

**ÖN DİŞ RESTORASYONLARINDA ÇEŞİTLİ MİNE PREPARASYON
TEKNİKLERİ VE PİN KULLANIMININ TUTUCULUK VE
DAYANIKLILIK ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN 3 - BOYUTLU SONLU
ELEMENLAR YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ***

Sis DARENDELİLER YAMAN**

ÖZET

Bu çalışmada, üst santral keser dişin iki farklı tipdeki kırıkları üzerinde yapılan onyediyedi değişik restorasyonun dayanıklılığı ve tutuculuğu, üç-boyutlu sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Bu restorasyonlarda «scaloped ve butt-joint» teknikleri kullanılmış, buna ilaveten tekniklere pin ve kavite birlikte ve ayrı ayrı uygulanmıştır. Her bir restorasyon tipi için uygulanan belirli yük altında dişdeki gerilme dağılımı saptanmış ve bundan olası kırılmalar belirlenmiştir. Mine preparasyon tekniklerinin ve bunlara ilave olarak kavite ve pin kullanımının restorasyon ile diş arasındaki dayanıklılık üzerindeki etkileri böylece bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : Kron fraktürü, restorasyon teknikleri, sonlu elemanlar yöntemi.

SUMMARY

THREE-DIMENSIONAL FINITE ELEMENT ANALYSIS OF THE EFFECTS OF VARIOUS ENAMEL PREPARATION TECHNIQUES AND PINS ON THE RETENTION AND STRENGTH ASPECTS OF THE RESTORATION OF A MAXILLARY CENTRAL INCISOR

Strength and retention aspects of seventeen different restorations were investigated by using a three-dimensional Finite Element

(*) GATA Diş Hek. Bil. Merkezi I. Bilimsel Kongresinde tebliğ edilmiştir. 12-16 Mayıs 1989, Ankara.

(**) G.Ü. Diş Hek. Fak. Diş Hast. ve Ted. Anabilim Dalı, Dr.

Method. The restorations were done on a maxillary central incisor which had fractures of two different types. Basic restoration techniques utilized were scalloped and butt-joint. They were applied alone and in the existence of pins and cavities. For each restoration, the stress distribution of the loaded tooth was determined through F.E.M. from which the probability of fractures was obtained. Thus, the effects of various enamel preparation techniques and pins, on the retention and strength aspects of the restoration of a maxillary central incisor were found.

Key Words : Crown fractures, restoration techniques, Finite Element Method.

GİRİŞ

Travmatik etkenler sonucu kırılmaların en fazla kesici dişlerde meydana geldiği bilinmektedir (10). Kesici diş kırıklarının restorasyonları konusunda yapılan çeşitli araştırmalarda minede retansiyon sağlamak amacıyla bir çok teknik geliştirilmiştir. Bunlar «feather-edge, scalloped, shoulder, bevel, saw-teeth, chamfer, butt-joint» gibi tekniklerdir (9).

Kullanılan tekniklerin önemli amaçlarından biri de restoratif malzemelerin çeşitli etkenler sonucu oluşan kuvvetlere karşı dayanıklılığını arttırmak ve dolayısıyla bütünlüğünü korumaktır.

Restorasyonların uzun süre dayanıklılığını sağlamak amacıyla geliştirilen tekniklerin klinik uygulamalardaki yeterliliği ağız içi ve ağız dışında yapılan çalışmalarla kanıtlanmalıdır. Ancak dişlerdeki restorasyonlarda invivo deneylerin yapılamaması, invitro çalışmalarda diş şeklinin ve anizotropik yapısının korunamaması veya istenildiği gibi modellenememesi klasik yöntemlerle değerlendirmeyi yetersiz kılmaktadır. Klinik uygulamalarda tutarlı ve yeterli sonuçların elde edilmesi için dişin gerçeğe yakın bir şekilde modellenmesine elverişli daha üstün yöntemlerin kullanımı gerekmektedir. Bu amaçla bugünkü bilimsel olanaklar içinde en uygun olarak görülen ve günümüzde sürekli ortam mekaniğinin kapsadığı alanlardan, tıp ve dişhekimliği ile ilgili konulara kadar çok farklı alanlara uygulanabilen sonlu elemanlar yöntemi bu çalışmada kullanılmıştır (3).

Bu çalışmada üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak üst santral keser dişin pulpayı içermeyen iki değişik yöndeki kırıkları üzerinde onyediyedi değişik tipde restorasyon uygulanmıştır. Bu restorasyonlarda «scalloped ve butt-joint» teknikleri kullanılmış ve bu tekniklerle kavite ve pinin ayrı ayrı ve birlikte kullanıldığı durumlar dayanıklılık ve tutuculuk yönünden birbiriyle kıyaslanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

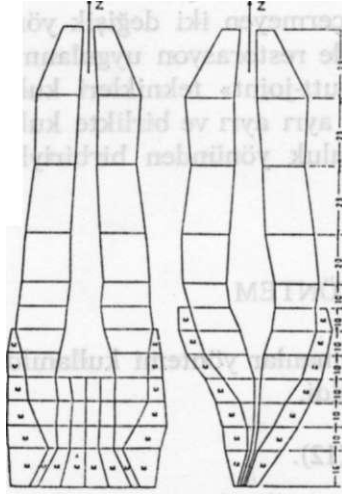
Araştırmada üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi kullanıldı ve bunun için şu varsayımlar kabul edildi.

1. Diş için sabit bir boyut alındı (12).
2. Diş ve dişin restorasyonunda kullanılan tüm malzemeler elastik, homojen ve izotropik kabul edildi.
3. Periodontal ligament ve sement, gerilme dağılımına etkilerinin çok az olması nedeniyle dikkate alınmadı (8).

Sonlu elemanlar yöntemi kullanılabilmesi için gerekli düğüm noktalarının koordinatları ve elemanların hangi düğüm noktalarından oluştuğu gibi verilerin elde edilmesi için dişin üç boyutlu bir modeli hazırlandı (Şekil 1). Bu model üzerinde 340 düğüm noktası tespit edildi. Düğüm noktalarının koordinatlarının tespitinden sonra diş modeli 204 elemana bölündü, diş modeli üzerindeki gerilme dağılımını saptamak amacıyla dişin uzun eksenine 26°'lik açıyla 45 kg'lık yük uygulandığı kabul edildi (Şekil 2) (5, 11). Sonlu elemanlar yönteminin kullanımı için gerekli olan diş ve restoratif malzemelerin mekanik özelliklerine ait değerler değişik çalışmalarda en çok kullanılan malzemelerin istatistiksel sonucu olarak elde edilen ortalama değerleri arasından seçildi ve Tablolar 1 ve 2'de verildi.

Bu araştırmada onyediyedi adet kırık restorasyonu,

1. Scalloped tekniği,
2. Butt-joint tekniği kullanılarak ve bunun yanısıra her iki tekniğin pin ve kavite ile ayrı ayrı ve birlikte kullanıldığı durumlar ele alınarak modellendi.



Şekil 1 : Elemanlara Ayrılmış Dişin İki Dikey Kesiti



Şekil 2 : Dişe Uygulanan Kuvvet (F = 45 kg)

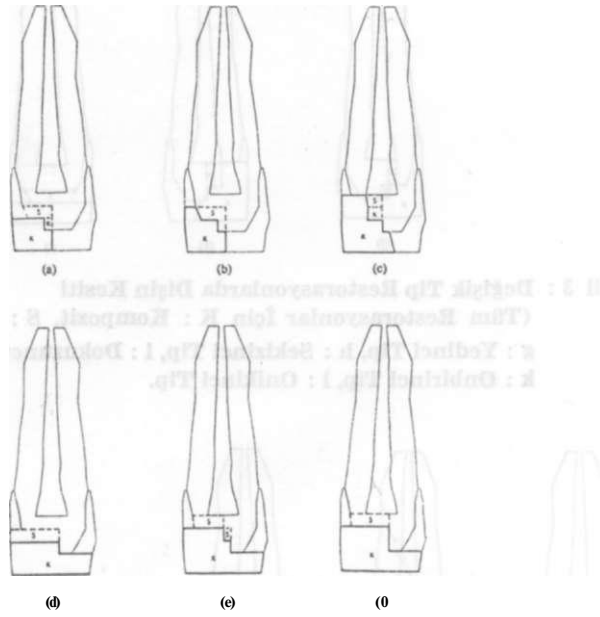
Tablo 1 : Araştırmada Kullanılan Malzemelerin Çekme ve Sıkışma Mukavemet Değerleri, Elastiklik Modülü, Poisson Oranı Değerleri

	Çekme (N/mm ²)	Sıkışma (N/mm ²)	E. Modülü (N/mm ²)	P. Oranı
Mine	10	288	13.000	0,31
Dentin	48	232	48.000	0,33
Siman	6,2	140	9.000	0,35
Kompozit	45	235	19.620	0,33

Tablo 2 : Diş Yapılan ve Dolgu Malzemeleri Arasındaki Bağlanma Mukavemet Değerleri

	Çekme (N/mm ²)	Kayma (N/mm ²)
Mine-Kompozit	11	14,1
Dentin-Kompozit	1,2	1,5
Mine-Siman	1,2	1,4
Dentin-Siman	1,2	1,8
Kompozit-Siman	1,0	1,4

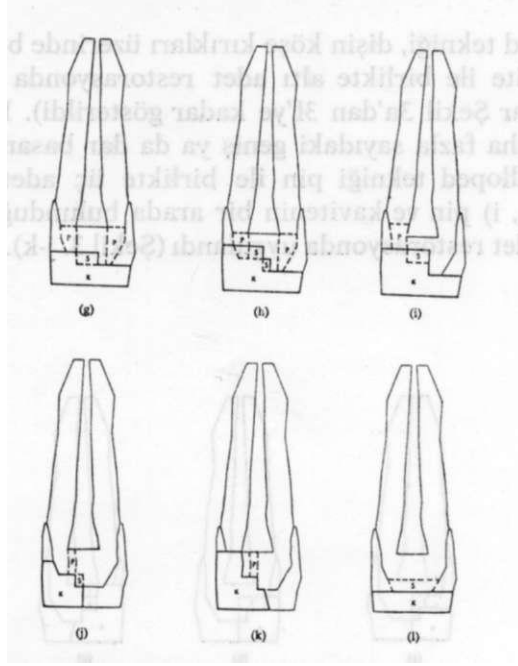
Scalloped tekniği, dişin köşe kırıkları üzerinde basamaklar oluşturarak kavite ile birlikte altı adet restorasyonda uygulandı (Bu restorasyonlar Şekil 3a'dan 3f'ye kadar gösterildi). Bu restorasyonlar tek ve daha fazla sayıdaki geniş ya da dar basamaklardan oluşturuldu. Scalloped tekniği pin ile birlikte üç adet restorasyonda (Şekil 3. g, h, i) pin ve kavitenin bir arada bulunduğu durumda ise toplam iki adet restorasyonda uygulandı (Şekil 3. j-k).



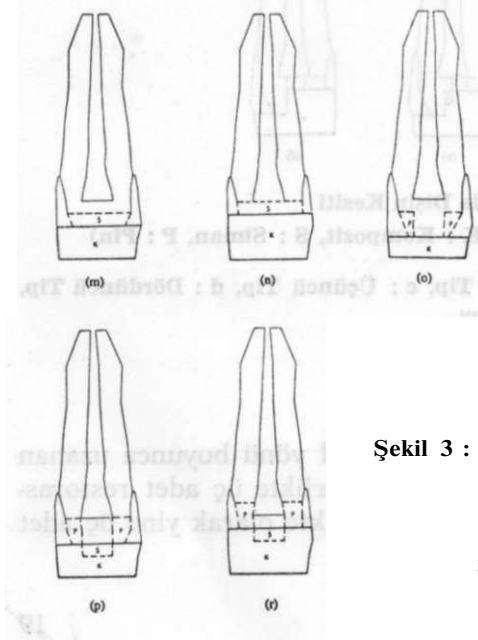
Şekil 3 : Değişik Tip Restorasyonlarda Dişin Kesiti
(Tüm Restorasyonlar İçin K : Kompozit, S : Siman, P : Pin)

a : Birinci Tip, b : İkinci Tip, c : Üçüncü Tip, d : Dördüncü Tip,
e : Beşinci Tip, f : Altıncı Tip.

Butt-joint tekniği ise, dişin mezio-distal yönü boyunca uzanan düz tipdeki kırıkları üzerinde kavite ile birlikte üç adet restorasyonda (Şekil 3. 1-m-n) ve ayrıca pin ile birlikte olarak yine üç adet restorasyonda uygulandı (Şekil 3. o-p-r).



Şekil 3 : Değişik Tip Restorasyonlarda Dişin Kesiti
(Tüm Restorasyonlar İçin K : Kompozit, S : Siman, P : Pin)
g : Yedinci Tip, h : Sekizinci Tip, i : Dokuzuncu Tip, j : Onuncu Tip,
k : Onbirinci Tip, l : Onikinci Tip.



Şekil 3 : Değişik Tip Restorasyonlarda Dişin Kesiti
(Tüm Restorasyonlar İçin K : Kompozit, S : Siman, P : Pin)
m : Onüçüncü Tip, n : Ondördüncü Tip, o : Onbeşinci Tip, p : Onaltıncı Tip,
r : Onyedinci Tip.

BULGULAR

Onyeddi değişik tipte kron kırığı restorasyonunun üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi ile gerilme analizleri tüm diş için yapıldı ve elde edilen çekme, sıkışma ve kayma gerilme değerleri incelendi. Elde edilen sonuçlardan birinci tip restorasyonun ilk iki dilimine ait değerleri gösteren tablo örnek olarak. Tablo 3'de sunuldu. Bu incelemelere göre elde edilen gerilme değerleri, malzemelerin dayanım gerilme değerleri ile kıyaslanarak kırık oluşumu ve gerilme dağılımı saptandı. Buna göre,

1) Scalloped tekniğinin uygulandığı restorasyonlarda :

Minenin bukal ve palatinal yüzeylerindeki elemanlarda kayma ve çekme tipi gerilme değerlerinde kırılmalar görüldü.

Gerilme dağılımı incelendiğinde:

Kronun insizal kenarından koleye doğru çekme tipi gerilmeler minede ve kısmen dentinde yoğunluk kazanmakta idi. Sıkışma tipi gerilmeler kronun bukal kısımlarında daha belirgin olarak bulunmakta, kayma tipi gerilmeler ise kronun insizal kenarında dentinin merkezine doğru artmakta iken, koleye doğru dış kısımlarda yani minede daha yüksek değerlere ulaştı.

2) Scalloped, kavite ve pinin birlikte uygulandığı restorasyonlarda :

Minenin bukal kısmındaki elemanlarda kayma tipi gerilme değerlerinde kırılmalar görüldü. Bunun yanısıra bu teknik kullanımı ile kırılmanın olmadığı restorasyon tipi de bulunmaktadır.

Gerilme dağılımına bakıldığında :

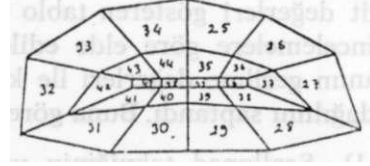
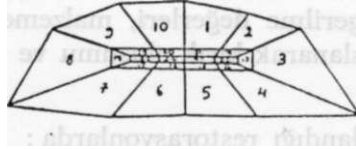
Kronun insizal kenarında, minede ve koleye doğru dentinde ayrıca pinin olduğu bölgelerde çekme tipi gerilme değerleri yoğunluk kazandı. Sıkışma tipi gerilme değerleri insizalde merkeze doğru artmaktayken, koleye doğru mine ve dentin ile pinin olduğu bölgelerde daha yüksek değerlere ulaştı. Kayma tipi gerilmelerse insizalde merkeze doğru yoğun iken köleye doğru minede kısmen yoğunlaştı.

3) Scalloped ve pinin birlikte kullanıldığı restorasyonlarda :

Minenin bukalindeki elemanlarda kayma tipi gerilme değerlerinde kırılmalar görüldü.

Tablo 3 : Birinci Tip Restorasyonda Herbir Dilime Karşılık Gelen Elemanlardaki Gerilme Dağılımı

(E. No : Eleman Numarası, Mat: Malzeme (K : Kompozit, M : Mine, D : Dentin)).

**Birinci Dilim:****İkinci Dilim:**

E. No.	Mat.	Gerilmeler (N/mm ²)			E. No.	Mat.	Gerilmeler (N/mm ²)		
		Çekme	Sıkışma	Kayma			Çekme	Sıkışma	Kayma
1	K	1.5	23.7	12.9	25	M	4.9	39.5	24.0
2	K	0.4	34.1	20.1	26	K	3.4	17.3	9.2
3	K	3.8	11.6	5.7	27	K	—	18.0	7.0
4	K	1.8	10.3	2.8	28	K	—	8.6	4.3
5	K	2.7	5.1	3.8	29	M	1.2	10.4	2.9
6	M	10.1	3.8	3.9	30	M	—	9.9	0.42
7	M	3.5	8.9	2.9	31	M	—	10.6	3.7
8	M	2.1	6.0	2.6	32	M	—	14.0	6.8
9	M	0.54	25.3	9.6	33	M	4.1	25.0	14.1
10	M	0.01	36.1	17.8	34	M	8.9	35.9	22.5
11	K	—	32.1	29.1	35	K	5.3	6.6	1.6
12	K	—	42.3	41.8	36	K	5.2	7.0	2.6
13	K	—	37.3	11.2	37	K	6.0	5.9	3.8
14	K	—	74.9	8.6	38	K	8.4	3.6	5.9
15	K	—	48.3	9.16	39	K	11.3	5.5	8.5
16	M	—	64.5	15.7	40	D	5.2	3.2	4.5
17	M	—	64.5	6.3	41	D	4.9	1.8	3.3
18	M	—	41.0	9.0	42	D	3.6	2.5	1.7
19	M	—	57.3	43.3	43	D	4.5	3.8	0.99
20	M	—	47.2	47.8	44	D	5.7	4.3	0.33
21	K	—	33.9	11.3	45	K	6.8	5.6	10.9
22	K	—	47.3	14.6	46	K	6.8	2.0	9.8
23	M	—	56.8	14.9	47	D	1.3	4.8	5.8
24	M	—	54.1	17.3	48	D	1.99	6.7	7.1

Gerilme dağılımı incelendiğinde :

Kronun insizalinden koleye doğru çekme tipi gerilmeler minede daha yoğunluk kazanmakta, sıkışma tipi gerilme değerleri ise insizalde dentinde, koleye doğru ise minede ve pinin olduğu bölgelerde yükselme gösterdi. Kayma tipi gerilmeler ise insizalde merkeze doğru artmakta iken koleye doğru düşüş gösterdi.

4) Butt-joint tekniğinin uygulandığı restorasyonlarda :

Minede bukal kısımdaki elemanlarda kayma tipi gerilme değerlerinde kırılma görüldü.

Gerilme dağılımında :

Çekme tipi gerilme değerleri kronun insizal ve kolesinde minede daha yoğunlaştı. Sıkışma tipi ve kayma tipi gerilme değerleri ise insizal kenarda merkeze doğru, kolede ise dış kısma doğru arttı.

5) Butt-joint tekniği ve pinin birlikte uygulandığı restorasyonlarda :

Minenin bukal kısmındaki elemanlarda kayma tipi gerilme değerlerinde kırılmalar görüldü.

Gerilme dağılımında ise :

Çekme tipi gerilmeler kronta çoğunlukla minede yoğunluk kazandı. Sıkışma ve kayma tipi gerilmelerde değerler insizalde merkeze doğru arttı, koleye doğru ise minenin bazı elemanlarında ve pinin olduğu bölgelerde yoğunluk kazandı.

Bu restorasyonların tümünde kökteki gerilme dağılımına bakıldığında, kökte palatinal kısımda çekme tipi gerilmeler, bukal kısımda sıkışma tipi gerilmeler yoğunluk kazandı. Kayma tipi gerilmelerde ise apekse doğru yaklaştıkça yoğunlukta azalma görüldü.

TARTIŞMA

Araştırmamızda, kavite ve pin ile değişik şekillerde desteklenerek uygulanmış olan «scaloped ve butt-joint» tekniklerinin restorasyonların dayanıklılığı üzerindeki etkileri gerek bu teknikler

kıyaslanarak gerekse kavite ve pin kullanımının etkileri incelenerek saptanmıştır.

Bu çalışmada üç boyutlu sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Daha önce yapılan benzeri çalışmalarda, gerilme analizlerinin değerlendirilmesinde sonlu elemanlar yönteminden başka birim uzama ölçme aletleri ve fotoelastik metod da kullanılmıştır (4, 6). Birim uzama ölçme aletlerinin, dişhekimliğinde kullanımı modelin hassasiyeti, yerleştirilecek ölçme aletlerinin sayısı, dişteki ölçme yüzeyinin çok küçük olması ve yüzey boyunca gerilmelerin önemli değişiklikler göstermesi, yani yüzeyde oluşan deformasyonların çok yakın noktalarda değişken olmasından ötürü yetersiz olmaktadır. Fotoelastik metodun kullanımı ise diş dokularına benzer malzemelerin bulunmasının (aynı malzeme sabitine, «E», sahip) ve kompleks şekillerin hazırlanmasının zorluğundan ötürü son derece sınırlıdır.

Bu metodlarla kıyaslandığında, son yıllarda önemi ve kullanımını belirgin olarak artan, sonlu elemanlar yöntemi karmaşık yapıların modellenbilmesinde ve bütün yapının oldukça büyük bir hassasiyetle incelenmesinde çok daha olumlu sonuçlar vermektedir.

Bu çalışmada üç boyutlu sonlu elemanlar yönteminin kullanımını dişin gerilme dağılımının en uygun biçimde değerlendirilerek, değişik biçimde kırık restorasyonlarının kıyaslanmasını sağlamaktır. Genelde yapılan çalışmaların büyük bir kısmında iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır (13, 7). İki boyutlu çalışmaların bir çoğunda modeller simetrik alınmıştır, gerçekte ise dişler hiç bir zaman simetrik değildir. Ayrıca üçüncü boyutun göz ardı edilmesi; yükleme sonucu derinlik boyunca oluşan gerilme dağılımının, özellikle de kayma gerilmelerinin yok sayılmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla dişin gerçek yapısı tam olarak değerlendirilememektedir. Yine iki boyutlu çalışmada çoğunlukla diş modelinde kök kısmı hesaba katılmamıştır. Kökün kullanılmaması, kökteki deformasyonların hesaba katılmamasından ötürü krondaki gerilme dağılımını gerçek değerlerden uzaklaştırmaktadır. Diş üç boyutlu bir yapıya sahip olduğundan onu iki boyutlu düşünmek ve değerlendirmek gerçekçilikten çok uzaktır. Dolayısıyla bu çalışmada yapıldığı gibi, en doğru ve geçerli sonuçlar dişin simetrik olmayan yapısının kök ve kronu kapsayacak şekilde ve üç boyutlu olarak

modellendiği sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilebilir ve edilmiştir (1, 2, 3).

Sonuçların irdelenmesi, daha önce bu derinlikte ve hassasiyette yapılan bir çalışma bulunmadığından, karşılaştırmalı olarak yapılamamıştır. Bununla birlikte scalloped ve butt-joint tekniklerinin farklı restorasyonlardaki etkinlikleri detaylı olarak sunulmuştur.

Scalloped tekniği uygulanan restorasyonlar arasında, dişin sadece bir köşesini içeren eğimli kırıklarda basamak sayısının artması ile çekme tipi gerilmelerde meydana gelen kırılmaların azalmakta olduğu görülmüş hatta pin ile desteklendiğinde kırık oluşmadığı saptanmıştır. Bu da basamak sayısının artmasının ve pin kullanımının restorasyonun dayanıklılığını arttırdığını göstermektedir. Kırığın geniş ve derin olduğu restorasyon tiplerinde ise hem çekme hem de kayma tipi gerilmelerde kırılmaların olduğu görülmektedir. Bu restorasyonlara pin ilave edildiğinde çekme tipi gerilmelerdeki kırılmalar ortadan kalkmaktadır. Pin ilavesi kırık sayısını azaltmaktadır. Bu tip restorasyonlar kayma tipi gerilmelerin dolgu ile mine arasında kırıklara neden olduğunu göstermektedir. Dişin mezio-distal kısmı boyunca uzanan eğimli kırıkların restorasyonlarında tek ve geniş basamak uygulandığında bunun aynı şekildeki sık basamaklı restorasyondan daha dayanıksız olduğu görülmüştür. Bu da basamaklı tipde bir restorasyonun tutuculukta rol oynadığını açıklamakta ve pratikte kullanımının gerekliliği ortaya koymaktadır. Yine bu tip restorasyonlara uygulanan pinler, restorasyonun dayanıklılığını arttırmaktadır.

Butt-joint tekniğinin uygulandığı restorasyonlar arasında ise dişin mezio-distal yönü boyunca uzanan kırıkların basamak içermeyen restorasyonlarında kayma ve çekme tipi gerilmelerde kırılmalar oluşmaktadır. Madde kaybı arttıkça, dayanıklılık da azalmaktadır. Bu restorasyonlara yapılan pin ilavesi restorasyonun dayanıklılığını arttırmaktadır.

İncelenen onyediyedi değişik tip restorasyonun gerilme dağılımlarına göre bir genelleme yapıldığında ise dişin insizal kenarında çekme ve sıkışma tipi gerilmelerin bulunduğu görülmüştür. Kronun orta kısımlarında çekme tipi gerilmeler azalmakta, kölede ise gerilmeler mine ve dentinde yoğunluk kazanmaktadır. Kökte ise, bu-

kal kısımda sıkışma tipi gerilmeler, palatinal kısımda ise çekme tipi gerilmeler yoğundur. Kayma tipi gerilmeler dişin tüm yüzeyinde bulunmakta ve koleden apekse doğru düşme göstermektedir. Gerilme dağılımı değerlerinin değişkenliği ve yüksekliği pin kullanımına bağlı olarak değişmekte ve pinin olduğu bölgelerde yükselmektedir. Bu durum pinin belirli yük altında normal değerlere göre daha farklı gerilme dağılımı oluşturduğunu ve pinlerin gelen yükü karşılayarak dişte daha az değerde ve dengeli bir gerilim dağılımı yarattığını göstermektedir.

SONUÇLAR

1. Restorasyon miktarı kırık oluşumunu etkilemektedir. Madde kaybı arttıkça tutuculuk ve dayanıklılığın azaldığı gözlenmiştir. Ancak restorasyon derinliğinin çok az olduğu durumlarda (1.5 mm ve daha az) tutuculuk ve dayanıklılık sağlanamamaktadır.
2. «Scalloped» tekniğinin uygulandığı restorasyon tiplerinde dayanıklılık ve tutuculuğun daha fazla olduğu saptanmıştır.
3. «Scalloped» tekniğinin uygulandığı restorasyonlarda basamak sayısının artması tutuculuk ve dayanıklılığı arttırmaktadır.
4. Pin kullanımının uygulanan bu yük altında, bütün ön diş kırıklarında gerekli olduğu ispatlanmıştır.
5. Pin kullanımı «butt-joint» tekniğinin kullanıldığı restorasyonların dayanımını «scalloped» tekniğinin kullanıldığı restorasyonlara göre daha fazla arttırmaktadır.
6. Kavitenin pinle desteklendiği restorasyon tiplerinde dayanıklılık daha fazla olmaktadır.
7. Yapılan birçok çalışmanın aksine kırılmaların restorasyon malzemesi içinde değil, çoğunlukla mine ile kompozit yüzeyi arasında olduğu saptanmıştır.
8. Dişlerde sıkışma gerilmelerinin daha yüksek değerlerde ve baskın olduğu ancak dişlerin bu tip değerlere dayanımının fazla olması nedeniyle kırıkların çekme ve kayma tipi gerilmelerde oluştuğu belirlenmiştir.

9. Şimdiye kadar yapılan çalışmaların çoğunda, sıkışma ve çekme tipi gerilmelerin kullanıldığı, bu çalışmada ise kırılmaların mine kompozit arasındaki kayma tipi gerilmelerde olduğu göz-önüne alınınca, kayma tipi gerilmelerin gerekliliği ve önemi ortaya çıkarılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Borchers, L., Reichart, P. : Three-Dimensional Stress Distribution Around a Dental Implant at Different Stages of Interface Development. *Journal of Dental Research* 62 (2) : 155-159, 1983.
2. Darendeliler, S. : Sonlu Elemanlar Yöntemi Kullanılarak Yapılan Üç Boyutlu Gerilme Analizi ile Mine Preparasyon Teknikleri ve Pin Kullanımı Kapsayan Çeşitli Ön Diş Restorasyonlarının Kıyaslanarak Kırılma Olasılığı En Az Olan Restorasyon Tipinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi, Ankara, 1988.
3. Darendeliler, S., Darendeliler, H. and Kınoğlu, T. : Analysis of a Central Maxillary Incisor by Using a Three-Dimensional Finite Element Method. *Journal of Oral Rehabilitation*. 19 : 371-383, 1992.
4. Derand, T. : The Principal Stress Distribution in a Root with a Loaded Post in Model Experiments. *Journal of Dental Research*. 56 : 1463-1467, 1977.
5. Helkimo, E., Carlsson, G.E., Helkimo. M. : Bite Force and State of Dentition. *Acta Odontologica Scandinavica*. 35 : 297-303, 1977.
6. Henry, P.J. : Photoelastic Analysis of Post Core Restorations. *Australian Dental Journal*, 22 : 157-159, 1977.
7. Reinhardt, R.A., Krejci, R.F., PaO. Y.C., Stannard, J.G. : Dentin Stresses in Post reconstructed Teeth with Diminishing Bone Support. *Journal of Dental Research*, 62 (9) : 1002-1008, 1983.
8. Rubin, C, Krishnamurty, N., Capilouto, E., Yi, H. : Stress Analysis of the Human Tooth Using a Three-dimensional Finite Element Model. *Journal of Dental Research*, 62 (2) : 82-86, 1983.
9. Simonsen, R.J. : Restoration of a Fractured Central Incisor Using Original Tooth Fragment. *Journal of American Dental Association*, 105 : 646-648, 1982.

10. Stewart, R.E., Barber, T.K., Troutman, K.C., Wei, S.H.Y. : Pediatric Dentistry, Scientific Foundations and Clinical Practice, First Ed., St. Louis, Toronto, London, 1982.
11. Tylman, S.D., Malone, W.P.F. : Tylman's Theory and Practice of Fixed Prosthodontics, Seventh Ed., C.V. Mosby Co., St. Louis, 1978.
12. Wheeler, R.C. : An Atlas of Tooth Form, Fourth Ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia. London, Toronto, 1969.
13. Zhou, Shu-Min, Hu, Hai-Ping, Wang, You-Fu : Analysis of Stresses and Breaking Loads for Class I Cavity Preparations in Mandibular First Molars. Quintessence International, 20 : 205-210, 1989.