki kare test kullanılmıştır. Sonuçlar %95’lik güven aralığında, anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

3.3.2. İkinci Bölüm:

FEM analizindeki başlıca iki sorun modellerden elde edilen sonuçların doğruluğu ve geçerliliğidir. Sonuçların doğruluğu FEM analizi ile uyumlu başka deneyler, laboratuvar testleri ve klinik gözlemler ile karşılaştırılarak desteklenebilmektedir. Bu nedenle FEM analizi sonuçlarının geçerliliğini araştırmamızın ilk bölümünde yaptığımız mekanik test (Schimadzu Üniversal test cihazı) sonuçları ile kontrol edilecektir.

4. BULGULAR

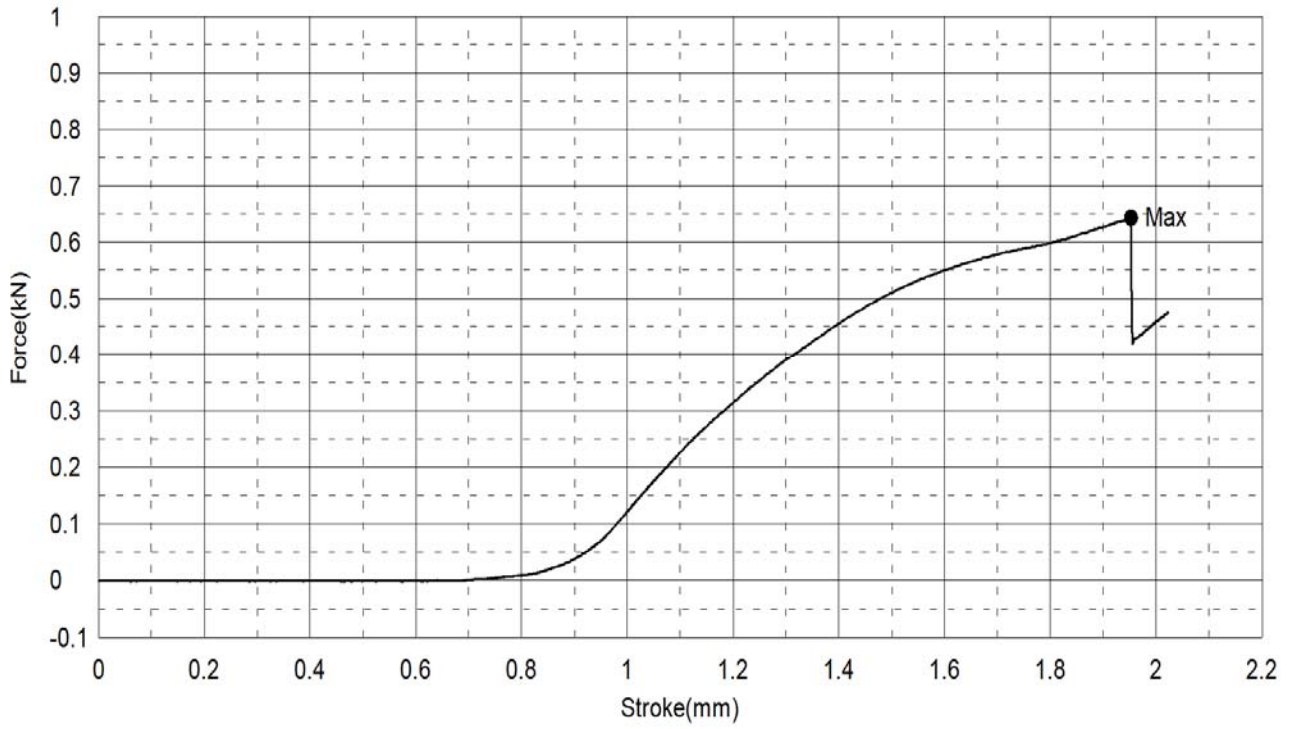
4.1. Birinci Bölüm - Üiversal Test Cihazı (Konvensiyonel Yöntem):

Araştırmanın birinci bölümünden elde edilen bulgular tablo 4-1 – 4-4 ‘da ve grafik 4-1 – 4- 4’te gösterilmiştir.

4.1.1. Titanyum post (Unimetric 215 T-Post) - kompozit ‘core’ örneklerinin kırılma değerlerine ilişkin bulgular tablo 4-1’de, maksimum kırılma değerine ait şekil ise grafik 4-1’de gösterilmiştir. Titanyum post uygulanan gruba ilişkin bulgularda stres değerleri 290,856 N/mm² ile 819,648 N/mm² arasında değişmektedir. Bu gruba ilişkin elde edilen ortalama değer ise 514,87 N/mm² ‘dir.

Tablo 4-1: Titanyum post grubunun kırılma değerleri

| Titanyum Post Grubu | Kn | mm | N/mm ² |
|-----------------------------|---------|--------|-------------------|
| Unimetric 215 T-Post | | | |
| 1. | 0,64375 | 1,952 | 819,648 |
| 2. | 0,38609 | 1,114 | 491,59 |
| 3. | 0,46516 | 1,437 | 592,255 |
| 4. | 0,43125 | 1,6795 | 549,085 |
| 5. | 0,47031 | 0,964 | 598,821 |
| 6. | 0,37234 | 2,627 | 474,083 |
| 7. | 0,49594 | 1,4975 | 631,447 |
| 8. | 0,34594 | 1,268 | 440,461 |
| 9. | 0,52344 | 2,055 | 666,461 |
| 10. | 0,27078 | 1,28 | 344,769 |
| 11. | 0,53984 | 1,733 | 687,351 |
| 12. | 0,29047 | 1,468 | 369,836 |
| 13. | 0,40453 | 1,189 | 515,065 |
| 14. | 0,33359 | 1,413 | 424,745 |
| 15. | 0,45844 | 1,39 | 583,701 |
| 16. | 0,43828 | 2,295 | 558,037 |
| 17. | 0,28297 | 0,844 | 360,287 |
| 18. | 0,26781 | 1,06 | 340,99 |
| 19. | 0,43828 | 2,343 | 558,037 |
| 20. | 0,22844 | 1,3615 | 290,856 |

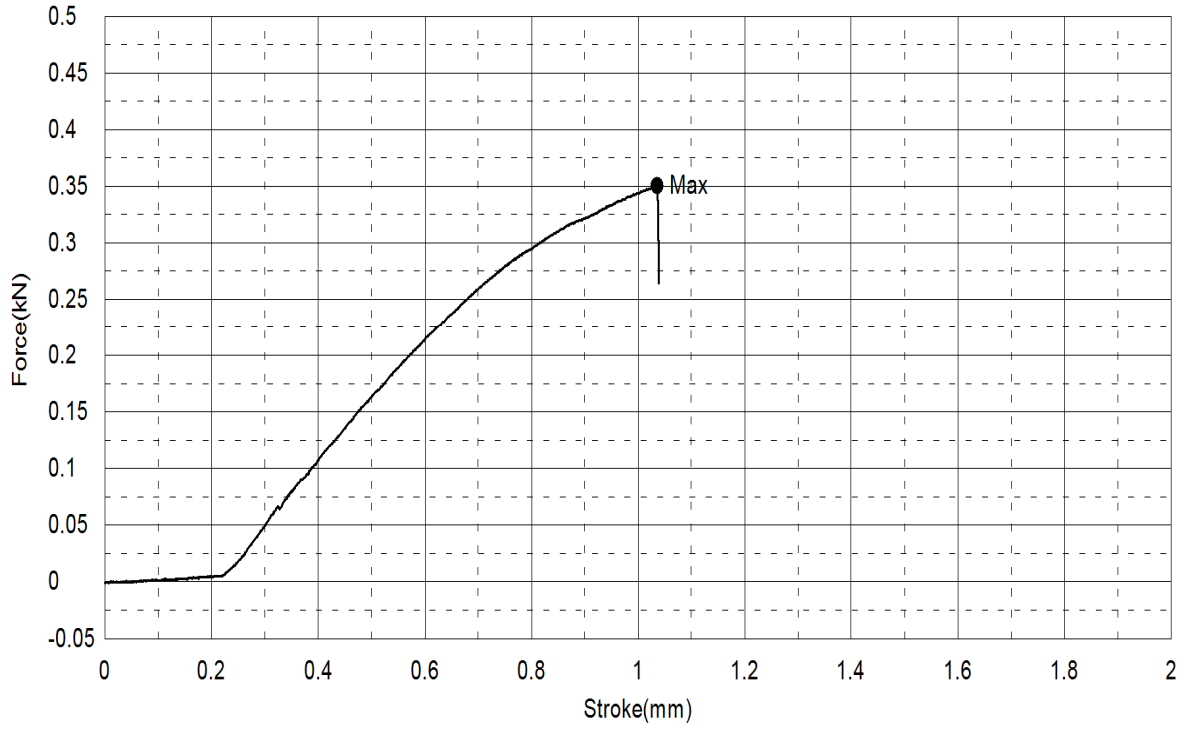


Grafik 4-1: Titanyum grubunda maksimum kırılma değerini gösteren örneğe ilişkin grafik

4.1.2. Kuartz fiber post (D.T. Light-Post) - kompozit 'core' örneklerinden elde edilen kırılma değerleri tablo 4-2'de, maksimum kırılma değerine ait şekil ise grafik 4-2'de gösterilmiştir. Kuartz fiber post grubuna ilişkin bulgularda stres değerleri 306,771 N/mm² ile 1001,88 N/mm² arasında değişmektedir. Bu gruba ilişkin elde edilen ortalama değer ise 530,36 N/mm² 'dir.

Tablo 4-2: Kuartz fiber post grubunun kırılma değerleri

| Kuartz Fiber Post Grubu | Kn | mm | N/mm ² |
|-------------------------|---------|--------|-------------------|
| D.T. Light-Post | | | |
| 1. | 0,35078 | 1,0355 | 446,629 |
| 2. | 0,39234 | 1,5335 | 499,548 |
| 3. | 0,41047 | 0,8155 | 522,625 |
| 4. | 0,24094 | 0,733 | 306,771 |
| 5. | 0,345 | 0,911 | 439,268 |
| 6. | 0,50266 | 0,934 | 640,002 |
| 7. | 0,42766 | 1,128 | 544,509 |
| 8. | 0,52812 | 1,357 | 672,43 |
| 9. | 0,44219 | 1,471 | 563,011 |
| 10. | 0,34344 | 1,5975 | 437,278 |
| 11. | 0,30281 | 0,746 | 385,553 |
| 12. | 0,36875 | 0,897 | 469,507 |
| 13. | 0,23469 | 1,672 | 298,813 |
| 14. | 0,54281 | 1,237 | 691,13 |
| 15. | 0,29969 | 0,927 | 381,574 |
| 16. | 0,25359 | 0,819 | 322,886 |
| 17. | 0,43516 | 1,697 | 554,058 |
| 18. | 0,78688 | 1,705 | 1001,88 |
| 19. | 0,34219 | 1,0175 | 435,687 |
| 20. | 0,78078 | 2,166 | 994,122 |

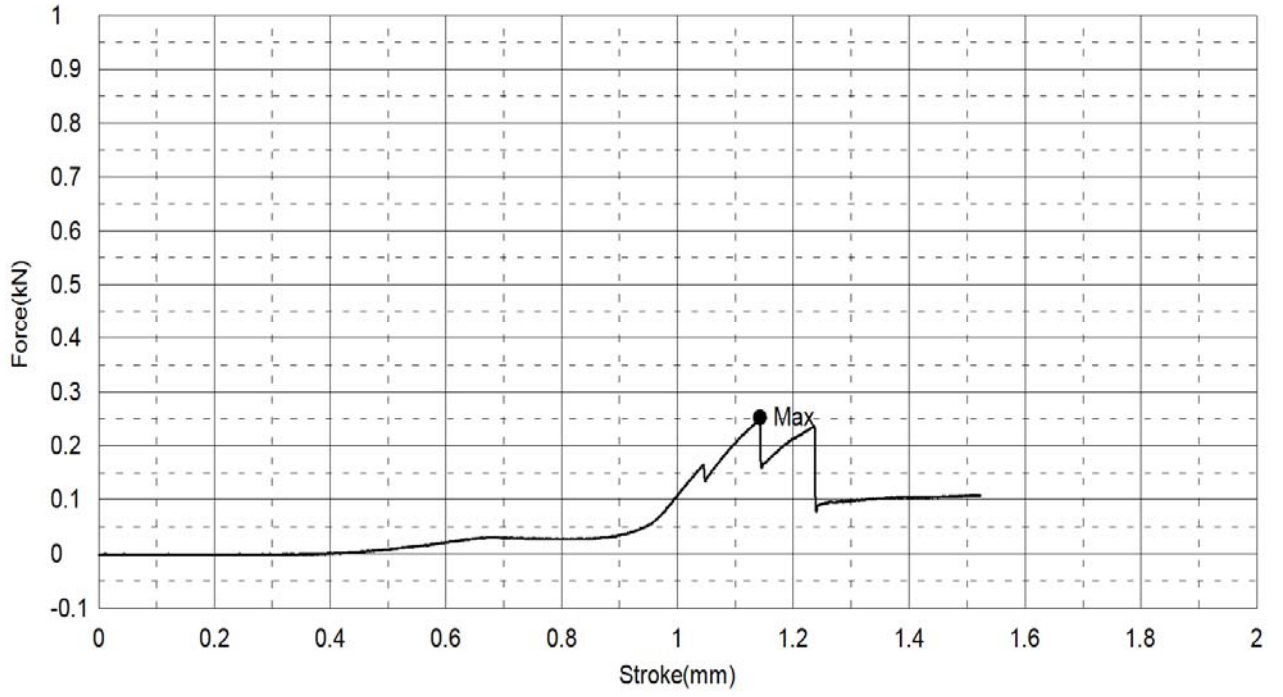


Grafik 4-2: Kuartz fiber grubunda maksimum kırılma değerini gösteren örneğe ilişkin grafik

4.1.3. Fiber composite laminate (EverStick-Post) - kompozit ‘core’ örneklerine ait kırılma değerleri tablo 4-3’te , maksimum kırılma değerini gösteren şekil ise grafik 4-3’de gösterilmiştir. FCL post uygulanan gruba ilişkin bulgularda stres değerleri $321,095 \text{ N/mm}^2$ ile $1065,74 \text{ N/mm}^2$ arasında değişmektedir. Bu gruba ilişkin elde edilen ortalama değer ise $530,07 \text{ N/mm}^2$ ‘dir.

Tablo 4-3: Fiber composite laminate post grubunun kırılma değerleri

| FCL Post Grubu | Kn | mm | N/mm ² |
|----------------|---------|--------|-------------------|
| Everstick-Post | | | |
| 1. | 0,25219 | 1,142 | 321,095 |
| 2. | 0,32953 | 1,007 | 419,572 |
| 3. | 0,43375 | 2,079 | 552,268 |
| 4. | 0,37547 | 1,08 | 478,062 |
| 5. | 0,63937 | 1,376 | 814,078 |
| 6. | 0,25391 | 0,989 | 323,284 |
| 7. | 0,83703 | 1,7615 | 1065,74 |
| 8. | 0,47203 | 1,943 | 601,009 |
| 9. | 0,36031 | 1,088 | 458,764 |
| 10. | 0,29563 | 1,337 | 376,402 |
| 11. | 0,61828 | 1,9485 | 787,22 |
| 12. | 0,34359 | 1,9345 | 437,477 |
| 13. | 0,37031 | 1,453 | 471,497 |
| 14. | 0,26281 | 1,325 | 334,623 |
| 15. | 0,39922 | 1,571 | 508,301 |
| 16. | 0,37422 | 1,778 | 476,47 |
| 17. | 0,31984 | 0,893 | 407,238 |
| 18. | 0,28719 | 0,6085 | 365,659 |
| 19. | 0,30422 | 1,572 | 387,343 |
| 20. | 0,7975 | 1,452 | 1015,41 |

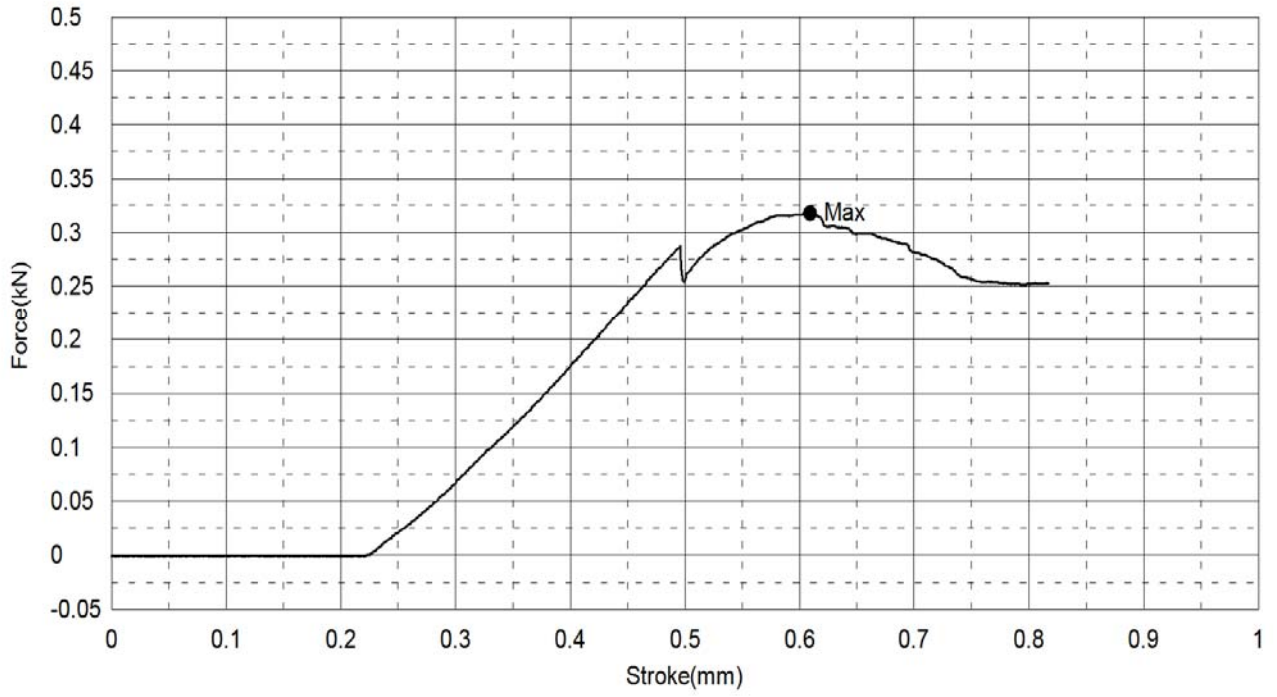


Grafik 4-3: Fiber composite laminate grubunda maksimum kırılma değerini gösteren örneğe ilişkin grafik

4.1.4. Döküm ‘post-core’ (Ni-Cr) örneklerinin kırılma değerlerine ilişkin bulgular tablo 4-4’te , maksimum kırılma değerine ait şekil grafik 4-4’te gösterilmiştir. Döküm ‘post-core’ kontrol grubuna ilişkin bulgularda stres değerleri $127,125 \text{ N/mm}^2$ ile $441,854 \text{ N/mm}^2$ arasında değişmektedir. Bu gruba ilişkin elde edilen ortalama değer ise $232,74 \text{ N/mm}^2$ ‘dir.

Tablo 4-4: Kontrol grubunun kırılma değerleri

| Kontrol Grubu | Kn | Mm | N/mm ² |
|-------------------------|----------|--------|-------------------|
| Ni-Cr Döküm Post | | | |
| 1. | 0,31781 | 0,609 | 404,652 |
| 2. | 0,15375 | 1,565 | 195,761 |
| 3. | 0,18828 | 1,482 | 239,727 |
| 4. | 0,15563 | 0,59 | 198,148 |
| 5. | 0,513906 | 1,129 | 177,06 |
| 6. | 0,34703 | 1,149 | 441,854 |
| 7. | 0,15266 | 0,995 | 194,368 |
| 8. | 0,23719 | 0,356 | 301,997 |
| 9. | 0,11484 | 1,283 | 146,224 |
| 10. | 0,16016 | 1,205 | 203,917 |
| 11. | 0,1525 | 0,744 | 194,169 |
| 12. | 0,22469 | 1,09 | 286,081 |
| 13. | 0,16312 | 1,862 | 207,697 |
| 14. | 0,21219 | 337 | 270,166 |
| 15. | 0,15344 | 0,994 | 195,363 |
| 16. | 0,09984 | 0,5485 | 127,125 |
| 17. | 0,20406 | 1,72 | 259,821 |
| 18. | 0,22562 | 0,442 | 287,275 |
| 19. | 0,14375 | 0,8 | 183,028 |
| 20. | 0,11031 | 0,948 | 140,454 |



Grafik 4-4: Döküm grubunda maksimum kırılma değerini gösteren örneğe ilişkin grafik

4.1.5. İstatistiksel Analiz:

Tek yönlü varyans analizine (Oneway Anova) göre gruplara ilişkin ortalama ve standart sapma değerleri, Tukey HSD test ile gruplar arası karşılaştırmalar tablo 4-5'te verilmiştir. Ortalama ve standart sapma değerlerinin gruplara göre grafiksel dağılımı Grafik 4-5'de belirtilmiştir.

Tablo 4-5: N/mm² ölçümlerinin gruplara göre değerlendirilmesi

| | N/mm ² | | <i>p</i> |
|------------------------------|--------------------|----------|----------------|
| | Ort | SD | |
| Titanyum | 514,87 | 136,11 | <i>0,001**</i> |
| Kuartz fiber | 530,36 | 195,29 | |
| FCL | 530,07 | 220,15 | |
| Döküm | 232,74 | 81,81 | |
| <i>†p</i> | | | |
| <i>Titanyum-Döküm</i> | <i>0,001**</i> | | |
| <i>Titanyum-Kuartz fiber</i> | <i>0,991</i> | | |
| <i>Titanyum-FCL</i> | <i>0,992</i> | | |
| <i>Döküm-Kuartz fiber</i> | <i>0,001**</i> | | |
| <i>Döküm- FCL</i> | <i>0,001**</i> | | |
| <i>Kuartz fiber- FCL</i> | <i>1,000</i> | | |
| • : Oneway Anova test | † . Tukey HSD test | **p<0,01 | |

Araştırmanın birinci bölümünden elde edilen istatistiksel analiz bulguları; stres ölçüm değerlerinin, deney ve kontrol grupları arasında ileri düzeyde anlamlı farklılık olduğunu göstermektedir ($p<0,01$). Anlamlılığın hangi gruptan kaynaklandığını saptamak için yapılan ‘post- hoc’ karşılaştırmalarından elde edilen bulgulara göre deney grupları arasında stres değerleri açısından istatistiksel yönden anlamlı bir farklılık bulunmadığı gözlenmiştir;

Titanyum post uygulanan 1.’inci grup ile kuartz fiber kullanılan 2.’nci grubun istatistiksel analizi sonucunda elde edilen bulgular stres değerleri açısından her iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

1.’inci grup olan titanyum post grubu ile FCL post kullanılan 3.’üncü grubun istatistiksel değerlendirmesi sonucunda stres değerleri açısından her iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmadığı görülmektedir ($p>0,05$).

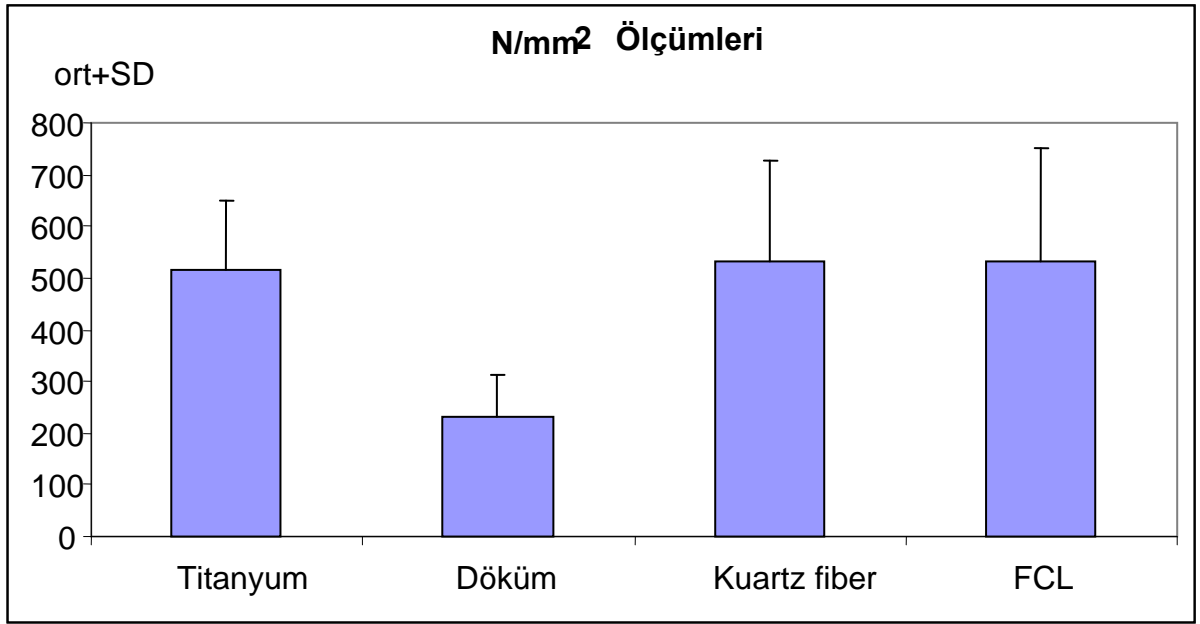
2.’nci grup olan kuartz fiber post grubu ile FCL post grubunun (3.grup) istatistiksel analizi sonucunda elde edilen bulgular, her iki grup arasında yine anlamlı bir fark bulunmadığını göstermektedir ($p>0,05$).

Buna karşın her üç grubun (titanyum, kuartz, FCL) kontrol grubu (döküm) ile olan stres değerlerinin istatistiksel analizinden elde edilen sonuçlar doğrultusunda, kontrol grubunun her üç gruptan anlamlı düzeyde düşük olduğu saptanmıştır ($p<0,01$).

Diğer bir deyişle: Titanyum kullanılan 1.’inci grup ile döküm post (Ni-Cr) kullanılan kontrol grubu arasında, stres değerleri açısından istatistiksel yönden anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

2.’nci grup olan kuartz fiber post grubu ile döküm post (Ni-Cr) kontrol grubu arasında stres değerleri açısından istatistiksel yönden yine anlamlı bir farklılık görülmüştür.

FCL post kullanılan 3.’üncü grup ile döküm post (Ni-Cr) kullanılan kontrol grubu arasında, stres değerleri açısından istatistiksel yönden anlamlı bir farklılık bulunmuştur.



Grafik 4-5: Ortalama ve standart sapma değerlerinin gruplara göre dağılımına ilişkin grafik

Çalışmamızın birinci bölümünde yapılan deneyler sonucunda örneklerden elde edilen bulguların (post kırığı, 'core' kırığı, kök kırığı, post dislokasyonu) gruplara göre sayısal dağılımı tablo 4-6.'da ve şekil 4-1.'de gösterilmiştir. Tabloda da görüldüğü gibi gruplarda post kırığı görülmemiştir. 'Core' kırığı deney gruplarında görülmesine karşın kontrol grubunda rastlanmamıştır. 'Core' kırığı en yüksek oranda titanyum grubunda (%80) gözlenirken bunu kuartz fiber (%75) ve FCL (%35) grubu takip etmiştir.

Kök kırığına deney ve kontrol gruplarında rastlanmıştır. Kontrol grubunda deney gruplarına kıyasla daha fazla oranda kök kırığı görülmüştür. Deney gruplarında titanyum ve FCL gruplarında eşit oranda kök kırığı gözlenirken (%20), kuartz fiber grubunda bu oran daha da düşmüştür (%5).

Deney ve kontrol gruplarında post dislokasyonuna rastlanmıştır. Post dislokasyonu en yüksek oranda FCL post grubunda (%45) gözlenmiştir. Bunu kuartz fiber grubu (%20) takip etmiştir. Titanyum örneklerinde ise post dislokasyonu görülmemiştir.

Tablo 4-6: Gruplara göre kırılma dağılımı

| Materyal | Post kırığı | 'Core' kırığı | Kök kırığı | Post dislokasyonu |
|------------------------|-------------|---------------|------------|-------------------|
| n (%) | n (%) | n (%) | n (%) | n (%) |
| Titanyum 20 | 0 | 16 (%80) | 4 (%20) | 0 |
| Kuartz Fiber 20 | 0 | 15 (%75) | 1 (%5) | 4 (%20) |
| FCL 20 | 0 | 7 (%35) | 4 (%20) | 9 (%45) |
| Döküm 20 | 0 | 0 | 15 (%75) | 5 (%25) |



Şekil 4-1: Örneklerle ilişkin kırık şekilleri

Kırık tipleri açısından titanyum ve döküm grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmüştür ($p<0,01$). 'Core' kırığı titanyum grubunda, kök kırığı ise döküm grubunda yüksek bulunmuştur.

Titanyum ve kuartz fiber uygulanan deney gruplarında kırık tipleri arasında istatistiksel yönden anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Titanyum ve FCL post uygulanan deney gruplarında kırık tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p<0,01$). Titanyumda core kırığı, FCL post grubunda ise post dislokasyonu görülme oranları yüksektir.

Döküm ve kuartz fiber uygulanan grupların kırık tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmektedir ($p<0,01$). Dökümde kök kırığı, kuartz fiber post grubunda ise core kırığı görülme oranları yüksektir.

Döküm ve FCL post uygulanan grupların kırık tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmektedir ($p<0,01$). Dökümde kök kırığı, FCL post grubunda ise post dislokasyonu görülme oranları yüksektir.

Kuartz fiber ve FCL post uygulanan grupların kırık tipleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık görülmektedir ($p<0,01$). Kuartz fiber uygulananlarda core kırığı, FCL grubunda ise post dislokasyonu görülme oranları yüksektir (tablo 4-7).

Tablo 4-7: Gruplara göre kırılma dağılımların istatistiksel incelenmesi

| Gruplar | p |
|--------------------------------|----------------|
| Titanyum - Döküm | <i>0,001**</i> |
| Titanyum - Kuartz fiber | <i>0,054</i> |
| Titanyum - FCL | <i>0,002**</i> |
| Döküm - Kuartz fiber | <i>0,001**</i> |
| Döküm - FCL | <i>0,001**</i> |
| Kuartz fiber- FCL | <i>0,001**</i> |

Ki kare testi

**** $p<0,01$**

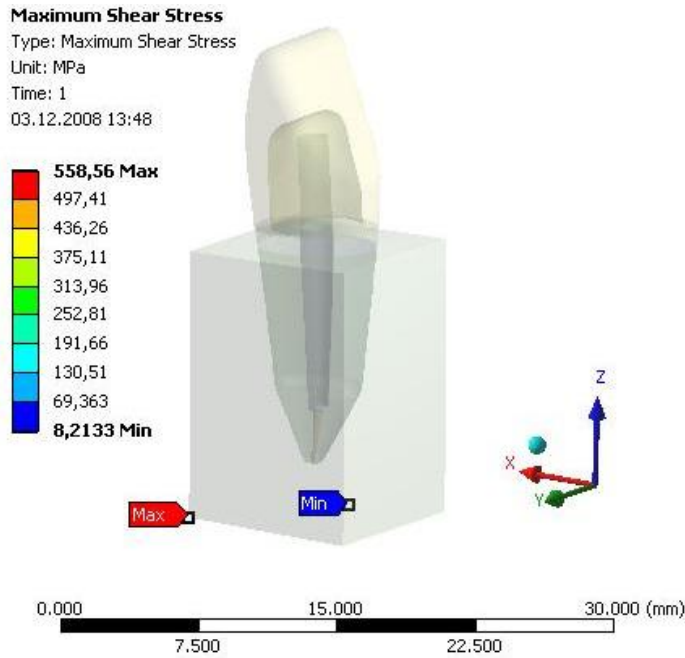
4.2. İkinci Bölüm - FEM Analizi :

Araştırmanın ikinci bölümünden elde edilen bulgular tablo 4-8.'de ve maksimum basma, deformasyon ve çekme dağılımlarının görüntüleri Şekil 4-2. – 4-13.'de verilmiştir.

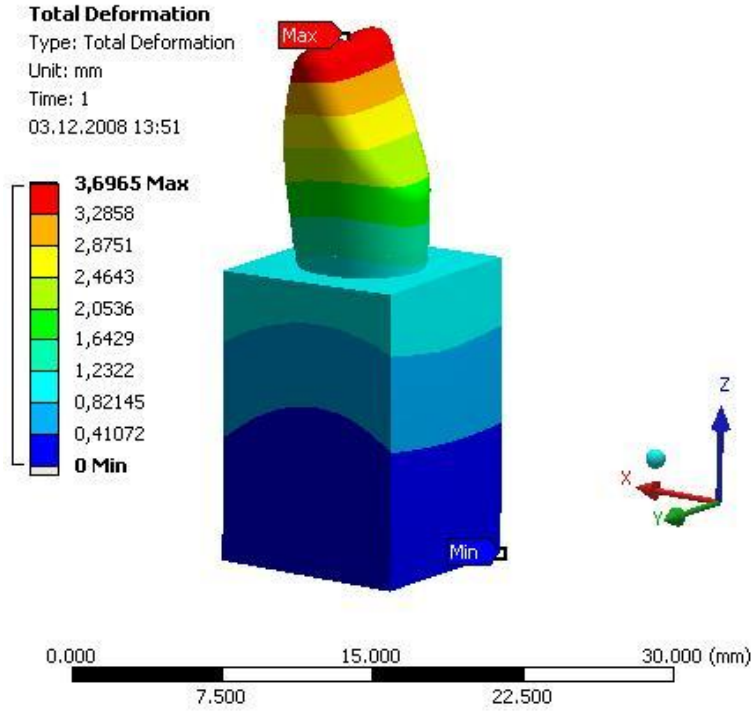
Tablo 4-8: Grupların basma, deformasyon ve çekme değerleri

| Materyal | Max Basma Stresi | Deformasyon | Elastik Gerinim |
|-----------------|-------------------------|--------------------|------------------------|
| | | | |
| Titanyum | MAX:558,56 MIN:8,2133 | 3,6965 | 0,19663 |
| | | | |
| Kuartz | MAX:483,15 MIN:8,2382 | 3,675 | 0,14259 |
| | | | |
| FCL | MAX:511,37 MIN:7,76 | 3,4481 | 0,13973 |
| | | | |
| Döküm | MAX:558,36 MIN:8,2393 | 3,582 | 0,15574 |

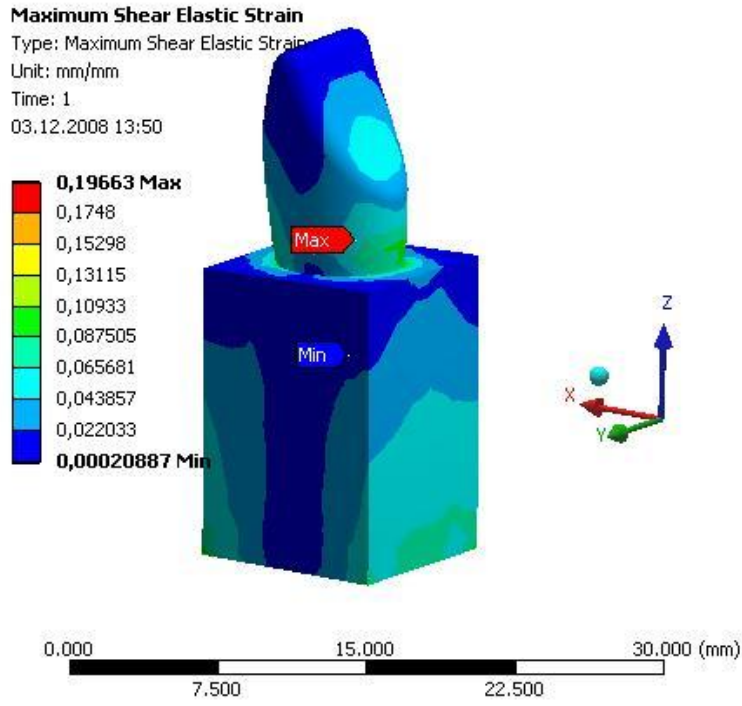
4.2.1. Titanyum post - kompozit ‘core’ örneklerinin kırılma değerlerine ilişkin bulgularda basma stresi değeri 558,56 MPa ‘ dir. Bu gruba ilişkin elde edilen deformasyon miktarı 3,6965 mm ‘dir. Elastik gerinim değeri ise 0,19663 mm/mm’ dir. Modelde en yüksek basma stresi değeri diş kökünün vestibülo-servikal bölgesinde siman aralığında gözlenirken, en yüksek germe stresi değeri kökün palato-servikal bölgesinde görülmüştür. En yüksek deformasyon değeri ise kuronun kesici kenarında meydana geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 4-2: Titanyum post uygulanmış diş modelinde kuvvet uygulaması sonucunda oluşan maksimum basma stresi bölgeleri

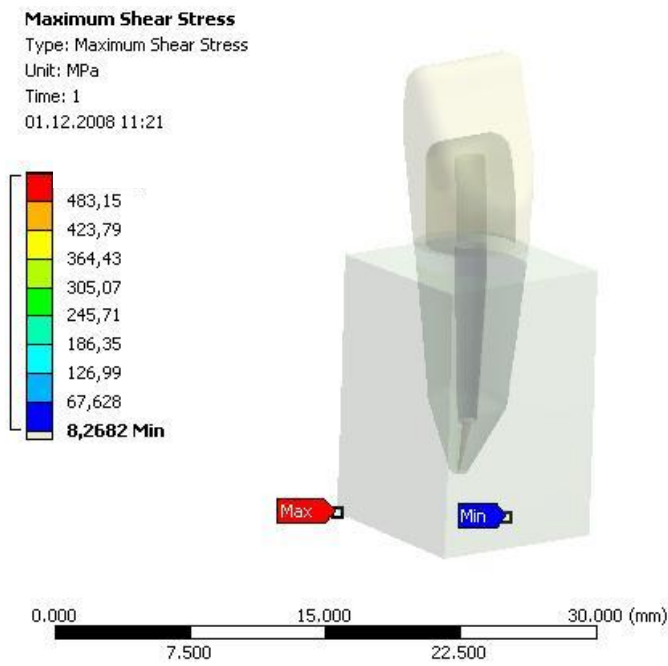


Şekil 4-3: Titanyum post uygulanmış diş modelinde kuvvet uygulaması sonucunda oluşan deformasyon bölgeleri

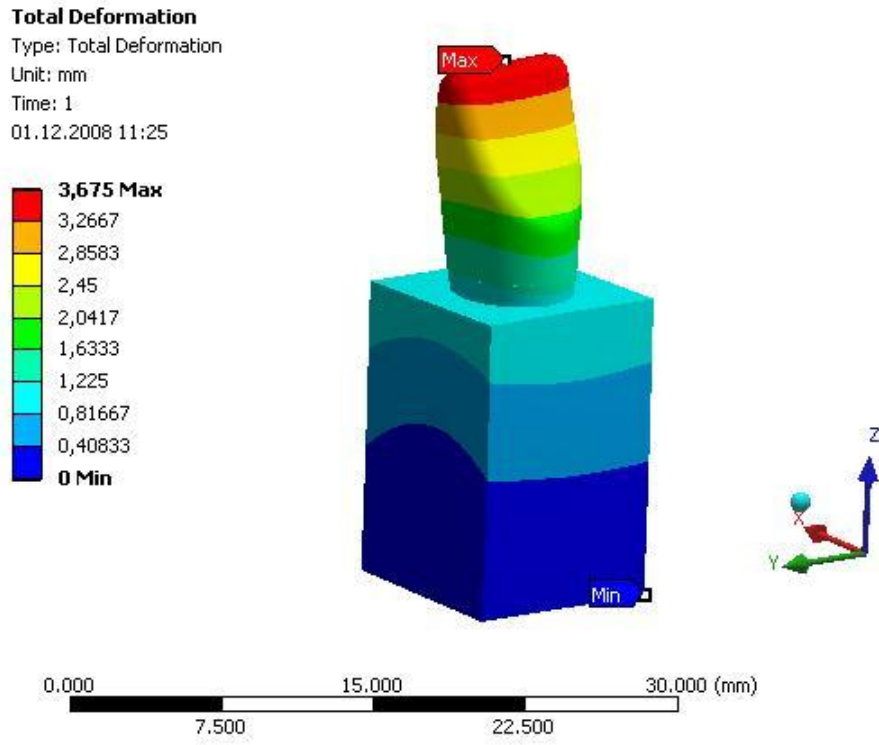


Şekil 4-4: Titanyum post uygulanmış diş modelinde kuvvet uygulaması sonucunda oluşan maksimum elastik gerinim bölgeleri

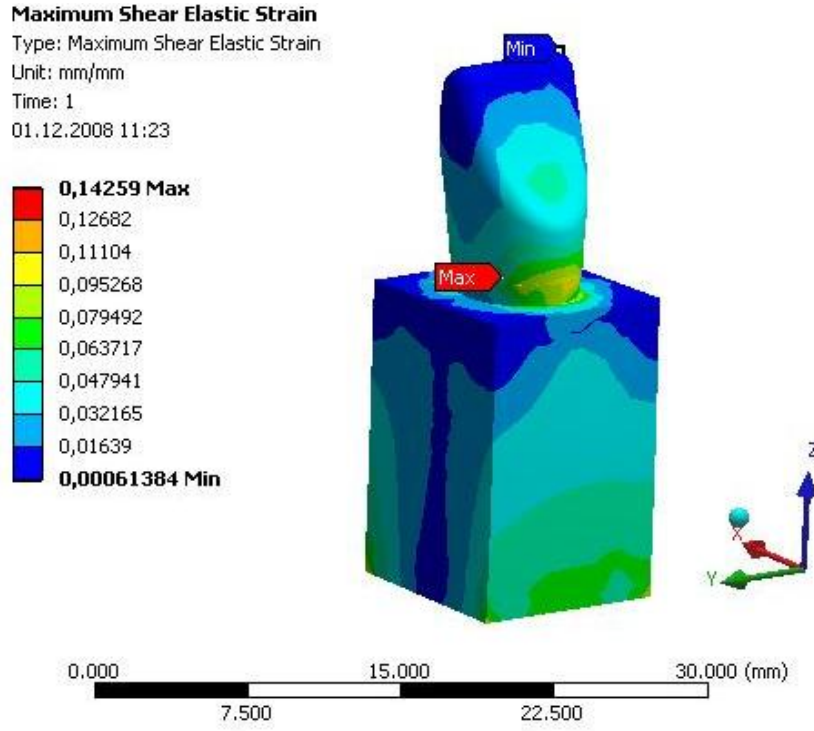
4.2.2. Kuartz fiber post - kompozit ‘core’ örneklerinin kırılma değerlerine ilişkin bulgularda basma stres değeri 483,15 MPa ‘dır. Bu gruba ilişkin elde edilen deformasyon miktarı 3,675 mm ‘dir. Elastik gerinim değeri ise 0,14259 mm/mm’ dir. Modelde en yüksek basma stresi değeri diş kökünün vestibülo-servikal bölgesinde siman aralığında gözlenirken, en yüksek germe stresi değeri kökün palato-servikal bölgesinde görülmüştür. En yüksek deformasyon değeri ise kuronun kesici kenarında meydana geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 4-5: Kuartz fiber post uygulanmış diş modelinde kuvvet uygulaması sonucunda oluşan maksimum basma stresi bölgeleri

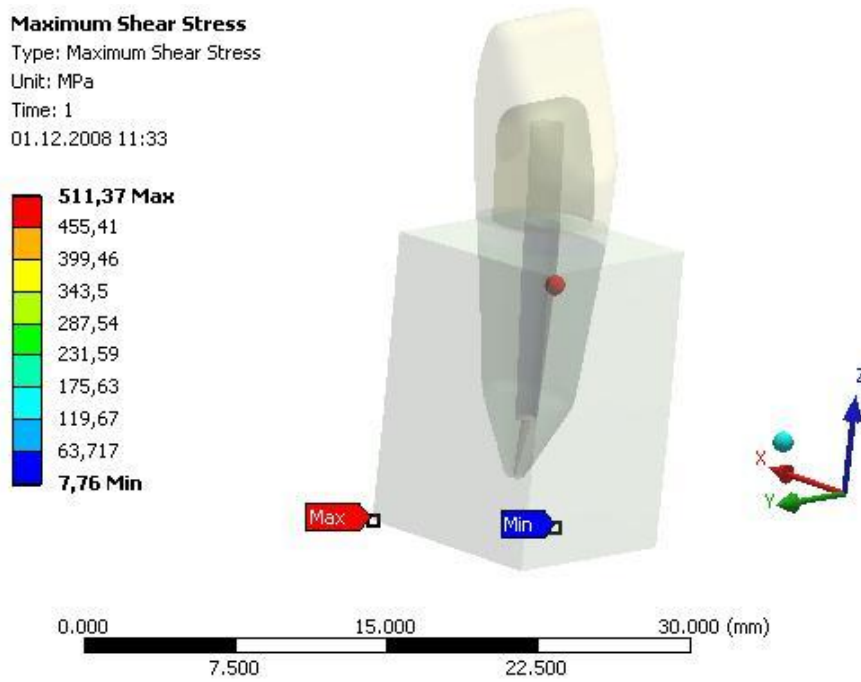


Şekil 4-6: Kuartz fiber post uygulanmış diş modelinde kuvvet uygulaması sonucunda oluşan deformasyon bölgeleri

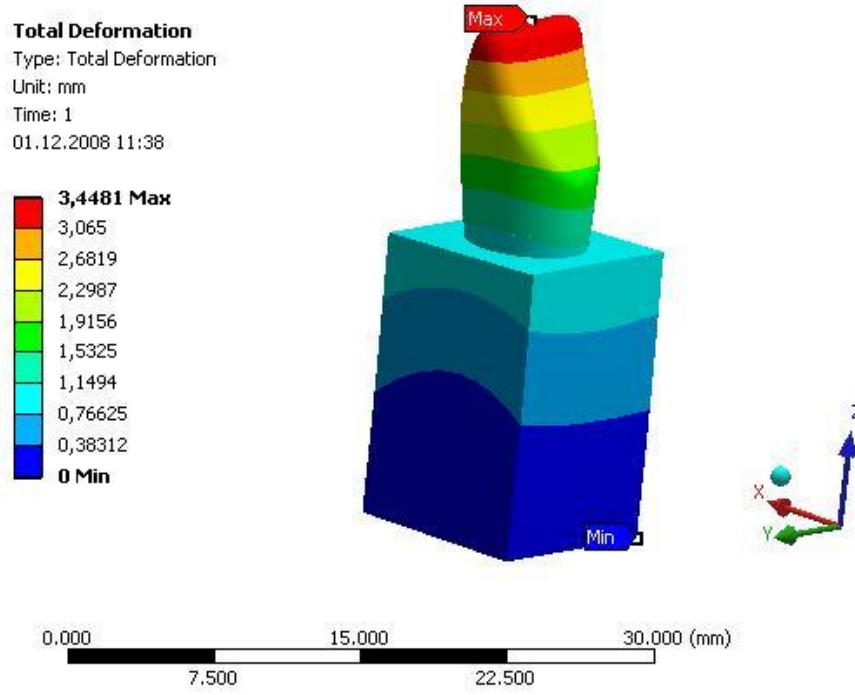


Şekil 4-7: Kuartz fiber post uygulanmış diş modelinde kuvvet uygulaması sonucunda oluşan maksimum elastik gerinim bölgeleri

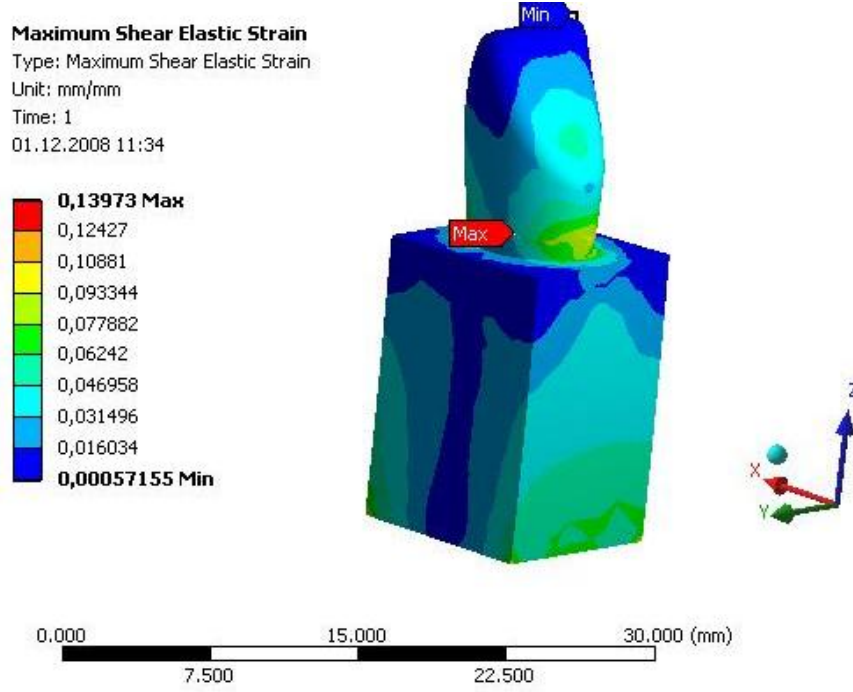
4.2.3. Fiber composite laminate (EverStick-Post) - kompozit ‘core’ örneklerine ait basma stresi değeri 511,37 MPa ‘ dir. Bu gruba ilişkin elde edilen deformasyon miktarı 3,4481 mm ‘dir. Elastik gerinim değeri ise 0,13973 mm/mm’ dir. Modelde en yüksek basma stresi değeri diş kökünün vestibülo-servikal bölgesinde siman aralığında gözlenirken, en yüksek germe stresi değeri kökün palato-servikal bölgesinde görülmüştür. En yüksek deformasyon değeri ise krunun kesici kenarında meydana geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 4-8: FCL post uygulanmış diş modelinde kuvvet uygulaması sonucunda oluşan maksimum basma stresi bölgeleri

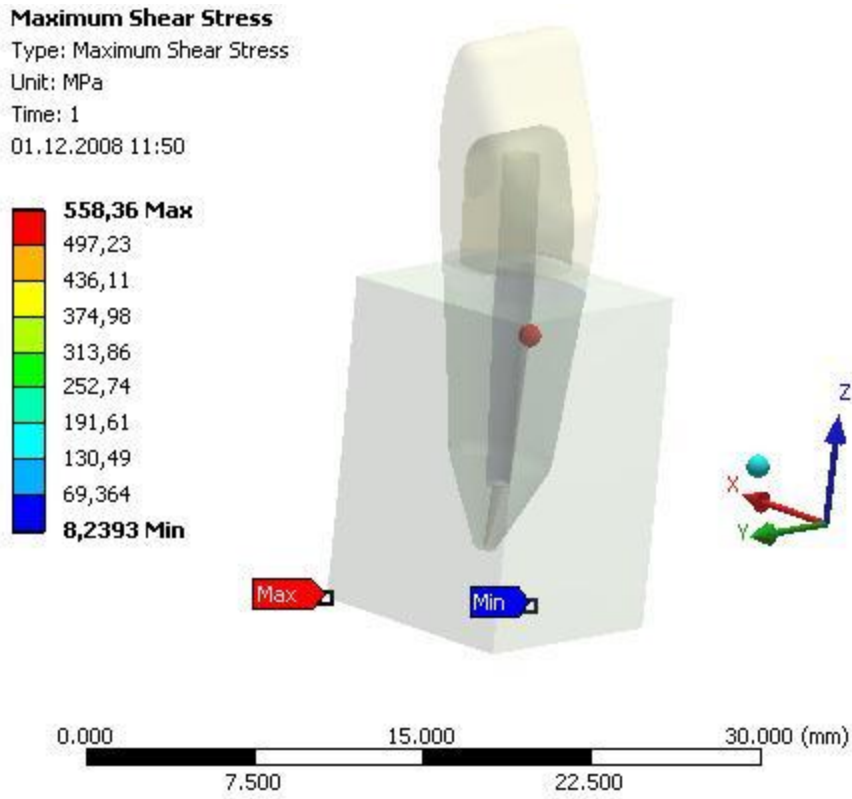


Şekil 4-9: FCL post uygulanmış diş modelinde kuvvet uygulaması sonucunda oluşan deformasyon bölgeleri

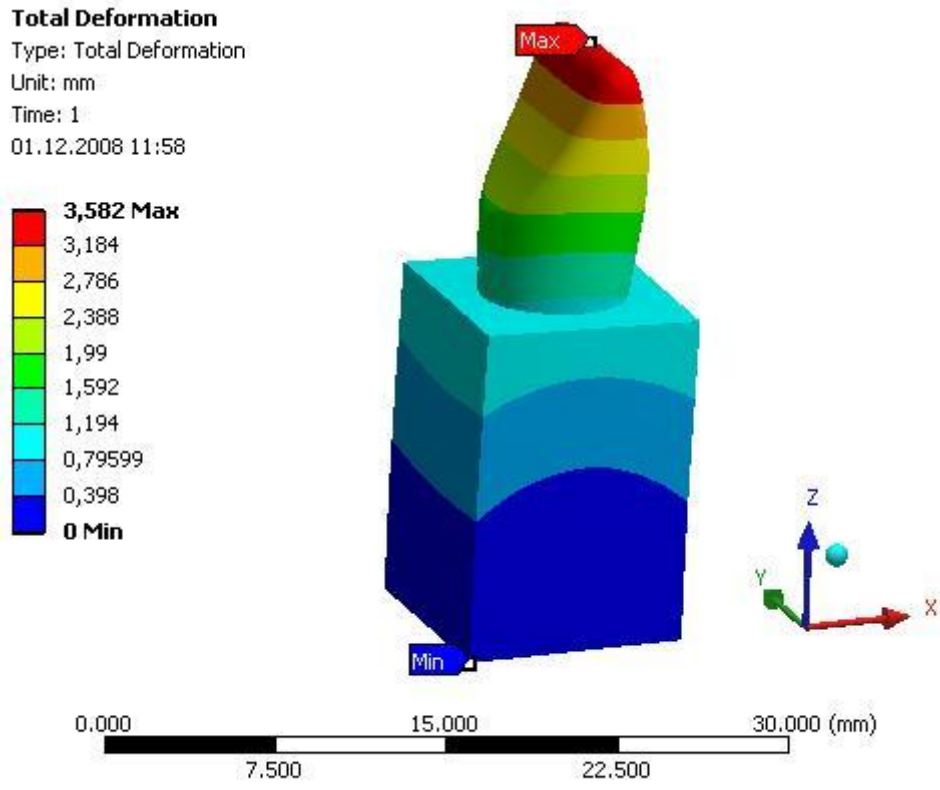


Şekil 4-10: FCL post uygulanmış diş modelinde kuvvet uygulaması sonucunda oluşan maksimum elastik gerinim bölgeleri

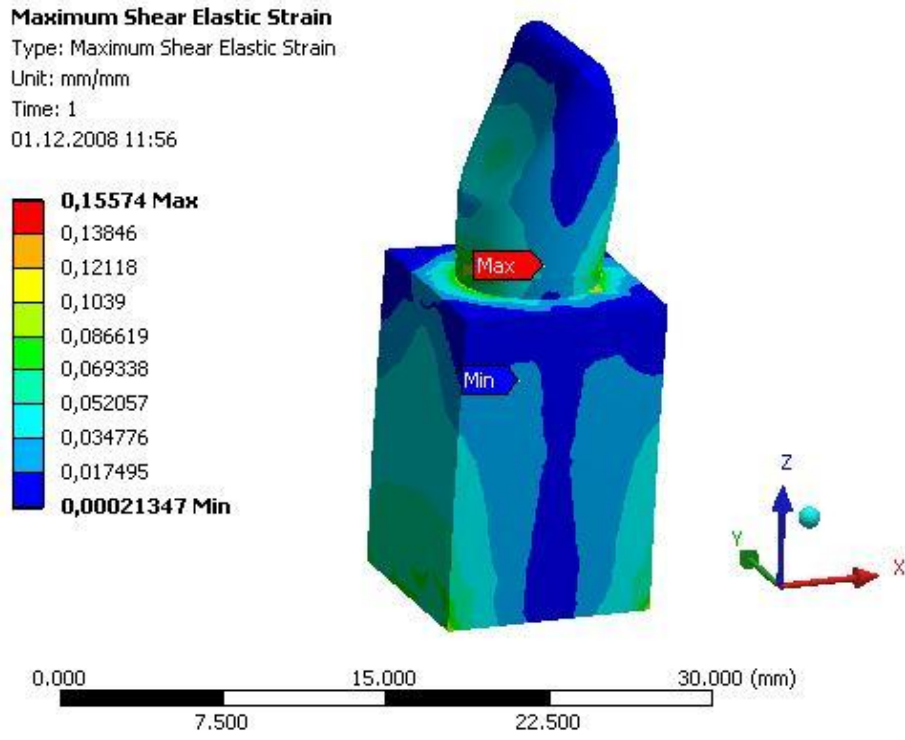
4.2.4. Döküm ‘post-core’ (Ni-Cr) örneklerine ait basma stresi değeri 558,36 MPa ‘dır. Bu gruba ilişkin elde edilen deformasyon miktarı 3,582 mm ‘dir. Elastik gerinim değeri ise 0,15574 mm/mm’ dir. Modelde en yüksek basma stresi değeri diş kökünün vestibülo-servikal bölgesinde siman aralığında gözlenirken, en yüksek germe stresi değeri kökün palato-servikal bölgesinde görülmüştür. En yüksek deformasyon değeri ise kuronun kesici kenarında meydana geldiği tespit edilmiştir.



Şekil 4-11: Döküm post uygulanmış diş modelinde kuvvet uygulaması sonucunda oluşan maksimum basma stresi bölgeleri



Şekil 4-12: Döküm post uygulanmış diş modelinde kuvvet uygulaması sonucunda oluşan deformasyon bölgeleri



Şekil 4-13: Döküm post uygulanmış diş modelinde kuvvet uygulaması sonucunda oluşan maksimum elastik gerinim bölgeleri

Araştırmamızda dört farklı post materyalinde 45 derecelik kuvvet uygulaması sonucu diş ve çevre dokularda oluşan maksimum basma, deformasyon ve germe stresi bulgularına ilişkin değerler benzer dağılımlar göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre tüm gruplarda en yüksek basma stresi değerleri dişin vestibülo-servikal bölgesinde gözlenirken, en yüksek germe stresi değerleri dişin palato-servikal bölgesinde görülmüştür. Tüm gruplarda en yüksek deformasyon değerlerinin kuronun kesici kenarında meydana geldiği tespit edilmiştir. Araştırmada tüm post materyallerinin diş ve çevre dokularda oluşturdukları stres dağılımları değerlendirildiğinde; stres, deformasyon ve gerinim değerleri açısından en yüksek değeri titanyum post grubu gösterirken en düşük değerleri kuartz fiber post modelinde belirlenmiştir. Stres ve gerinim açısından döküm 'post-core' grubu kuartz ve cam fiber post gruplarından yüksek değerler gösterirken deformasyon sonuçlarında kuartz fiber post grubunun değeri döküm 'post-core' grubundan yüksek bulunmuştur.

5. TARTIŞMA

İleri derecede kuron kaybına sahip kök kanalı tedavili dişlerin restorasyonu, diş hekimliğinin önemli bir konusudur. Günümüzde aşırı madde kaybına uğramış endodontik tedavili dişlerin ‘post-core’ sistemi ile restore edilmesi yaygın olarak kullanılmaktadır (85). ‘Post-core’ uygulamalarındaki amaç, kayıp kural diş yapısını tekrar oluşturarak, dayanıklılık ve tutuculuk kazandırmaktır (5,82). Post materyalleri, kök kanalı tedavisi uygulanmış dişleri desteklemekte, ayrıca ‘core’ ve kural restorasyon için tutuculuk sağlamaktadır (5,9,149).

‘Post-core’ ile ilgili araştırmalarda malzeme ve uygulama yöntemleriyle ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (2,23,32,60,69,72,103,137,146,150,169,173,175). Restoratif diş hekimliğinin başarısı maddenin doğru seçimi, özelliklerinin bilinmesi ve doğru yöntemin kullanılmasına bağlıdır. Bu nedenle seçilen maddenin başarı veya başarısızlığı tedavi prognozunu etkilemektedir.

Assif ve Gorfil (9) ‘post-core’ restorasyonu uygulanan dişlerde görülen kırıkların en çok kökün kural üçlüsünde oluştuğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bu sonucun kullanılan farklı materyaller ve diş ile aralarındaki elastik modülü farkından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Geçmiş yıllarda yapılan bazı çalışmalarda (9,149), kök kanalı tedavili dişlere uygulanan ‘post-core’ restorasyonlarının kök kanalı tedavisi görmüş ve harabiyete uğramış dişleri güçlendirmek ve daha sonra yapılacak restorasyona direnç sağlamak üzere iki farklı endikasyonunun olduğu belirtilmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda (9,128) ise postların kök kanalı tedavisi görmüş dişleri kuvvetlendirmediği, sadece kural restorasyon için oluşturulacak ‘core’ yapının retansiyonunu sağladıkları ifade edilmektedir. Kök kanalı tedavisi görmüş dişlerin uzun dönem başarılı olabilmesi için uygun üst yapı restorasyonlarının yapılması gerekmektedir.

Döküm 'post-core' yöntemlerindeki gelişmelere rağmen, yapım aşamalarının uzun sürmesi, randevu sayısının artması ve maliyetin yüksek olması nedeniyle günümüzde ender olarak uygulanmaktadır. Tedavi süresinin kısalması, uygulama kolaylığı, maliyetin düşük olması, üstün retansiyon özellikleri ve gelen kuvvetin homojen bir şekilde dağıtılması nedeniyle günümüzde prefabrike 'post-core' sistemleri tercih edilmektedir (6,54,111,167).

Uzun yıllar fiziksel özellikleri ve biyouyumlu olmaları nedeniyle metal postlar yaygın olarak kullanılmıştır (68). Ancak, metal postların 'core' materyaline mekanik olarak bağlanabilmeleri ve yükleme altında esneme göstermeyerek diş kökünde kırık oluşturmaları bir dezavantaj teşkil etmektedir. Ayrıca kesici dişlerin metal postlar ve tamamı seramik kuronlarla restorasyonunda estetik açıdan bazı problemlerle karşılaşmıştır. Yapıştırıcı simanın ve seramik restorasyonun kalınlığına ve opaklığına bağlı olarak metalin koyu rengi, kuron restorasyonun altından yansıyabilmektedir. Özellikle 'post-core' yapımında kıymetsiz metal alaşımlar kullanıldığında korozyon ürünleri dişeti dokularında birikebilmekte ve kökün renkleşmesine neden olabilmektedir (48,68,88).

Çalışmamızda, bahsedilen özelliklere dikkat edilerek, kolay ve yaygın olarak kullanılan en az korozyona uğrayan ve biyolojik uyumluluğu çok iyi olan titanyum maddesinden yapılan bir prefabrike post sistemi (Unimetric 215 T-Post) tercih edilmiştir (110). Günümüzde giderek artan estetik ihtiyaç ve biyolojik olarak uyumlu maddelere olan talep, metal olmayan 'post-core' sistemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır (68). Bu nedenle çalışmamıza, diş hekimliğinde kullanımı gittikçe yaygınlaşan, fiber destekli postlardan kuartz fiber (D.T. Light-Post) ve cam fiber (composite laminate fiber EverStick-Post) post sistemleri dahil edilmiştir. Kontrol grubu olarak ise uzun yıllar diş hekimliğinde uygulanan, geleneksel döküm (Ni-Cr) 'post-core' örnekleri oluşturulmuştur.

Mekanik preparasyon sonrası kökte oluşan incelemeler, post yerleştirilmesi sırasında veya artan fonksiyonel kuvvetler karşısında, kök kırığına neden olabilmektedir. Bu nedenle post çapının diş kökü çapının $\frac{1}{3}$ 'ü kadar olması önerilmektedir (79,156).

Hunter ve ark.'nın (72) yapmış oldukları fotoelastik çalışmada, dişin servikal bölgesinde meydana gelen streslerin oluşumunda, post uzunluğunun post çapından daha önemli olduğu gösterilmiştir. Bu görüşü Krupp ve ark. (89) desteklemiştir. Mattison (103) ise post çapındaki artışın dişte stres artışına neden olduğunu açıklamıştır. Shillingburg ve ark. (144), 700 adet dişi incelemiş oldukları çalışmalarında post çapının üst orta keser dişlerde en fazla 1,7 mm olması gerektiğini önermiştir.

Çalışmamızda kullanılan post çapları kök çapının 1/3 'ünü geçmeyecek şekilde seçilmiştir :

5. Grup: 0,8mm çapındaki titanyum post (Unimetric 215 T-Post) sistemi
6. Grup: 1,8mm çapındaki kuartz fiber post (D.T. Light-Post) sistemi
7. Grup: 1,5 mm çapındaki cam fiber post (EverStick-Post) sistemi
8. Grup (Kontrol grubu): 1,3 mm çapındaki 'Ni-Cr' döküm 'post-core' sistemi

Goldman'a (55) göre ise post yüzey şekli post boyundan daha önemlidir. Araştırmacıya göre paralel kenarlı olanlar konik kenarlılardan, siman kaçış delikli olanlar ise düz yüzeylilerden daha tutucudur. Post şekilleri direnç bakımından kıyaslandığında, vidalı olanların en dirençli, siman kaçış delikli postların ikinci, konik postların ise en az direnç gösteren post tipi olduğu belirtilmektedir (153). Steven Gu ve ark.'nın (59) yapmış oldukları çalışmada, üç tip rezin kompozit 'core' materyali ile iki tip metal destekli cam iyonomer 'core' materyalini, iki farklı post başı şekli kullanarak direnç bakımından incelemişlerdir. Araştırmacılar post başı şeklinin, post ve 'core' yapıları arasındaki mekanik bağlantıyı artırarak diş ve 'post-core' yapılarına direnç kazandırdığını bildirmişlerdir.

Bizim de çalışmamızda post yüzey şekillerinin direnç bakımından etkisini araştırmak amacı ile farklı yüzey özelliklerine sahip post sistemleri tercih edilmiştir. Birinci grupta, siman kaçış delikli, konik kenarlı, titanyum post sistemi (Unimetric 215 T-Post) , ikinci grupta çift taperli, silindir-konik yapılı, düz yüzeyli kuartz fiber post (DT-Light post) sistemi ve üçüncü grupta düz yüzeyli , paralel kenarlı cam fiber ('composite laminate fiber' - EverSTICK) post sistemi kullanılmıştır. Kontrol grubunda ise düz yüzeyli, konik plastik pinlerden döküm 'post-core' örnekleri oluşturulmuştur.

Geleneksel simanlara kıyasla daha üstün mekanik ve estetik özellikleriyle Bis-GMA ('bisphenol A glycidyl methacrylate') veya UDMA ('urethane dimethacrylate') rezin ve inorganik doldurucu partiküllerden oluşan rezin simanlar günümüzde en popüler siman tipidir. Resin simanlar, polimerizasyon türüne göre kimyasal olarak polimerize olanlar, ışıkla polimerize olanlar ve 'dual-cure' simanlar olmak üzere üçe ayrılırlar. 'Dual – cure' simanlar, kimyasal ve ışıkla polimerize simanların olumlu özelliklerinden faydalanmak amacı ile geliştirilmiştir. Bazı çalışmalarda dual-cure polimerizasyonun kimyasal polimerizasyona göre daha etkin olduğu bildirilmiştir (34,111). 'Dual-cure' simanlarla ışığın ulaşmadığı derin bölgelerde de yeterince polimerizasyon sağlanabilmektedir (27,39,120).

Mentoz ve ark (106), resin simanlar ile simante edilen postların kırılmaya karşı dirençlerinin daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Love ve Purton (96), yaptıkları bir çalışmada resin simanların diğer simanlara kıyasla daha tutucu olduklarını bildirmişlerdir. Bachicha ve ark. (10) yaptıkları bir çalışmada, paslanmaz çelik ve karbon fiber postların simantasyonunda resin siman kullanımının mikrosızıntı açısından çinkofosfat ve cam ionomer simana kıyasla daha üstün olduğunu bildirmişlerdir. Junge ve ark. (81) resin simanlarla simante edilen postların, çinkofosfat ya da resin modifiye cam ionomer simanlarla simante edilenlere kıyasla çiğneme kuvvetlerine karşı daha dirençli olduğunu göstermişlerdir.

Çalışmamızda uyguladığımız metal post sistemlerinin simantasyonunda, klinik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan, geleneksel çinko fosfat simanı tercih edilmiştir. Non-metal post grupları ise kırılmaya dayanıklılığı, ağız sıvılarından etkilenmemesi ve retantif olmaları nedeni ile resin simanlar ile simante edilmişlerdir.

Öjenol içerikli kök kanal dolgu patlarının resin simanların polimerizasyonunu engellediği bilinmektedir (5,22,119). Bazı çalışmalarda (168) öjenol içeren kök kanalı dolgu maddelerinin, resin simanının bağlanmasında olumsuz etkilerinin olmadığı bildirilmiştir. Bizim de çalışmamızda 'dual-cure' simanların kullanılması nedeniyle öjenol içermeyen kök kanalı patı (AH-plus) tercih edilmiştir.

‘Core’ materyallerinin seçiminde rol oynayan önemli faktörler; doku uyumluluğu, pH, antimikrobiyal aktivite, çözünürlük, viskozite, sertlik, çekme, basma ve makaslama kuvvetlerine dayanıklılık, uygun elastikiyet katsayısı, diş ve restorasyon materyallerine bağlanma, uygulama kolaylığı, yeterli çalışma zamanı, ısı ve elektrik iletkenliğinin olmaması ve boyutsal stabilite olarak belirtilmiştir (59,67).

Kompozit rezinler , ‘core’ yapısını oluşturmak ve diş yapılarını desteklemek amacıyla kullanılabilen dirençli materyallerdir. Steven Gu ve ark.’nın (59) çalışmalarında , üç tip kompozit ‘core’ materyali ile iki tip metal destekli cam iyonomer ‘core’ materyali direnç bakımından incelenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda rezin kompozit core materyalinin cam iyonomer ‘core’ malzemesinden istatistiksel olarak daha dirençli olduğu belirlenmiştir. Çalışmada post başının şeklinin de diş, post ve ‘core’ yapılarının direncini arttırdığı bildirilmiştir. Araştırmacıların (59,163) ortak görüşü olan, kompozit rezinlerin ‘core’ materyali olarak kullanımının ‘post-core’ restorasyonlarda yeterli olduğu sonucundan yola çıkarak çalışmamızda deney gruplarında kompozit rezin ‘core’ materyali olarak kullanılmıştır. ‘Core’ yapımında standardizasyonu sağlamak amacıyla kullanılan şeffaf matrixlerin ışığı geçirebilme özellikleri nedeniyle ışınla sertleşen akışkan bir kompozit ‘core’ materyali seçilmiştir. Çalışmamızın ilk bölümünde 4 farklı post sistemiyle iki farklı ‘core’ malzemesinin (Ni-Cr ve kompozit) basma kuvvetlerine karşı oluşan direncin mekanik olarak karşılaştırılması amacıyla üst orta keser ve kanin dişleri seçilmiştir.

Birçok çalışmada (20,98,177) kök kanalı dolgusunu takiben post boşluğu hazırlanmasının sızıntı değerlerini etkilemediği belirtilmiştir. Bourgeois ve Lemon’nun (20) yapmış oldukları bir çalışmada, apikalde 4mm ‘gutta-percha’ bırakarak immedat ve 1 hafta sonra post boşluğu hazırlamış oldukları örnekleri gruplandırarak sızıntı açısından incelemiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Zmener (177) tarafından yapılan bir başka çalışmada, post boşluğunun 5 dakika ve 48 saat sonra hazırlanmasının sızıntı açısından istatistiksel yönden anlamlı bir fark oluşturmadığı bildirilmiştir. Freemann ve ark (49), kök kanalının lateral kondansasyon yöntemiyle doldurulmasının apikal sızıntıyı önlediğini göstermişlerdir. ‘Post-Core’ uygulanacak dişlerde apikalde 3 mm ile 5 mm ‘gutta-percha’ bırakılmasının apikal tıkama için yeterli olduğu belirtilmiştir (20,98,177). Bazı endodonti kitaplarında da (53,76) iyi bir apikal tıkama için en az 5mm

'gutta-percha'nın bırakılması gerektiği yazılmaktadır. Birçok çalışmada (24,104,159) post boşluğunun hazırlanma şeklinin apikal sızıntıyı etkilemediği , 'gutta-percha'nın ısıtılmış el aletleri veya döner aletler ile çıkarılabileceği belirtilmiştir. Suchina ve Ludigton (159) ile Mattison ve ark. (104) ısıtılmış el aletleri ile 'Gates-Glidden' uçlarının kullanımı sonrasında apikal sızıntı bakımından anlamlı fark gözlemediklerini belirtmişlerdir. Mattison (104), post boşluğunu hazırlama işlemine, ısıtılmış el aletleri , 'Gates-Glidden' uçları ve 'Peeso' uçlarını da dahil etmiştir. Araştırmadan elde edilen sızıntı değerleri açısından her üç uygulama yönteminde anlamlı bir fark bulunamamıştır. Araştırmamızda Bourgeois ve Lemon (20) ile Zmener'in (177) çalışmalarına benzer şekilde kök kanalı dolumunu takiben, ortalama kök boyları ve apikal tıkama ile ilgili kriterler göz önünde tutularak, ısıtılmış el aletleri ile kök kanalı dolgusu uzaklaştırılmış ve ardından 'Gates-Glidden' frezleri ile mikromotor yardımıyla su soğutması altında kök kanalı duvarları genişletilmiştir.

'Post-core' yapısının dayanıklılığını, tutuculuğunu ve sertliğini, 'post-core'un yüzey düzensizliği, ferrule etkisi ve kullanılan malzemeler gibi parametreler etkilemektedir (67,117,129,172). Başarılı bir restorasyonda kuronal üst yapı için dişte hazırlanan ferrule tasarımı oldukça önemlidir (74). McLean (105), paralel hazırlanmış ferrule'un tüm arka dişler için gerekli olduğunu, boyunun 2 mm ve kalınlığının en az 1 mm olması gerektiğini göstermiştir. Spear (152) 1,5 mm veya 2 mm yükseklikte hazırlanan ferrule'un dişi kırılmaya karşı koruyacağını bildirmiştir. Sorensen ve Engelman (148) dikey yüksekliği 1 mm olan ferrule ile prepare edilen dişlerin ferrulesiz dişlere kıyasla 2 kat daha fazla kırılmaya direnç gösterdiğini saptamışlardır. Bolhuis ve ark.(17) küçük azılarla yaptıkları bir çalışmada servikal bölgedeki sağlıklı dentinde daire şeklinde 2 mm yüksekliğinde bir çerçeve (ferrule) oluşturulmasının post yapımında belirgin bir avantaj sağlamadığını öne sürmüşlerdir. al-Hazaimh ve Gutteridge 'nin (3) 2001 yılında yaptıkları çalışmada, prefabrik postlar ve rezin siman kullanarak 2 mm ferrule ile hazırladıkları dişlerin, kırılmaya olan dirençlerini, ferrule hazırlamadıkları örneklerle karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre, gruplar arasında fark bulunmadığı ancak ferrule varlığında oluşan kırıkların restore edilebilir durumda olduğu, ferrulesiz dişlerin ise restore edilemez durumda oldukları gösterilmiştir.

Yapılan çalışmaların değişkenlik göstermesine karşın ferrule uygulamasının önemli olduğu düşüncesi ile araştırmamızda tüm örneklere 2 mm genişliğinde ferrule tasarımı uygulanmıştır (3,17,105).

Post uzunluğu basma dayanıklılığı yönünden önemlidir. Klinik uygulamalarda kısa post materyallerinin daha az retansiyon oluşturdukları görölmektedir (58,140,149) Yapılan çalışmalarda (37,54,161) 8 mm, 9 mm ve 10 mm'lik post uzunluklarında maksimum makaslama streslerinin kök ile siman aralığında oluştuğu bildirilirken 6 mm ve 7 mm'lik post uzunluklarında ise streslerin apikal bölgede yoğunlaştığı gösterilmiştir. Makaslama streslerinin 10 mm'den 8 mm'e doğru artmasının nedeninin ise retansiyonun azalmasına bağlı olduğu ifade edilmektedir. Post uzunluğunun artması dentinde oluşan gerilme stresinde minimum etkiye neden olurken makaslama stresinde ise kuvvetli bir azalma göstermektedir (6). Turner'in (164) klinik retrospektif çalışmasında, post ile güçlendirilen 52 dişin radyografik incelemesi sonucunda ideal post uzunluğunun 9 mm ve üzerinde olması gerektiği bildirilmiştir. Benzer bir araştırmada Sorenson ve Martinoff (149), post uzunluğunun kuron boyu ile eşit veya fazla olmasının klinik başarıyı arttırdığını belirtmişlerdir. Shillingburg ve ark. (144) ise post uzunluğunun kuron boyu ile eşit olması halinde kısa köklü dişlerde, apikal tıkananın tehlikeye girebileceğini savunmuşlardır. Post uzunluğunun belirlenmesinde rehberlik eden araştırmaların ışıkında, çalışmamızda apikalde 5 mm 'gutta-percha' bırakılarak kök içine 10 mm uzunluğunda post sistemleri uygulanmıştır.

Goldstein ve ark. (56) post'ların simantasyon yöntemini karşılaştırmış ve simanın lentülo ile kök kanalına uygulandığında, mikro düzeyde bile boşluk tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Buna karşın, post'un üzerine simanın konulduğu, direkt uygulama yönteminde ise, apikal bölgede boşluklar gözlenmiştir.

Çalışmamızda siman içersinde oluşabilecek hava boşluklarını önlemek amacı ile hazırlanan yapıştırıcı simanlar, post boşluklarına mikromotor yardımı ile düşük devirde ve saat yönünde dönen bir lentülo ile doldurulmuştur.

'Post-core'ler çığneme esnasında oluşan horizontal ve vertikal kuvvetlere maruz kalmaktadır. Post destekli bir restorasyona gelen kuvvetlerin şiddeti, yönü ve sıklığı çeşitlidir. Gelen kuvvetler, postun yerinden çıkmasına, kırılmasına veya kök kırıklarına neden olabilmektedir (17,28).

‘Core’ materyallerinin, kaybedilen diş yüzeyinin yerini alması nedeni ile çiğneme, baskı ve çekme kuvvetlerine karşı dirençli olması gerekmektedir (73,146). Kuron protezi ve periodontal ligament gelen kuvvetleri etkileyerek, ‘core’ yapısında oluşabilecek kuvvetleri engellemektedir.

Araştırmaların bir bölümü , klinik ortama benzerlik göstermesi açısından ‘post-core’ çalışmalarına ait deneylerin kuron restorasyonları ile desteklenerek yapılmasını önermektedir (7,93). Bazı çalışmalar (8,90,163) ise ‘post-core’ uygulamalarının kuron uygulaması yapılmadan, yalnızca ‘core’ uygulamasının yeterli olabileceğini savunmaktadır. Bu görüşe paralel olarak bizim çalışmamızdaki örneklerle yalnızca ‘core’ uygulanmıştır.

Postlara ilişkin çalışmalarda hasta takibinde sorunlarla karşılaşılması nedeniyle, aşırı madde kaybına uğramış endodontik tedavili dişlerde *in vitro* çalışmalar tercih edilmektedir (54). Bu nedenle, materyallerin ön değerlendirilmelerinin *in vitro* testlerle yapılması gerekmektedir. ‘Post-core’ yapıda klinik olarak rol oynayan kuvvetler çekme veya makaslama kuvvetleridir. Dinamik yapısı nedeni ile çiğneme kuvvetini oluşturmak güçtür uygun açı verilerek uygulanan basma testi, klinik olarak yeterli olmaktadır (17,28,116).

Çalışmamızda da, farklı ‘post-core’ materyallerinin basma kuvvetlerine karşı direnç etkisinin *in vitro* olarak değerlendirilmesinde, kesme kuvvetlerini taklit edebilen 135°’lik bir açı oluşturarak herhangi bir çatlama veya kırılma oluşana kadar artan statik kuvvet uygulaması yapılmıştır.

Tüm bu bulguların ışığı altında; çalışmamızın sonuçlarına göre, basma direnci açısından en yüksek değeri kuartz fiber post (D.T.- Light post) grubu göstermiştir. Bu sonuç, kuartz fiber post grubu ile deney grubundaki diğer post sistemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmasa da kontrol grubu ile istatistiksel yönden anlamlı bir farklılık bulunduğunu göstermektedir. Akkayan ve Gülmez (2) titanyum, cam fiber, kuartz fiber ve zirkonyum postları karşılaştırmış ve kuartz fiber post grubunun en yüksek kırılma direnci gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bu sonuç bizim araştırma bulgularımız ile benzerlik göstermektedir (2). Bizim çalışmamızda da, kuartz fiber post grubu, kırılmaya direnç açısından tüm gruplardan üstün bulunmuştur. Reid ve ark. (134), titanyum postlar ile 3 tip karbon fiber ve kuartz fiber post sistemini karşılaştırmış ve kırılma dirençleri arasında fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacıların yapmış oldukları çalışmadan elde edilen sonuçlar çalışmamızı desteklemektedir. Bizim araştırma bulgularımızda da, titanyum ile kuartz fiber post grupları arasında , kırılmaya direnç bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Bu sonucun , postların elastik modülüs değerleri ile ilişkili olabileceği görüşündeyiz.

Vivian J.- J.Wang ve ark.'nın (170), karbon fiber ve kuartz fiber post gruplarına iki farklı adeziv (asid etch/self etch) sistemi uygulayarak bağlanma dirençlerini 'push-out' testi ile incelemişlerdir. Her iki adeziv uygulamada kuartz fiber post grubunun karbon fiber grubundan daha dirençli olduğu, 'asid etch' uygulanan örneklerin 'self etch' uygulanan örneklere kıyasla daha tutucu bulunduğu bildirilmiştir. Bu sonuç elde ettiğimiz bulgularla paralellik göstermektedir. Bizim çalışmamızda da direnç açısından kuartz fiber post grubunun tüm gruplardan üstün olduğu görülmüştür. Bu sonucun her iki post sisteminin farklı yapı özelliklerinden kaynaklandığı görüşündeyiz.

Araştırmamızda cam fiber ('fiber composite laminate') post örnekleri, gruplar arasında kırılmaya karşı en dirençli ikinci grubu oluşturmuştur. Elde edilen bu sonuç deney grubunda yer alan diğer post sistemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmamaktadır. Buna karşın kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. Diğer bir deyişle, cam fiber post grubu Ni-Cr döküm 'post-core' (kontrol) grubundan daha dirençli bulunmuştur. X.-H.Gu ve ark. (60) fiber, titanyum post sistemleri ile döküm 'post-core' grubunu farklı iki siman materyali kullanarak baskı kuvvetlerine olan dirençleri açısından incelemiştir. Araştırmadan elde edilen

sonuçlara göre fiber post grubunun kırılmaya karşı en yüksek direnci gösterdiği ve bu grupta oluşan kırık şekillerinin restore edilebilir olduğu belirtilmiştir. Çalışmadan elde edilen bu sonuç ile bizim araştırma bulgularımız örtüşmektedir. Bizim de çalışmamızda fiber post grubunun kırılma değerleri, titanyum post ve döküm ‘post-core’ grubunun kırılma değerlerinden üstün bulunmuştur. Sirimai ve ark. (146), döküm ‘post-core’ grubunun cam fiber post grubundan daha dayanıklı olduğunu bildirmiştir. Ancak araştırmacılar (146) cam fiber post sistemlerinin kökte kırığa neden olmamaları nedeniyle ağızda kullanımının uygun olduğunu belirtmişlerdir. Oluşan kırık şekilleri bakımından çalışmamızda da benzer bulgular tespit edilmiştir. Çalışmamızda döküm ve cam fiber post gruplarının oluşturdukları kırık tipleri arasında farklılık görülmüştür. Döküm örneklerinde kök kırığı, cam fiber post grubunda ise post dislokasyonu görülme oranı yüksek bulunmuş ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

Bu fark, post sistemlerindeki farklı elastik modülüs değerlerinin, gelen kuvvetlerin post-core-kök-çevre dokularındaki dağılımında etkin olduğunu düşündürmektedir.

Araştırmacılar (146) ayrıca cam fiber post grubunun döküm ‘post-core’ grubundan daha az direnç gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bu sonuç bizim çalışma bulgularımız ile örtüşmemektedir. Çalışmamızda fiber post grubu döküm post grubundan direnç bakımından üstün bulunmuştur. Bu sonucun, araştırmacıların seçtikleri cam fiber post sisteminin polietilen örgü fiberli bir yapıya sahip olmasından kaynaklandığı görüşündeyiz. Bizim araştırmamızda kullandığımız cam fiber post sistemi, cam fiber yapıların polimerize olmamış akrilik kompozit matriksi içerisindeki “Interpenetrating Polymer Structure” (IPN-structure) denilen yapı ile bağlanması sonucu elde edilmektedir.

Vichi ve ark. ‘nın (169), iki tip cam fiber ve bir kuartz fiber post sistemiyle yapmış oldukları çalışmalarında, 37⁰ C’ de 4 farklı koşulda (kuru ortam, serum fizyolojik, mineral yağ ve kök kanalına uygulanan serum fizyolojik içinde) olmak üzere 1, 6 ve 12 ay süreyle beklettikleri örneklerin kırılmaya olan dirençlerini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre bekletilen ortamın tüm post tiplerinin direncini etkilediği özellikle suda bekletilmesinin kırılma direncini arttırdığı bildirilmiştir. Yapılan SEM incelemelerinde suda bekletilen örneklerde post yapısındaki fiber ile rezin matriks arasında değişim gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu sonuç fiber destekli prefabrike post sistemlerinin klinik kullanımında ağız sıvılarıyla temasının engellenmesi gerektiğini özellikle post

boşluğunun hazırlanması sırasında kök kanalının iyice kurutulmasının önemli olduğunu göstermektedir. Araştırmacılar (169) ayrıca cam fiber post grubunun kuartz fiber post grubundan daha dirençli olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgular bizim araştırma sonuçlarımız ile uyum göstermemektedir. Bizim çalışmamızda ise kuartz fiber post grubu cam fiber grubundan matematiksel olarak üstün bulunmuştur. Sonuçlardaki farklılığın seçilen fiber post sistemlerinin farklı olmasından kaynaklandığı görüşündeyiz. Cam fiber post sistemindeki bileşenlerin kırılma direncinde etkin rol oynadığını düşünmekteyiz.

Çalışmamızdan elde edilen bulgular açısından titanyum örnekleri (1.Grup) ile diğer deney grupları (2. ve 3. Grup) arasında istatistiksel yönden anlamlı bir fark bulunmamıştır. Titanyum post örnekleri tüm gruplar arasında kırılmaya karşı direnç açısından üçüncü sırada yer almıştır. Buna karşın titanyum grubu basma kuvvetlerine karşı kontrol grubundan istatistiksel olarak daha dirençli bulunmuştur. Rosentritt ve ark. (139), seramik, cam fiber ve titanyum post sistemlerinin kırılmaya olan dirençlerini ve kenar aralıklarının uyumunu incelemişlerdir. Araştırmadan elde edilen bulgulara göre, post uygulanmayan kontrol grubu ile titanyum post grubu arasında kırılmaya direnç bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir. Buna karşın seramik ve cam fiber post uygulanan grupların titanyum post grubu ile kontrol grubundan daha dirençli olduğu bildirilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular bizim araştırma sonuçlarımız ile paralellik göstermektedir. Bizim çalışmamızda da cam fiber post grubu titanyum grubundan üstün bulunmuştur.

Toksavul ve ark. (160) baskı kuvvetlerine olan dirençleri bakımından titanyum post sistemini, seramik ve cam fiber post sistemlerinden daha dirençli bulmuştur. Oluşan kırık şekilleri incelendiğinde ise restorasyonu imkansız kırıkların cam fiber post grubunda görüldüğü bildirilmiştir. Araştırmacıların bildirdikleri bu sonuç ile çalışma bulgularımız benzerlik göstermektedir. Bizim çalışmamızda titanyum gruplarında 'core' kırığı, cam fiber post grubunda ise post dislokasyonu görülme oranları yüksek bulunmuştur. Buna karşın çalışmamızdan elde edilen bulgular cam fiber post grubunun direnç açısından titanyum grubundan üstün olduğunu göstermiştir. Toksavul (160) ile sonuçlarımızın örtüşmemesinin, kullanmış oldukları fiber post çaplarının fazla geniş olması nedeniyle, diş köklerini zayıflattığından kaynaklandığı görüşündeyiz.

Araştırmamızda en düşük stres değeri döküm 'post-core' sisteminde (kontrol grubu) elde edilmiştir. Çalışmamızdan elde edilen bu sonuç, kontrol grubu ile deney grupları arasında istatistiksel yönden anlamlı bir farklılık olduğunu göstermektedir. X.-H.Gu ve ark.'nın (60) yaptıkları bir çalışmada, fiber, titanyum post sistemleri ile döküm 'post-core' grubu baskı kuvvetlerine karşı dirençleri açısından incelenmiştir. Araştırmacılar döküm 'post-core' grubunun tüm gruplar arasında en az direnç gösteren post sistemi olduğunu bildirmiştir. Çalışmadan elde edilen bu sonuç, araştırma bulgularımız ile paralellik göstermektedir. Bizim araştırmamızda da en düşük stres değerleri döküm 'post-core' sisteminde (kontrol grubu) görülmüştür. Bu sonucun, materyallerin elastik modülüsü farkı ile ilişkili olduğu görüşündeyiz. Cormier ve ark. (30) , kuartz fiber, karbon fiber, cam fiber, seramik, titanyum ve döküm post sistemlerinin, 4 farklı aşamada basma kuvvetlerine olan dirençlerini incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen bulgular basma kuvvetlerine gösterdikleri direnç bakımından titanyum grubunun en üstün olduğu, bunu karbon, seramik ve kuartz grubunun izlediği bildirilmiştir. Döküm 'post-core' grubunun, diğer gruplardan daha düşük kırılma değerleri gösterdiği ancak cam fiber post grubunun tüm gruplar arasında en dirençsiz post sistemi olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar ile Cormier ve ark.'nın (30) yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bizim de çalışmamızda titanyum ve kuartz fiber post gruplarının direnç değerleri döküm grubundan daha yüksek bulunmuştur. Buna karşın çalışmamızdan elde edilen bulgular cam fiber post grubunun direnç açısından titanyum ve döküm gruplarından üstün olduğunu göstermiştir. Cormier ve ark.'nın (30) çalışmalarından elde ettikleri bulgular ile sonuçlarımızın örtüşmemesinin, araştırmada seçilen cam fiber post çapının diğer post sistemlerinden küçük olması nedeniyle daha az direnç göstermesinden kaynaklandığı görüşündeyiz.

Rosentritt ve ark. (138), yaptıkları çalışmada döküm, titanyum, zirconia ve fiber ile güçlendirilmiş postlarla restore edilen endodontik tedavili dişlerin kırılmaya olan dirençlerini karşılaştırmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre, zirconia postların titanyum postlardan daha dirençli olduğu ayrıca her ikisinin de kırılma dayanıklılığının döküm ve fiber post gruplarından daha üstün olduğu açıklanmıştır. Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgular ile Rosentritt ve ark.'nın (138) yaptıkları çalışmanın sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Bizim çalışmamızda da titanyum post grubu döküm grubundan dirençli bulunmuştur.

Sung-Ho Jung ve ark. (80), döküm, paslanmaz çelik, fiber ve seramik post sistemlerini dinamik yükleme sonrası mikrosızıntı değerleri ve kırılma şekilleri açısından incelemiştir. Araştırma sonucunda döküm 'post-core' grubunda en yüksek mikrosızıntı değerlerinin gözlemlendiği bildirilmiştir. Örnekler kırık şekilleri bakımından değerlendirildiğinde ise metal olmayan post gruplarında oluşan kırık şeklinin dişin servikal bölümü ile sınırlı kaldığı buna karşın metal post gruplarında kırık hattının diş kökünün orta $\frac{1}{3}$ bölümüne kadar uzandığı belirtilmiştir. Bu sonuç araştırma sonuçlarımızla benzerlikler göstermektedir. Çalışmamızda döküm grubunda kök kırığı, kuantz fiber ile titanyum post grubunda 'core' kırığı, cam fiber post grubunda ise post dislokasyonu görülme oranları yüksek bulunmuştur. Yoldaş ve ark. (173), döküm 'post-core', kompozit ile güçlendirilmiş döküm 'post-core' ve kompozit ile güçlendirilmiş prefabrike metal post sistemlerinin dişin servikal kısmında oluşturduğu gerilmeyi incelemiş ve döküm 'post-core' grubunun servikal bölgede en yüksek gerilim değerlerini gösterdiğini bildirmiştir. Yoldaş ve ark.'nın (173) yapmış oldukları çalışmanın bulguları bizim araştırma sonuçlarımızı desteklemektedir.

Bizim çalışmamızda da kırık tipleri incelendiğinde tüm gruplar arasında oluşan kök kırığı oranının en yüksek (%75) döküm 'post-core' örneklerinde görüldüğü tespit edilmiştir. Bu sonuç gelen kuvvetlerin kompozit tarafından azaltılarak dişin servikal kısmına iletilmediğini göstermektedir. Dişlerde kompozit rezinle yapılan güçlendirmenin dişin servikal bölümünde oluşan stresleri azaltarak kök kırığı riskini azalttığı görüşündeyiz.

Laboratuvar ortamında ağız ortamı koşullarının oluşturulması ile gerçekleştirilen kontrollü deneylerde endodontik tedavinin birçok aşaması taklit edilebilmektedir. In vitro çalışmalarda kullanılan örnekler çoğunlukla çekilmiş dişlerdir. Çekilmiş dişlerin kullanıldığı araştırmalarda örneklerin yapısal ve anatomik özelliklerinin benzer seçilmiş olmasına karşın dişlerin yapısal özelliklerinin değişiklikler göstermesi nedeni ile standardizasyonun tam olarak sağlanabilmesi mümkün olmayabilmektedir. Bu nedenle elde edilen sonuçların geniş standart sapmalar gösterebileceği bazı çalışmalarda bildirilmiştir (93,116). Günümüzde gelişen bilgisayar teknolojisine paralel olarak deneysel çalışmaların birçok aşamasında dijital teknikler kullanılmaktadır.

Çalışmamızın ikinci bölümünde, ağız içinde meydana gelen kuvvetlerin etkisi sonucunda oluşan stresleri tanımlamak amacı ile sonlu elemanlar stres analizi yöntemi kullanılmıştır. Araştırmamızda metal ve metal olmayan post sistemlerinde basma stresleri, gerilim ve deformasyonun, dağılım ve büyüklükleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada araştırmanın birinci bölümünde kullanılan örneklerdeki deney grubuna paralel olarak titanyum, kuartz fiber ve cam fiber ('composite laminate fiber') post sistemleri tercih edilirken kontrol grubu olarak Ni-Cr döküm 'post-core' seçilmiştir. Deney gruplarında 'core' materyali olarak kompozit rezin materyali kullanılmıştır.

Post sistemlerinde uygulanan stres analizi yöntemleri incelendiğinde genellikle fotoelastik stres analizi yöntemi, gerilim ölçer kuvvet analizi yöntemi ve sonlu elemanlar stres analizi yönteminin tercih edildiği görülmektedir (23,69,72,103,137).

Sonlu elemanlar stres analizi yönteminin, karmaşık diş sistemlerinin in vitro ve in vivo koşullarda incelenmesinde standardizasyonun zor olması nedeniyle mekanik ve ısısal analizlerin gerçekleştirilmesinde, kullanışlı bir yöntem olduğu bildirilmiştir (6,52). Sonlu elemanlar stres analizinde, iki boyutlu ve üç boyutlu modeller kullanılabilir. İki boyutlu modellerde, adından da anlaşılacağı gibi modellenen bir cismin sadece 2 boyutu üzerindeki sonuçlar gösterilmektedir (87,122). Ancak ağız içi yapıları herhangi bir eksen etrafında simetrik yapıya sahip olmamaktadır. Ağız yapılarının üç boyutlu olduğu düşünüldüğünde sonlu elemanlar stres analizi uygulanacak modellerin de üç boyutlu modeller olması, analizin gerçeğe daha yakın sonuçlar vermesini sağlamaktadır. Bu nedenle çalışmamızda Wheeler'in Diş Anatomisi

Atlası'nda (100) belirtilen formlara uygun olarak hazırlanan üst keser dişi oluşturulmuş ve mümkün olduğu kadar gerçeğe yakın sonuçlar elde etmek amacıyla bu üç boyutlu model üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir.

Sonlu elemanlar stres analizi kullanılarak yapılan çalışmalarda, çalışma örneğinin ayrıntılı olarak modellenmesinin son derece önemli olduğu ve modeli oluşturan düğüm ile eleman sayısının fazla olmasının, analiz sonuçlarının gerçekte elde edilen sonuçlara yakın olmasını sağladığı belirtilmiştir (166). Bu yüzden çalışma modelimiz 148787 node' den ve 85326 adet tetrahedral elemandan oluşmaktadır. Gerçeğe yakın sonuçlar elde edebilmek amacıyla, çalışma modelinde ayrıntılı olarak tam seramik kuron, 'core', ferrule, kök dentini, sement, post materyali, tam seramik kuron altında ve post materyali çevresindeki yapıştırıcı siman, 'gutta-percha', periodontal ligament, spongios ve kompakt kemik modellenmiştir.

Araştırmamızın ilk bölümünde yaptığımız mekanik test (Schimadzu Universal) test cihazı örneklerinde kullanılan 'post – core – siman' yapılarının çap, uzunluk, yüzey yapıları ve malzeme özellikleri FEM modellerine aynı şekilde aktarılmıştır.

Araştırmanın ikinci bölümünde porselen kuron üzerine lingualden insizal kenara 45⁰ lik açıyla 100 N'luk kuvvet uygulanmıştır. Insizal kenardan uygulanan 45⁰ lik açı birçok araştırmacı tarafından kullanılan Angle sınıf I oklüzyonu için ön bölgede fonksiyon sırasında oluşan ortalama açıyı temsil etmektedir (11,87,141). Ön bölgede oluşan çiğneme kuvvetlerinin statik ölçümlerinin 25 N ile 100 N'a kadar değiştiği bildirilmiştir (99). Helkimo ve ark (64) ise ön bölgede meydana gelen çiğneme kuvvetlerinin 100 N ile 200 N arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle çalışmamızda uygulanan kuvvetin büyüklüğü bildirilen sınırlar içinde 100 N olarak seçilmiştir.

FEM analizi yöntemlerinde oluşan stresleri değerlendirmek amacı ile genellikle Von Mises stresleri, basma ve çekme stresleri ile makaslama stresleri kullanılmaktadır.

Von Mises stres değerleri, metal gibi çekilebilir materyallerin incelenmesinde önemlidir (145). Diş ve kemik dokularının kırılabilir yapılar olmalarına karşın kullandığımız post sistemlerinden ikisinin metal olması nedeniyle çalışmamızda stres değerleri Von Mises stres değerleri ile incelenmiştir.

Çalışmamızın ikinci bölümünde uygulanan yüklemeler karşısında tüm post materyallerinin diş ve çevre dokularda oluşturdukları stres dağılımları değerlendirildiğinde; stres, deformasyon ve gerinim değerleri açısından en yüksek değeri titanyum post grubu gösterirken en düşük değerleri kuartz fiber post modelinde belirlenmiştir. Stres ve gerinim açısından döküm 'post-core' grubu kuartz ve cam fiber post gruplarından yüksek değerler gösterirken deformasyon sonuçlarında kuartz fiber post grubunun değeri döküm 'post-core' grubundan yüksek bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre tüm gruplarda en yüksek basma stresi değerleri dişin vestibül-servikal bölgesindeki siman aralığında gözlenirken, en yüksek gerinim değerleri dişin palato-servikal bölgesinde görülmüştür. Tüm gruplarda en yüksek deformasyon değerlerinin krunun kesici kenarında meydana geldiği tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz bu sonuç diğer araştırmalar ile benzerlik göstermektedir (9,40,150,171). Araştırmamızdaki stres bölgelerinin dağılımı Assif ve Gorfil'in (9) çalışmalarında belirlenen stres dağılım bölgeleri ile benzerlik göstermektedir. Eskitaşçıoğlu ve ark.'nın (40) yapmış oldukları FEM analizi ve mekanik çalışmalarında, döküm 'post-core' 'larda stresin, dişin orta 1/3 bölgesinde biriktiği belirtilmiştir. Araştırmada stresler döküm 'post-core'lerin içinde dağılım gösterirken cam fiber kompozit 'post-core'lerde ise destek kemik yapısına ve dişin servikal 1/3 bölgesine dağıldığı bildirilmiştir. Bu sonuç araştırmamızdaki bulgulara benzerlik göstermektedir. Bizim çalışmamızda da en yüksek stres birikiminin dişin servikal bölgesinde olduğu gözlenmiştir. Eskitaşçıoğlu ve ark.'nın (40) çalışmalarının mekanik bölümünde ise döküm ve cam fiber post grupları arasında anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir. Çalışmadan elde edilen bu sonuç ile bizim araştırma bulgularımız örtüşmemektedir. Bizim araştırmamızda, cam fiber post grubu döküm grubundan istatistiksel olarak daha dayanıklı bulunmuştur. Eskitaşçıoğlu (40) ile sonuçlarımızın örtüşmemesini, kullanmış oldukları fiber post sisteminin polietilen örgü fiberli bir yapıya sahip olmasından kaynaklandığı görüşündeyiz.

Sorrentino ve ark. (150) yaptıkları bir çalışmada, farklı tiplerde post, 'core' ve krun uyguladıkları kök kanalı tedavili üst orta keser diş modellerine, kuvvet uygulamaları sonrası meydana gelen stres ve gerinim dağılımını, üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre tüm modellerde en yüksek stres birikimi ve gerinimi bukkal yüzeyin orta 1/3 bölgesinde, en düşük stres ve gerinimin ise postun apikal bölgesinde ve kök ucunda olduğu bildirilmiştir. En yüksek stres değerlerinin ise

mine-sement sınırında, dıştan içe doğru azalarak sement ve dentin dokularında görüldüğü belirtilmiştir. Çalışma bulguları bizim araştırmamız ile paralellik göstermektedir. Bizim araştırmamızdan elde edilen sonuçlara göre tüm gruplarda en yüksek basma stresi değerleri dişin vestibulo-servikal bölgesinde gözlenirken, en yüksek gerinim değerleri dişin palato-servikal bölgesinde görülmüştür. Yaman ve ark. (32) , çelik ve titanyum post yerleştirdikleri üst orta keser dişlere, farklı büyüklükte kuvvetler uygulayarak meydana gelen stres dağılımını, üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile incelemiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre değişken kuvvetlerin her iki post tipinde anlamlı farklılıklar göstermediği açıklanmıştır. Yaman'nın (32) bu çalışması bizim araştırma bulgularımız ile benzerlik göstermektedir. Bizim çalışmamızda da diş ve çevre dokularda oluşan maksimum basma, deformasyon ve gerinim bulgularına ilişkin değerler tüm gruplar arasında benzer dağılımlar göstermiştir.

Zarone ve ark. (176), benzer bir çalışmada, cam fiber post sistemi ile kompozit CAD-CAM 'post-core' sistemini, 'dual cure' rezin simanı ile cam iyonomer simanı kullanarak, farklı iki tip kuron uygulaması yapmıştır. Çalışmada oluşturulan modeller üzerindeki stres dağılımı sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek stres dağılımının bukkal ve lingual yönde siman aralığında (post-siman-dentin) görüldüğü bildirilmiştir. Bu sonuç çalışmamız ile paralellik göstermektedir. Bizim çalışmamızda da oluşan maksimum stres dağılımına ilişkin bulgular tüm modellerde bukkal ve lingual yönde gözlenmiştir.

Monzavi ve ark. (112) farklı post çaplarının dentinde oluşturduğu stres dağılımını sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile incelemiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre post çapının artması dişin direncini ters orantılı olarak etkilemektedir. Araştırmacılar en yüksek baskı stresi değerlerinin kökün vestibulo-servikal yüzeyinde görüldüğünü buna karşın en yüksek gerinim değerlerinin kökün palato-servikal kısmında dağılım gösterdiğini bildirmiştir. Araştırmadan elde edilen bu sonuçlar çalışmamızdaki bulguları desteklemektedir. Bizim çalışmamızda da en yüksek stres birikiminin dişin vestibulo-servikal bölgesinde dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmamızda en yüksek gerinim değerleri ise kökün palato-servikal kısmında olduğu gözlenmiştir.

Holmes ve ark. (69) farklı post uzunluklarının dentinde oluşturduğu stres dağılımını sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile incelemişlerdir. Araştırmada en yüksek baskı ve germe streslerinin kök yüzeyinin 'kole' bölgesinde görüldüğü belirtilmiştir. Araştırmacılar değişen post uzunluğunun stres dağılımını etkilemediği bildirmişlerdir. Bu sonuç çalışmamızda elde ettiğimiz bulguları desteklemektedir. Bizim çalışmamızda da oluşan maksimum stres dağılımına ilişkin bulgular tüm modellerde 'kole' bölgesinde gözlenmiştir.

Bir diğer çalışmada Boschian ve ark (19) titanyum, paslanmaz çelik ve cam fiber post sistemleri ile altın kuron uyguladıkları kök kanalı tedavili alt birinci küçük azı dişine, kuvvet uygulayarak meydana gelen Von Mises stres dağılımını, üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile incelemişlerdir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre Von Mises stres değerlerinin kök kanalında ve buradaki siman aralığında olduğu açıklanmıştır. Boschian (19) fiber post grubunda post çapının stres dağılımını etkilemediği ancak post uzunluğunun stres dağılımı ile ters orantılı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar cam fiber post sisteminin diğer post gruplarına göre stresleri daha iyi dağıtabilmesi nedeniyle klinik uygulamalarda önermiştir. Araştırma sonuçları çalışmamızda elde ettiğimiz bulguları desteklemektedir. Bizim çalışmamızda da stres ve gerilme değerleri açısından titanyum post ile döküm 'post-core' grubu kuartz ve cam fiber post gruplarından yüksek değerler göstermiştir. Ichim ve ark. (74) dişte oluşturulan ferrule yüksekliğinin mekanik direnç ve stres dağılımı açısından üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile incelemiş oldukları çalışmalarında ferrulenin post-core-kuron yapılarına direnç kazandırdığı ve palatinal bölgede oluşan gerilme streslerini azaltarak kırık oluşumunu önlediği bildirilmiştir.

6.SONUÇ

Kök kanalı tedavili dişlerin restorasyonu, dişin fonksiyonlarını sürdürme ve ağızda kalma süresi açısından önemlidir. ‘Post-core’ restorasyonların amacı, mevcut diş yapısını koruyarak, fonksiyonel ve estetik yaklaşımla dişleri restore etmektir.

Çalışmanın birinci bölümünden (Üniversal Test Cihazı) elde edilen bulgular :

1. Stres ölçüm değerlerinde, deney ve kontrol grupları arasında istatistiksel yönden ileri düzeyde anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). Deney gruplarında yer alan her üç post sisteminin (titanyum , kuartz fiber , cam fiber-FCL) stres değerleri açısından kontrol grubundan (döküm) istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,01$). Diğer bir deyişle kontrol grubu (döküm) baskı kuvvetlerine karşı en az direnç gösteren post sistemi olarak bulunmuştur.
2. Deney gruplarındaki her üç post sisteminin (titanyum , kuartz fiber ,cam fiber-FCL) istatistiksel analizi sonucunda , stres değerleri açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Çalışmamızın sonuçlarına göre, basma direnci açısından en yüksek değeri kuartz fiber post grubu göstermiştir. Bunu sırası ile cam fiber ve titanyum post grubu takip etmiştir. Diğer bir deyişle baskı kuvvetlerine karşı en dirençli post sistemi kuartz fiber post grubu olarak belirlenmiştir. Bunu sırası ile cam fiber ve titanyum grubu izlemiştir.
3. Gruplar kırık şekilleri bakımından değerlendirildiğinde döküm grubunda kök kırığı, kuartz fiber ile titanyum post grubunda ‘core’ kırığı, fiber post grubunda ise post dislokasyonu görülme oranları yüksek bulunmuştur. Titanyum ve kuartz fiber grupları arasındaki kırık tipleri bakımından istatistiksel yönden anlamlı bir farklılık bulunmamasına karşın ($p>0,05$) diğer gruplar arasında istatistiksel yönden anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p<0,01$).

Çalışmamızın ikinci bölümünde, ağız içinde meydana gelen kuvvetlerin etkisi altında oluşan stresleri tanımlamak için sonlu elemanlar stres analizi yöntemi kullanılmıştır. FEM analizinden elde edilen bulgular araştırmanın birinci bölümündeki konvensiyonel yöntem ile elde edilen sonuçları desteklemiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünden (FEM) elde edilen bulgular :

1. Stres değerleri açısından en yüksek değeri titanyum post grubu göstermiştir. Bunu sırası ile döküm, cam fiber ve kuartz fiber post grubu takip etmiştir. Diğer bir deyişle titanyum post grubu basma kuvvetleri karşısında dişte en fazla stres oluşumuna neden olan post sistemi olduğu belirlenmiştir. Bunu sırası ile döküm, cam fiber ve kuartz fiber post grubu izlemiştir. Deformasyon değerleri incelendiğinde yine en yüksek değeri titanyum post grubu göstermiştir. Bunu sırası ile kuartz, döküm ve cam fiber post grubu izlemiştir. Gerinim değerleri açısından en yüksek değeri yine titanyum post grubu göstermiştir. Bunu sırası ile döküm, kuartz fiber ve cam fiber post grubu takip etmiştir. Diğer bir deyişle titanyum post grubunun basma kuvvetleri karşısında dişte en fazla gerinim oluşumuna neden olan post sistemi olduğu belirlenmiştir. Bunu sırası ile döküm, kuartz fiber ve cam fiber post grubu izlemiştir.
2. Tüm gruplarda en yüksek basma stresi değerleri dişin vestibülo-servikal bölgesindeki siman aralığında gözlenmiştir. En yüksek germe stresi değerleri dişin palato-servikal bölgesinde görülmüştür. Tüm gruplarda en yüksek deformasyon değerlerinin kuronun kesici kenarında meydana geldiği tespit edilmiştir.

Araştırmamızın birinci bölümünden elde edilen bulgular ile FEM analizinin yapıldığı ikinci bölümünden elde edilen bulgular birbirine paralellik göstermektedir.

Bu sonuçlar, araştırmamızın güvenilirliğini göstermesi açısından önemlidir.

Günümüzde hızla ilerleyen teknoloji ve bunun getirdiği üstün özellikli materyallerin diş hekimliği alanına girmesi ve özellikle de adeziv sistemlerdeki gelişmeler 'post-core' uygulamalarını daha yaygın hale getirmiştir. Yeni geliştirilen post sistemlerinin klinik uygulamalardaki başarısı tartışılmazdır, ancak uzun süreli klinik performansını değerlendirmek için uzun süreli klinik takibe gereksinim vardır.

KAYNAKLAR

- (1) Akkayan B, Caniklioglu B. Farklı post tiplerinin kök kırılmalarına etkileri ve post seçim kriterleri. *Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 1997; 21:75-84.
- (2) Akkayan B, Gulmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent* 2002; 87:431-437.
- (3) al Hazaimeh N, Gutteridge DL. An in vitro study into the effect of the ferrule preparation on the fracture resistance of crowned teeth incorporating prefabricated post and composite core restorations. *Int Endod J* 2001; 34:40-46.
- (4) Al Omiri MK, Al Wahadni AM. An ex vivo study of the effects of retained coronal dentine on the strength of teeth restored with composite core and different post and core systems. *Int Endod J* 2006; 39:890-899.
- (5) Alacam T, Nalbant. Ileri restorasyon teknikleri. 1 ed. Ankara: Polat Basımevi, 1998.
- (6) Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A. Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth. *J Prosthet Dent* 2005; 94:321-329.
- (7) Assif D, Azoulay S, Gorfıl C. The degree of zinc phosphate cement coverage of complete crown preparations and its effect on crown retention. *J Prosthet Dent* 1992; 68:275-278.
- (8) Assif D, Bitenski A, Pilo R, Oren E. Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns. *J Prosthet Dent* 1993; 69:36-40.
- (9) Assif D, Gorfıl C. Biomechanical considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1994; 71:565-567.

- (10) Bachicha WS, DiFiore PM, Miller DA, Lautenschlager EP, Pashley DH. Microleakage of endodontically treated teeth restored with posts. *J Endod* 1998; 24:703-708.
- (11) Barkhordar RA, Radke R, Abbasi J. Effect of metal collars on resistance of endodontically treated teeth to root fracture. *J Prosthet Dent* 1989; 61:676-678.
- (12) Battistone G, Burnett GW. Studies on composition of teeth III. *J Dent Res* 1956; 35:255-259.
- (13) Bedestenci B. Metal ve Metal Olmayan Prefabrik Post Sistemlerinin Dis ve Alveol Kemiginde Olusturdugu Stresslerin Üç Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Degerlendirilmesi. Doktora. Gazi Universitesi, Ankara., 2003.
- (14) Bidez MW, Chen Y, McLoughlin SW, English CE. Finite element analysis of four-abutment Hader bar designs. *Implant Dent* 1993; 2:171-176.
- (15) Bidez MW, McLoughlin SW, Chen Y, English CE. Finite element analysis of two-abutment Hader bar designs. *Implant Dent* 1993; 2:107-114.
- (16) Bidez MW, Misch CE. Force transfer in implant dentistry: basic concepts and principles. *J Oral Implantol* 1992; 18:264-274.
- (17) Bolhuis HPB, De Gee AJ, Feilzer AJ, Davidson CL. Fracture strength of different core build-up designs. *Am J Dent* 2001; 14:286-290.
- (18) Boschian PL, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater* 2002; 18:596-602.
- (19) Boschian PL, Guidotti S, Pietrabissa R, Gagliani M. Stress distribution in a post-restored tooth using the three-dimensional finite element method. *J Oral Rehabil* 2006; 33:690-697.
- (20) Bourgeois RS, Lemon RR. Dowel space preparation and apical leakage. *J Endod* 1981; 7:66-69.

- (21) Brunski JB. Biomaterials and biomechanics in dental implant design. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988; 3:85-97.
- (22) Burgess JO, Summitt JB, Robbins JW. The resistance to tensile, compression, and torsional forces provided by four post systems. *J Prosthet Dent* 1992; 68:899-903.
- (23) Cailleateau JG, Rieger MR, Akin JE. A comparison of intracanal stresses in a post-restored tooth utilizing the finite element method. *J Endod* 1992; 18:540-544.
- (24) Camp LR, Todd MJ. The effect of dowel preparation on the apical seal of three common obturation techniques. *J Prosthet Dent* 1983; 50:664-666.
- (25) Cankaya MÖ. Alt çene total dissizlik vakalarında implant destekli protez uygulamalarında, implantların farklı lokalizasyonlarda yerleştirilmesinin ve farklı üst yapılarının kullanılmasının kemikteki kuvvet dağılımına etkisinin sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile incelenmesi. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul., 2005.
- (26) Caputo AA, Standlee JP. Biomechanics in clinical dentistry. Chicago, IL, USA: Quintessence, 1987.
- (27) Caughman WF, Rueggeberg FA. Shedding new light on composite polymerization. *Oper Dent* 2002; 27:636-638.
- (28) Cheung W. A review of the management of endodontically treated teeth. Post, core and the final restoration. *J Am Dent Assoc* 2005; 136:611-619.
- (29) Clelland NL, Ismail YH, Zaki HS, Pipko D. Three-dimensional finite element stress analysis in and around the Screw-Vent implant. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991; 6:391-398.
- (30) Cormier CJ, Burns DR, Moon P. In vitro comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic, and conventional post systems at various stages of restoration. *J Prosthodont* 2001; 10:26-36.

- (31) Craig RG. Restorative Dental Materials. 11 ed. Toronto: Mosby Company, 2002.
- (32) Darendeliler Yaman S, Alacam T, Yaman Y. Çelik ve Titanyum Post Uygulanmış Üst Ön Keser Dişte Oluşan Gerilme Dağılımının Üç Boyutlu Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi. *Gazi Üniv Diş Hek Fak Der* 1996; 13:41-45.
- (33) Darendeliler Y. Sonlu elemanlar yöntemi ile dişhekimliğindeki uygulamalar. *Atatürk Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi* 1995; 1:87-89.
- (34) Darr AH, Jacobsen PH. Conversion of dual cure luting cements. *J Oral Rehabil* 1995; 22:43-47.
- (35) de Vree JH, Pires MC, Plasschaert AJ. A comparison of photoelastic and finite stress analysis in restored tooth structure. *J Oral Rehabil* 1983; 10:505-517.
- (36) Dean JP, Jeanson BG, Sarkar N. In vitro evaluation of a carbon fiber post. *J Endod* 1998; 24:807-810.
- (37) DeSort KD. The prosthodontic use of endodontically treated teeth: theory and biomechanics of post preparation. *J Prosthet Dent* 1983; 49:203-206.
- (38) Edelhoff D, Sorensen JA. Retention of selected core materials to zirconia posts. *Oper Dent* 2002; 27:455-461.
- (39) El Mowafy OM, Rubo MH. Influence of composite inlay/onlay thickness on hardening of dual-cured resin cements. *J Can Dent Assoc* 2000; 66:147.
- (40) Eskitascioglu G, Belli S, Kalkan M. Evaluation of two post core systems using two different methods (fracture strength test and a finite elemental stress analysis). *J Endod* 2002; 28:629-633.
- (41) Farah JW, Craigh RG, Sikarski R. Photoelastic and finite element stress analysis of a restored axisymmetric first molar. *J of Biomechanics* 1973; 6:511-520.

- (42) Felton DA, Webb EL, Kanoy BE, Dugoni J. Threaded endodontic dowels: effect of post design on incidence of root fracture. *J Prosthet Dent* 1991; 65:179-187.
- (43) Fernandes AS, Dessai GS. Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. *Int J Prosthodont* 2001; 14:355-363.
- (44) Ferrari M, Scotzi R. Fiber Posts. Characteristics and Clinical Applications. Milano (ITA): Mason S.p.A., 2002.
- (45) Ferrari M, Vichi A, Garcia-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am J Dent* 2000; 13:15B-18B.
- (46) Ferrari M, Vichi A, Mannocci F, Mason PN. Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent* 2000; 13:9B-13B.
- (47) Fredriksson M, Astback J, Pamenius M, Arvidson K. A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts. *J Prosthet Dent* 1998; 80:151-157.
- (48) Freedman GA. Esthetic post-and-core treatment. *Dent Clin North Am* 2001; 45:103-116.
- (49) Freeman MA, Nicholls JI, Kydd WL, Harrington GW. Leakage associated with load fatigue-induced preliminary failure of full crowns placed over three different post and core systems. *J Endod* 1998; 24:26-32.
- (50) Fuss Z, Lustig J, Katz A, Tamse A. An evaluation of endodontically treated vertical root fractured teeth: impact of operative procedures. *J Endod* 2001; 27:46-48.
- (51) Gallo JR, III, Miller T, Xu X, Burgess JO. In vitro evaluation of the retention of composite fiber and stainless steel posts. *J Prosthodont* 2002; 11:25-29.
- (52) Geng JP, Tan KB, Liu GR. Application of finite element analysis in implant dentistry: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2001; 85:585-598.

- (53) Gerstein H. *Techniques in Clinical Endodontics*. Philadelphia: WB Saunders Company, 1983.
- (54) Gluskin AH, Radke RA, Frost SL, Watanabe LG. The mandibular incisor: rethinking guidelines for post and core design. *J Endod* 1995; 21:33-37.
- (55) Goldman M, DeVitre R, Tenca J. Cement distribution and bond strength in cemented posts. *J Dent Res* 1984; 63:1392-1395.
- (56) Goldstein GR, Hudis SI, Weintraub DE. Comparison of four techniques for the cementation of posts. *J Prosthet Dent* 1986; 55:209-211.
- (57) Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, Kan JY. Clinical complications with implants and implant prostheses. *J Prosthet Dent* 2003; 90:121-132.
- (58) Goodacre CJ, Spolnik KJ. The prosthodontic management of endodontically treated teeth: a literature review. Part III. Tooth preparation considerations. *J Prosthodont* 1995; 4:122-128.
- (59) Gu S, Rasimick BJ, Deutsch AS, Musikant BL. In vitro evaluation of five core materials. *J Prosthodont* 2007; 16:25-30.
- (60) Gu XH, Kern M. Fracture resistance of crowned incisors with different post systems and luting agents. *J Oral Rehabil* 2006; 33:918-923.
- (61) Gutmann JL. The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1992; 67:458-467.
- (62) Hansen EK. In vivo cuspal fracture of endodontically treated premolars restored with MOD amalgam or MOD resin fillings. *Dent Mater* 1988; 4:169-173.
- (63) Helfer AR, Melnick S, Schilder H. Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 34:661-670.
- (64) Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. Bite force and state of dentition. *Acta Odontol Scand* 1977; 35:297-303.

- (65) Heydecke G, Butz F, Hussein A, Strub JR. Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. *J Prosthet Dent* 2002; 87:438-445.
- (66) Ho MH, Lee SY, Chen HH, Lee MC. Three-dimensional finite element analysis of the effects of posts on stress distribution in dentin. *J Prosthet Dent* 1994; 72:367-372.
- (67) Hochman N, Feinzaig I, Zalkind M. Effect of design of pre-fabricated posts and post heads on the retention of various cements and core materials. *J Oral Rehabil* 2003; 30:702-707.
- (68) Hochman N, Zalkind M. New all-ceramic indirect post-and-core system. *J Prosthet Dent* 1999; 81:625-629.
- (69) Holmes DC, Diaz-Arnold AM, Leary JM. Influence of post dimension on stress distribution in dentin. *J Prosthet Dent* 1996; 75:140-147.
- (70) Huang TJ, Schilder H, Nathanson D. Effects of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin. *J Endod* 1992; 18:209-215.
- (71) Hudis SI, Goldstein GR. Restoration of endodontically treated teeth: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 1986; 55:33-38.
- (72) Hunter AJ, Feiglin B, Williams JF. Effects of post placement on endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1989; 62:166-172.
- (73) Huysmans MC, van der Varst PG. Mechanical longevity estimation model for post-and-core restorations. *Dent Mater* 1995; 11:252-257.
- (74) Ichim I, Kuzmanovic DV, Love RM. A finite element analysis of ferrule design on restoration resistance and distribution of stress within a root. *Int Endod J* 2006; 39:443-452.
- (75) Inan M. Cisimlerin mukavemeti. 6 ed. Istanbul: ITU Vakfi, Yayın no: 25, 1988.

- (76) Ingle IJ. Endodontics. 3 ed. Philadelphia: Lea& Febiger, 1985.
- (77) Jeong SM, Ludwig K, Kern M. Investigation of the fracture resistance of three types of zirconia posts in all-ceramic post-and-core restorations. *Int J Prosthodont* 2002; 15:154-158.
- (78) Johnson JK, Sakumura JS. Dowel form and tensile force. *J Prosthet Dent* 1978; 40:645-649.
- (79) Johnson JK, Schwartz NL, Blackwell RT. Evaluation and restoration of endodontically treated posterior teeth. *J Am Dent Assoc* 1976; 93:597-605.
- (80) Jung SH, Min KS, Chang HS, Park SD, Kwon SN, Bae JM. Microleakage and fracture patterns of teeth restored with different posts under dynamic loading. *J Prosthet Dent* 2007; 98:270-276.
- (81) Junge T, Nicholls JJ, Phillips KM, Libman WJ. Load fatigue of compromised teeth: a comparison of 3 luting cements. *Int J Prosthodont* 1998; 11:558-564.
- (82) Karapanou V, Vera J, Cabrera P, White RR, Goldman M. Effect of immediate and delayed post preparation on apical dye leakage using two different sealers. *J Endod* 1996; 22:583-585.
- (83) Kayabasi O. Kalça Eklemleri Protezinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Fakültesi, Tasarım ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze, Kocaeli., 2003.
- (84) Keyak JH, Meagher JM, Skinner HB, Mote CD, Jr. Automated three-dimensional finite element modelling of bone: a new method. *J Biomed Eng* 1990; 12:389-397.
- (85) Keyf F, Sahin E. Retentive properties of three post-core systems. *Aust Dent J* 1994; 39:20-24.
- (86) Kleier DJ, Shibilski K, Averbach RE. Radiographic appearance of titanium posts in endodontically treated teeth. *J Endod* 1999; 25:128-131.

- (87) Ko CC, Chu CS, Chung KH, Lee MC. Effects of posts on dentin stress distribution in pulpless teeth. *J Prosthet Dent* 1992; 68:421-427.
- (88) Koutayas SO, Kern M. All-ceramic posts and cores: the state of the art. *Quintessence Int* 1999; 30:383-392.
- (89) Krupp JD, Caputo AA, Trabert KC, Standlee JP. Dowel retention with glass-ionomer cement. *J Prosthet Dent* 1979; 41:163-166.
- (90) Kwan EH, Harrington GW. The effect of immediate post preparation on apical seal. *J Endod* 1981; 7:325-329.
- (91) Lambjerg-Hansen H, Asmussen E. Mechanical properties of endodontic posts. *J Oral Rehabil* 1997; 24:882-887.
- (92) Lang LA, Wang RF, Kang B, White SN. Validation of finite element analysis in dental ceramics research. *J Prosthet Dent* 2001; 86:650-654.
- (93) Lanza A, Aversa R, Rengo S, Apicella D, Apicella A. 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor. *Dent Mater* 2005; 21:709-715.
- (94) Lewinstein I, Grajower R. Root dentin hardness of endodontically treated teeth. *J Endod* 1981; 7:421-422.
- (95) Love RM, Purton DG. The effect of serrations on carbon fibre posts-retention within the root canal, core retention, and post rigidity. *Int J Prosthodont* 1996; 9:484-488.
- (96) Love RM, Purton DG. Retention of posts with resin, glass ionomer and hybrid cements. *J Dent* 1998; 26:599-602.
- (97) Lui JL. Composite resin reinforcement of flared canals using light-transmitting plastic posts. *Quintessence Int* 1994; 25:313-319.
- (98) Madison S, Zakariasen KL. Linear and volumetric analysis of apical leakage in teeth prepared for posts. *J Endod* 1984; 10:422-427.

- (99) Magne P, Douglas WH. Design optimization and evolution of bonded ceramics for the anterior dentition: a finite-element analysis. *Quintessence Int* 1999; 30:661-672.
- (100) Major WA. Wheeler's Atlas of Tooth Form. 5 ed. Philadelphia: Saunders Company, 1984.
- (101) Mannocci F, Sherriff M, Watson TF. Three-point bending test of fiber posts. *J Endod* 2001; 27:758-761.
- (102) Martinez-Insua A, da Silva L, Rilo B, Santana U. Comparison of the fracture resistances of pulpless teeth restored with a cast post and core or carbon-fiber post with a composite core. *J Prosthet Dent* 1998; 80:527-532.
- (103) Mattison GD. Photoelastic stress analysis of cast-gold endodontic posts. *J Prosthet Dent* 1982; 48:407-411.
- (104) Mattison GD, Delivanis PD, Thacker RW, Jr., Hassell KJ. Effect of post preparation on the apical seal. *J Prosthet Dent* 1984; 51:785-789.
- (105) McLean A. Predictably restoring endodontically treated teeth. *J Can Dent Assoc* 1998; 64:782-787.
- (106) Mendoza DB, Eakle WS, Kahl EA, Ho R. Root reinforcement with a resin-bonded preformed post. *J Prosthet Dent* 1997; 78:10-14.
- (107) Mentink AG, Meeuwissen R, Kayser AF, Mulder J. Survival rate and failure characteristics of the all metal post and core restoration. *J Oral Rehabil* 1993; 20:455-461.
- (108) Meyenberg KH, Luthy H, Scharer P. Zirconia posts: a new all-ceramic concept for nonvital abutment teeth. *J Esthet Dent* 1995; 7:73-80.
- (109) Misch CM. Contemporary implant dentistry. St.Louis: Mosby Comp, 1999.
- (110) Monaghan P, Roh L, Kim J. Corrosion behaviour of selected implant alloys (abstract1177). *J Dent Res* 71, 253. 1992.

Ref Type: Abstract

- (111) Monticelli F, Osorio R, Albaladejo A, Aguilera FS, Ferrari M, Tay FR, Toledano M. Effects of adhesive systems and luting agents on bonding of fiber posts to root canal dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2006; 77:195-200.
- (112) Monzavi A. *J of Dentistry* 2004; 1:17-23.
- (113) Morgano SM, Milot P. Clinical success of cast metal posts and cores. *J Prosthet Dent* 1993; 70:11-16.
- (114) Nanayakkara L, McDonald A, Setchell DJ. Retrospective analysis of factors affecting the longevity of post crowns [abstract932]. *J Dent Res* 78, 222. 1999.

Ref Type: Abstract

- (115) Newman MP, Yaman P, Dennison J, Rafter M, Billy E. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with composite posts. *J Prosthet Dent* 2003; 89:360-367.
- (116) Nicholls JI. The dental ferrule and the endodontically compromised tooth. *Quintessence Int* 2001; 32:171-173.
- (117) Ohlmann B, Fickenscher F, Dreyhaupt J, Rammelsberg P, Gabbert O, Schmitter M. The effect of two luting agents, pretreatment of the post, and pretreatment of the canal dentin on the retention of fiber-reinforced composite posts. *J Dent* 2008; 36:87-92.
- (118) Oliveira FC, Denehy GE, Boyer DB. Fracture resistance of endodontically prepared teeth using various restorative materials. *J Am Dent Assoc* 1987; 115:57-60.
- (119) Paschal JEr, Burgess JO. Tensile load to remove posts cemented with different cements [Abstract 1362]. *J Dent Res (Special Issue)* 74, 182. 1995.

Ref Type: Abstract

- (120) Peutzfeldt A. Dual-cure resin cements: in vitro wear and effect of quantity of remaining double bonds, filler volume, and light curing. *Acta Odontol Scand* 1995; 53:29-34.
- (121) 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; 88:442-448.
- (122) Proos KA, Swain MV, Ironside J, Steven GP. Finite element analysis studies of a metal-ceramic crown on a first premolar tooth. *Int J Prosthodont* 2002; 15:521-527.
- (123) Purton DG, Love RM, Chandler NP. Rigidity and retention of ceramic root canal posts. *Oper Dent* 2000; 25:223-227.
- (124) Purton DG, Payne JA. Comparison of carbon fiber and stainless steel root canal posts. *Quintessence Int* 1996; 27:93-97.
- (125) Qualtrough AJ, Chandler NP, Purton DG. A comparison of the retention of tooth-colored posts. *Quintessence Int* 2003; 34:199-201.
- (126) Qualtrough AJ, Mannocci F. Tooth-colored post systems: a review. *Oper Dent* 2003; 28:86-91.
- (127) Quintas AF, Bottino MA, Neisser MP, de Araujo MA. Effect of the surface treatment of plain carbon fiber posts on the retention of the composite core: an in vitro evaluation. *Pesqui Odontol Bras* 2001; 15:64-69.
- (128) Radke RA, Barkhordar RA, Podesta RE. Retention of cast endodontic posts: comparison of cementing agents. *J Prosthet Dent* 1988; 59:318-320.
- (129) Radovic I, Monticelli F, Goracci C, Cury AH, Coniglio I, Vulicevic ZR, Garcia-Godoy F, Ferrari M. The effect of sandblasting on adhesion of a dual-cured resin composite to methacrylic fiber posts: microtensile bond strength and SEM evaluation. *J Dent* 2007; 35:496-502.

- (130) Randow K, Glantz PO. On cantilever loading of vital and non-vital teeth. An experimental clinical study. *Acta Odontol Scand* 1986; 44:271-277.
- (131) 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; 14:141-145.
- (132) Reeh ES, Douglas WH, Messer HH. Stiffness of endodontically-treated teeth related to restoration technique. *J Dent Res* 1989; 68:1540-1544.
- (133) Reeh ES, Messer HH, Douglas WH. Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *J Endod* 1989; 15:512-516.
- (134) Reid LC, Kazemi RB, Meiers JC. Effect of fatigue testing on core integrity and post microleakage of teeth restored with different post systems. *J Endod* 2003; 29:125-131.
- (135) Robbins JW. Restoration of the endodontically treated tooth. *Dent Clin North Am* 2002; 46:367-384.
- (136) Rosen H. Operative procedures mutilated endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1961; 11:973.
- (137) Rosenstiel SF, Land MF, Fujimoto J. Contemporary fixed prosthodontics. 2 ed. St. Louis: The C. V. Mosby Co., 1995.
- (138) 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.
- (139) Rosentritt M, Sikora M, Behr M, Handel G. In vitro fracture resistance and marginal adaptation of metallic and tooth-coloured post systems. *J Oral Rehabil* 2004; 31:675-681.
- (140) Ross IF. Fracture susceptibility of endodontically treated teeth. *J Endod* 1980; 6:560-565.

- (141) Ryther JS, Leary JM, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM. Evaluation of the fracture resistance of a wrought post compared with completely cast post and cores. *J Prosthet Dent* 1992; 68:443-448.
- (142) 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; 36:513-519.
- (143) Sedgley CM, Messer HH. Are endodontically treated teeth more brittle? *J Endod* 1992; 18:332-335.
- (144) Shillingburg HT, Jr., Kessler JC, Wilson EL, Jr. Root dimensions and dowel size. *CDA J* 1982; 10:43-49.
- (145) Shirley AI, Hall CK. Elastic interactions between hydrogen atoms in metals. I. Lattice forces and displacements. *Phys Rev B Condens Matter* 1986; 33:8084-8098.
- (146) 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; 81:262-269.
- (147) Sonugelen M, Artunc C. *Ağız Protezleri ve Biyomekanik*. 1 ed. Izmir: Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları No: 17, 2002.
- (148) Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent* 1990; 63:529-536.
- (149) Sorensen JA, Martinoff JT. Clinically significant factors in dowel design. *J Prosthet Dent* 1984; 52:28-35.
- (150) Sorrentino R, Aversa R, Ferro V, Auriemma T, Zarone F, Ferrari M, Apicella A. Three-dimensional finite element analysis of strain and stress distributions in endodontically treated maxillary central incisors restored with different post, core and crown materials. *Dent Mater* 2007; 23:983-993.

- (151) Sorrentino R, Salameh Z, Apicella D, Auriemma T, Zarone F, Apicella A, Ferrari M. Three-dimensional finite element analysis of stress and strain distributions in post-and-core treated maxillary central incisors. *J Adhes Dent* 2007; 9:527-536.
- (152) Spear F. When to restore, when to remove: the single debilitated tooth. *Compend Contin Educ Dent* 1999; 20:316-3, 327.
- (153) Standlee JP, Caputo AA, Collard EW, Pollack MH. Analysis of stress distribution by endodontic posts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 33:952-960.
- (154) Standlee JP, Caputo AA, Hanson EC. Retention of endodontic dowels: effects of cement, dowel length, diameter, and design. *J Prosthet Dent* 1978; 39:400-405.
- (155) Stankiewicz NR, Wilson PR. The ferrule effect: a literature review. *Int Endod J* 2002; 35:575-581.
- (156) Stern N, Hirshfeld Z. Principles of preparing endodontically treated teeth for dowel and core restorations. *J Prosthet Dent* 1973; 30:162-165.
- (157) Stockton LW. Factors affecting retention of post systems: a literature review. *J Prosthet Dent* 1999; 81:380-385.
- (158) Strub JR, Pontius O, Koutayas S. Survival rate and fracture strength of incisors restored with different post and core systems after exposure in the artificial mouth. *J Oral Rehabil* 2001; 28:120-124.
- (159) Suchina JA, Ludington JR, Jr. Dowel space preparation and the apical seal. *J Endod* 1985; 11:11-17.
- (160) Toksavul S, Toman M, Uyulgan B, Schmage P, Nergiz I. Effect of luting agents and reconstruction techniques on the fracture resistance of pre-fabricated post systems. *J Oral Rehabil* 2005; 32:433-440.

- (161) Toksavul S, Zor M, Toman M, Gungor MA, Nergiz I, Artunc C. Analysis of dentinal stress distribution of maxillary central incisors subjected to various post-and-core applications. *Oper Dent* 2006; 31:89-96.
- (162) Torbjorner A, Karlsson S, Odman PA. Survival rate and failure characteristics for two post designs. *J Prosthet Dent* 1995; 73:439-444.
- (163) Trope M, Maltz DO, Tronstad L. Resistance to fracture of restored endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1:108-111.
- (164) Turner CH. The utilization of roots to carry post-retained crowns. *J Oral Rehabil* 1982; 9:193-202.
- (165) Ulusoy M, Aydin K. Dis Hekimliginde Hareketli Bölümlü Protezler. Ankara: Ankara Üniversitesi Dis Hekimligi Fakültesi Yayınları No: 23, 2003.
- (166) Van Staden RC, Guan H, Loo YC. Application of the finite element method in dental implant research. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2006; 9:257-270.
- (167) Vano M, Goracci C, Monticelli F, Tognini F, Gabriele M, Tay FR, Ferrari M. The adhesion between fibre posts and composite resin cores: the evaluation of microtensile bond strength following various surface chemical treatments to posts. *Int Endod J* 2006; 39:31-39.
- (168) Vichi A, Grandini S, Ferrari M. Clinical procedure for luting glass-fiber posts. *J Adhes Dent* 2001; 3:353-359.
- (169) Vichi A, Vano M, Ferrari M. The effect of different storage conditions and duration on the fracture strength of three types of translucent fiber posts. *Dent Mater* 2008; 24:832-838.
- (170) Wang VJ, Chen YM, Yip KH, Smales RJ, Meng QF, Chen L. Effect of two fiber post types and two luting cement systems on regional post retention using the push-out test. *Dent Mater* 2008; 24:372-377.

- (171) Yaman SD, Alacam T, Yaman Y. Analysis of stress distribution in a maxillary central incisor subjected to various post and core applications. *J Endod* 1998; 24:107-111.
- (172) Yenisey M, Kulunk S. Effects of chemical surface treatments of quartz and glass fiber posts on the retention of a composite resin. *J Prosthet Dent* 2008; 99:38-45.
- (173) Yoldas O, Akova T, Uysal H. An experimental analysis of stresses in simulated flared root canals subjected to various post-core applications. *J Oral Rehabil* 2005; 32:427-432.
- (174) Zaimoglu A, Can C, Ersoy E, Aksu L. Dis hekimliginde Maddeler Bilgisi. Ankara: Ankara Ü Dis Hek Fak Yayin, 1993.
- (175) Zaimoglu A, Can G. Sabit Protezler. 1 ed. Ankara: Ankara Universitesi Basimevi, 2004.
- (176) Zarone F, Sorrentino R, Apicella D, Valentino B, Ferrari M, Aversa R, Apicella A. 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; 22:1035-1044.
- (177) Zmener O. Effect of dowel preparation on the apical seal of endodontically treated teeth. *J Endod* 1980; 6:687-690.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

| | | | |
|-----------------|----------------------|------------------|---------------|
| Adı | PINAR | Soyadı | ŞEN |
| Doğ.Yeri | İSTANBUL | Doğ.Tar. | 12.02.1979 |
| Uyruğu | T.C. | TC Kim No | 35020720256 |
| Email | pinarschen@yahoo.com | Tel | 533-459 94 91 |

Eğitim Düzeyi

| | Mezun Olduğu Kurumun Adı | Mez. Yılı |
|-----------------|------------------------------------|-----------|
| Doktora | İ.Ü. Diş Hek. Fak. Endodonti A.B.D | |
| Yük.Lis. | İ.Ü. Diş Hek. Fak. | 2002 |
| Lisans | - | |
| Lise | Cağaloğlu Anadolu Lisesi | 1996 |

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

| | Görevi | Kurum | Süre (Yıl - Yıl) |
|-----------|------------------|--------------------|------------------|
| 1. | Diş Hekimi | Dentroom | 2006-2009 |
| 2. | Diş Hekimi | Dent Academia | 2006-2008 |
| 3. | Staff Diş Hekimi | Acıbadem Hastanesi | 2002-2003 |

| Yabancı Dilleri | Okuduğunu Anlama* | Konuşma* | Yazma* | ÜDS Puanı | (Diğer) Puanı |
|-----------------|-------------------|----------|---------|-----------|---------------|
| Almanca | Çok iyi | Çok iyi | Çok iyi | 91,25 | - |
| İngilizce | iyi | iyi | iyi | - | - |

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

| | Sayısal | Eşit Ağırlık | Sözel |
|----------------------|---------|--------------|--------|
| LES Puanı | 64,03 | 62,426 | 60,822 |
| (Diğer) Puanı | | | |

Bilgisayar Bilgisi

| Program | Kullanma becerisi |
|----------------|-------------------|
| Office XP 2002 | iyi |
| | |
| | |

Yayımları/Tebliğleri Sertifikaları/Ödülleri

Turkish Endodontic Society 9th International Congress, 2004 ,

‘Evaluation of Dental Anxiety in Endodontic Patients’ isimli poster ile 13th Biennial Congress of the European Society of Endodontolgy (ESE Istanbul 2007),

PEF IADR Conference 2008, (London) ‘de ‘A Radiographic Survey of External Root Resorption in Permanent Teeth’ posterini ile,

12.Uluslararası Estetik Diş Hekimliği kongresine katılım

Lazerle kök kanalı tedavisi konudaki eğitimini İtalyan Prof. Dr.Francesco Martelli’den almıştır.

Özel İlgi Alanları (Hobileri):

Çizim yapmak.

Kitap okumak.

Deneme ve şiir yazmak.

Seyahat etmek.

