

PAPER DETAILS

TITLE: Kompozit Dolgu ile Restorasyon Yapilmiş Dislerin Basma Yüğü Altındaki Mekanik Davranışı

AUTHORS: Kadir DOĞAN, İsmail Yasin SÜLÜ

PAGES: 1468-1479

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2319635>

Kompozit Dolgu ile Restorasyon Yapılmış Dişlerin Basma Yükü Altındaki Mekanik Davranışı

Kadir DOĞAN^{1*}, İsmail Yasin SÜLÜ²

¹Çalık Denim Tekstil San. ve Tic. A.Ş., 44900, Malatya

²İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 44210, Malatya

¹<https://orcid.org/0000-0001-8850-0242>

²<https://orcid.org/0000-0002-2648-6294>

*Sorumlu yazar: kadiragn44@hotmail.com

Araştırma Makalesi

ÖZ

Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 19.03.2022

Kabul tarihi: 01.06.2022

Online Yayınlanma: 12.12.2022

Anahtar Kelimeler:

Kompozit dolgu

Kavite

Gerilme analizi

Deformasyon

Bu çalışmada, basma yüküne maruz bırakılmış üç farklı kavite alanına sahip kompozit restorasyonlu sağ üst premolar dişte meydana gelen eş değer (von Mises) gerilmeleri ve toplam deformasyon değerleri incelenmiştir. Model sonlu elemanlar yöntemine göre temellendirilmiş olup ANSYS Workbench paket programı kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda çiğneme kuvveti uygulanan dişlerde gerilme değerlerinin üç farklı kaviteye sahip dişlerde yakın değerler olduğu ve dişlerde kalıcı hasarın meydana gelmediği saptanmıştır. Dişlerde oluşan gerilmenin kuvvetin uygulandığı tepelerde ve kuron ile kökün birleşim bölgesinde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Kavitenin açıldığı bölgenin dişte oluşacak olan gerilme ve deformasyonu etkilediği tespit edilmiştir.

Mechanical Behavior of Composite Filled Teeth Under Compression Load

Research Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 19.03.2022

Accepted: 01.06.2022

Published online: 12.12.2022

Keywords:

Composite filler

Cavity

Stress analysis

Deformation

In this study, the equivalent (von Mises) stresses and total deformation values occurring in the composite restored upper right premolar tooth with three different cavity areas subjected to compression load were examined. The model was based on the finite element method and analyses were performed using the ANSYS Workbench package program. As a result of the study, it was determined that the stress values of the teeth applied to the chewing force were close values in the teeth with three different cavities and permanent damage to the teeth did not occur. It has been observed that the stress generated on the teeth is concentrated in the hills where the force is applied and in the area of the junction of the crown and the root. It has been determined that the region where the cavity is opened affects the stress and deformation that will occur in the tooth.

To Cite: Doğan K., Sülü İY. Kompozit Dolgu ile Restorasyon Yapılmış Dişlerin Basma Yükü Altındaki Mekanik Davranışı. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2022; 5(3): 1468-1479.

1. Giriş

Dolgu, üzerine uygulanan kuvvet sonucunda deforme olmuş veya çürük nedeniyle işlevini kaybetmiş bir dişteki tüm artık ve çürükler temizlendikten sonra ortaya çıkan boşluğun, dişin anatomik formuna uygun olarak biyo uyumlu materyallerle doldurulması işlemidir. Bu materyaller günümüzde yaygın kullanım alanına sahip olup kullanım amacına göre değişkenlik göstermektedir. Dolgu restorasyonu

dişin kırılması veya bakteriler sonucunda çürümesi gibi durumlarda kullanıldığı gibi dişin estetik görüntüsünü değiştirmek için de kullanılmaktadır.

Malzeme biliminin gelişmesiyle beraber dental uygulamalarda kullanılan dolgu malzemelerinde de farklılıklar ve gelişmeler gözlemlenmiştir. Diş restorasyonu işleminde, yapılan işlemin dişin ana formuna uygun olmasının yanında dişin görüntüsü de önemlidir. Diş hekimliğinde estetik kaygıların artması sebebiyle sahip oldukları gri görünümünden dolayı amalgam dolgular yerine cam iyomerler ve kompozit rezinler restorasyon uygulamalarında öncelikli hale gelmişlerdir (Elmacı ve Tunçdemir, 2020). Günümüzde uygulanabilirliğinin kolay olması, estetik görünümü ve kimyasal yapıları gibi birçok avantajlarından dolayı dental uygulamalarda tercih edilen dolgulardan bir tanesi de kompozit dolgulardır. Fiziksel özelliklerin geliştirilmesi, dişin renk skalasına ve yapışma durumuna uygunluğu ve formülasyon farklılığı ile estetiklik açısından amalgama alternatif olarak kompozit rezinlerde uzun yıllar kullanılmaktadır (Altun, 2005). Kompozit dolgular sahip olduğu bu avantajlarının yanı sıra belirli dezavantajlara da sahiptir. Kısa klinik ömürleri, düşük mekanik özellikleri, polimerizasyon büzülmesi ve zamanla yüzey sertliklerinde değişim meydana gelmesi bu dezavantajlara örnek olarak verilebilir (Khaled ve ark., 2010; Chen ve ark., 2011; Schneide ve ark., 2011). Literatürde bu dezavantajların yok edilmesi için çalışmalar olduğu gibi günümüzde de bu alanda araştırmalar yapılmaktadır.

Çürüten bir dişte preparasyonu etkileyen faktörlerden birisi de çürük ebadıdır. Dişe eski anatomik ve fonksiyonel formunu kazandırmak, madde kaybını karşılamak ve çürüğü temizlemek için diş üzerine belirli kurallara uygun olarak açılan boşluğa dental kavite denir (Gür, 2021). Kavite alanı, preparasyon ve dişin sonraki fonksiyonları için önemli bir noktadır. Kavitenin tipi, boyutu, restoratif materyalin türü, çalışma dizaynı ve kaviteyi hazırlayan birey gibi faktörler dolgu ile diş uyumunu etkileyerek dişin mekanik özelliklerinde farklılıklara sebebiyet verebilir. Guler ve Sen (2018), yapmış oldukları çalışmada iki farklı kavitenin molar dişin gerilme dağılımı üzerinde farklılıklar oluşturduğunu saptamışlardır.

Diş hekimliğinde ve farklı alanlarda kullanılan cihaz ve materyallerin uygulanabilirliğini test etmek için farklı yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden biri de sonlu elemanlar analiz yöntemidir. Bu yöntem ile literatürde sayısız çalışmalar yapılmıştır. Sonlu elemanlar analizinde, ilk olarak analizi yapılacak olan yapının modele dönüştürülmesi sağlanır. Modeli oluşturulan yapı düğüm noktaları içeren elemanlara bölünür. Düğüm noktaları birbirlerine program yardımıyla bağlanır ve matematiksel denkleme dönüştürülür. Bu denklem düğüm noktaları bilinmeyen değerler için çözülür ve bu şekilde elemanların istenilen değerleri elde edilir.

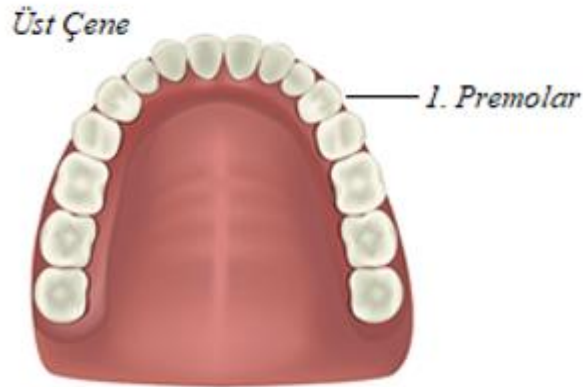
Yılmaz ve Gür (2004), yapmış oldukları çalışmada porselen inleylerde oluşan gerilmeleri sonlu elemanlar analiz ile incelemişlerdir. Silva ve arkadaşları (2009), çalışmalarında fiberglas postlarla ve metal ile yeniden düzeltilmiş üst santral dişteki gerilme dağılımını sonlu elemanlar analiz yöntemi ile incelemişlerdir. Aynı yıl Taşkınsel (2009), yapmış olduğu doktora çalışmasında dentin-rezin ara yüzeyinde oluşan gerilmeleri üç boyutlu sonlu elemanlar analizi yöntemi ile incelemiştir. Zamanlou

(2017), yapmış olduğu doktora çalışmasında restoratif diş malzemelerinde aşınmayı sonlu elemanlar yöntemi ve deneysel çalışmalar ile incelemiştir. Çalışmasında her iki yöntemde elde ettiği verileri inceleyerek benzer sonuçlar elde etmiştir. Elde ettiği veriler sonucunda farklı restoratif malzemelerin aşınmaya karşı gösterdikleri direnci tespit etmiştir (Zamanlou, 2017). Guler ve Sen (2018), yapmış oldukları çalışmada molar dişin gerilme dağılımı üzerindeki farklı faktörlerin etkisini ANSYS 13 Workbench programını kullanarak incelemiştir. Aksan ve arkadaşları (2018), implant-protez bağlantısı hakkında sonlu elemanlar analizi başlıklı çalışmada literatürdeki çalışmaları derleyerek diş hekimliğinde sonlu elemanlar analiz yönteminin önemini göstermişlerdir. Aynı dergide yayınlanan farklı bir çalışmada Gümrükçü ve Kurt (2019), implant cerrahisinde sonlu elemanlar analiz yönteminin kullanımının yaygın olduğunu ortaya koymuşlardır. Alemdar ve İnkaya (2019), CFRP ile güçlendirilmiş betonarme kirişlerin sonlu elemanlar yöntemi ile analizini yaparak kirişlerin yük altındaki kapasitelerini incelemiştir. Yılmaz ve Uysal (2021), yapmış oldukları çalışmada prefabrik yapılarda, çatılarda, konteynerlerde, baraka ve depo gibi yapıların imalatında kullanılan trapez saçların nümerik ve deneysel modelini karşılaştırarak trapez sacın dinamik davranışlarının elde edilmesi için sonlu elemanlar analizini kullanmışlardır.

Bu çalışmanın amacı çiğneme kuvveti uygulanmış farklı kavite preparasyonlu sağ üst premolar dişte meydana gelen eş değer (von Mises) gerilmeleri ve deformasyon değerlerinin incelenmesidir. Elde edilen veriler sonucunda kavite türlerinin dişin mekanik davranışına etkisi yorumlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada, 1.sağ üst premolar diş kullanılmıştır (Şekil 1). Model tersine mühendislik hizmeti sağlayan firmadan SLDPRT dosya uzantılı biçiminde temin edilmiştir.



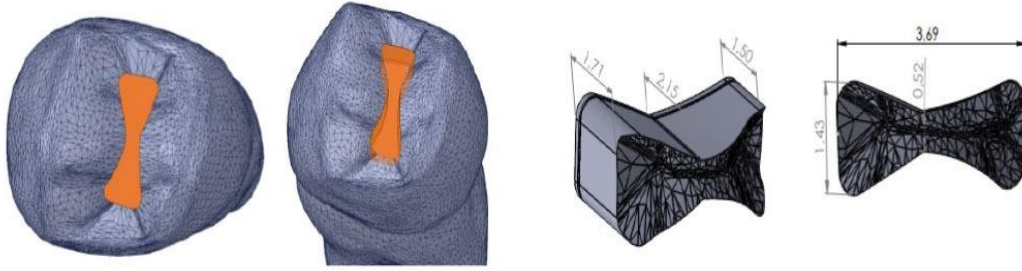
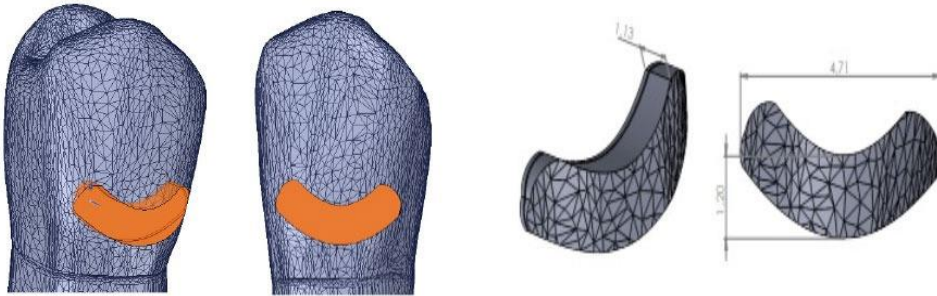
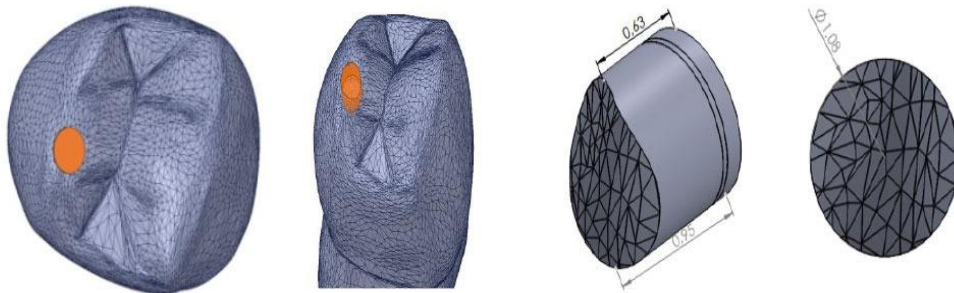
Şekil 1. Üst 1.premolar diş (Anonim, 2021)

Tüm materyallerin izotropik ve lineer elastik özelliklere sahip olduğu kabul edilmiştir. Materyal ve diş yapılarının mekanik özellikleri literatür baz alınarak Tablo 1’de sunulmuştur.

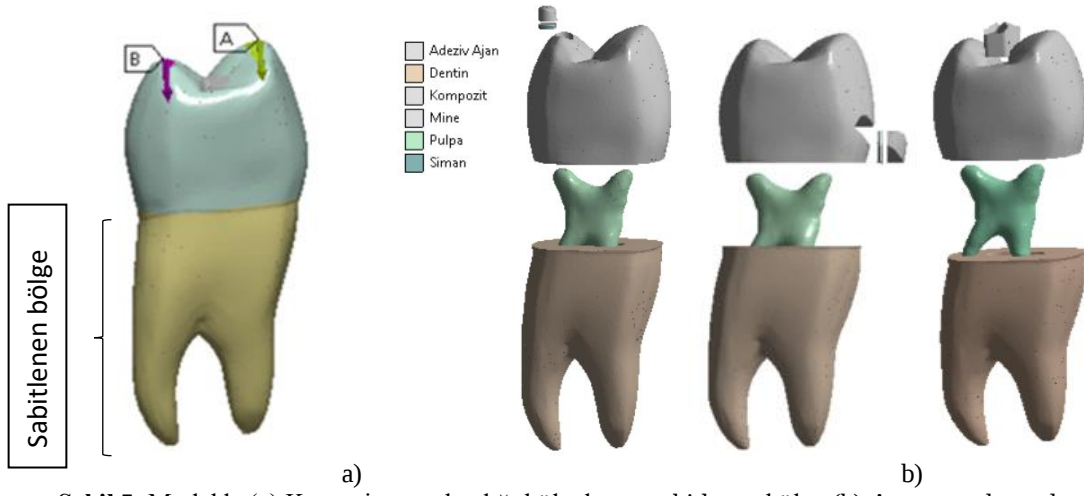
Tablo 1. Malzemelerin mekanik özellikleri

Malzeme	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı	Referans
Kompozit	10	0,24	(Magne, 2010)
Yapıştırıcı Siman	8	0,33	(Rekow ve ark.,2006)
Mine	84,1	0,30	(Magne, 2010)
Dentin	18,6	0,31	(Magne, 2010)
Pulpa	0,00689	0,45	(Huang ve ark., 2005)
Adeziv ajan	1,0	0,30	(Eyüboğlu ve ark., 2008)

Çalışmamızda kavite preparasyonları için Şekil 2-3-4’de gösterilen Sınıf I, Sınıf V ve Sınıf VI kaviteleri Solidworks 2018 programı kullanılarak açılmıştır. Solidworks 2018 programında kavite açılan yüzeye iki boyutlu kavite geometrisi çizilerek daha sonradan ekstrüzyon komutu ile çizimin içi boşaltılmıştır. İçi boşaltılan alana ise yeni katı oluşturularak dolgu maddesi olarak tanımlanmıştır. Bu dolgu maddesini ise iki katıya ayırarak kompozit ve yapıştırıcı siman malzemesi tanımlanmıştır. Kavite açılan dişler ‘x_t’ uzantısında kaydedilerek ANSYS Workbench programına aktarılmıştır.

**Şekil 2.** Sınıf I kavite**Şekil 3.** Sınıf V kavite**Şekil 4.** Sınıf VI kavite

Çalışmada nümerik analizler, sonlu elemanlar analiz yönteminde yaygın olarak kullanılan ANSYS Workbench paket programı ile yürütülmüştür. Analizin gerçekleşmesi için geometrik modeli oluşturulan diş modeline Tablo 1’de belirtilen materyal ve diş yapılarının mekanik özellikleri ANSYS paket programında her bir katı için ayrı malzeme olarak atanmıştır (Şekil 5b). Malzeme özellikleri olarak Young modülü ve Poisson oranı değerleri malzeme yapı özelliği olarak modele tanımlanmıştır. Oluşturulan modelin ASNSY programında kök ve kök uçlarından sabitlenmesi sağlanarak modelin yükleme durumunda yer değiştirmesinin önüne geçilmiştir (Şekil 5a). Gerekli parametreler girildikten sonra kavite açılmış dişlere basma yükü uygulanmıştır. Uygulanan kuvvetin büyüklüğü literatürdeki çiğneme kuvveti referans alınarak belirlenmiştir.



Şekil 5. Modelde (a) Kuvvetin uygulandığı bölgeler ve sabitlenen bölge (b) Atanan malzemeler

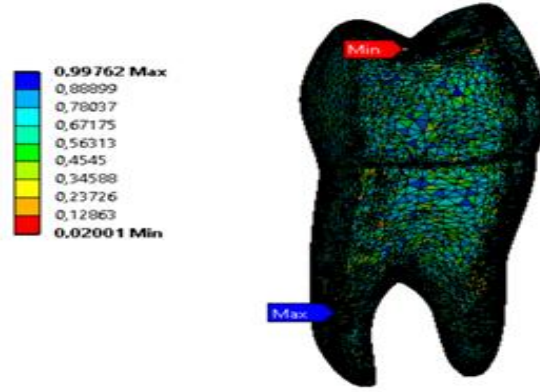
Sonlu elemanlar analizinde modellenen yapılar üzerine uygulanan kuvvetler değişkenlik göstermekle beraber 100 N ile 2000 N arasında değişebilmektedir (Özdemir ve Kahvecioğlu, 2020). Dental alanda yapılan bir çalışmada 100 N’luk kuvvet çiğneme, 500 N’luk kuvvet parafonksiyonel ve 800 N’luk kuvvet ise travmatik kuvvet olarak nitelendirilmiştir (Poiate ve ark., 2009).

Çalışmamızda dişin buccal ve palatinal tepelerine 90° açı ile toplamda 100 N’luk kuvvet uygulanmıştır. Bu kuvvetin dağılımı dişin üst çenedeki konumu dikkate alınarak Şekil 5(a)’da görüldüğü gibi 40 N’luk kısmının A ile gösterilen buccal tepesine, 60 N’luk kısmının ise B ile gösterilen palatinal tepeye geldiği varsayılmıştır. Buccal ve palatinal tepelerde 1,8432 mm²’lik alana basma kuvveti uygulanmıştır. Bu kuvvet analizimizde çiğneme kuvveti olarak tanımlanmıştır. Belirlenen çiğneme kuvveti üç farklı kavite açılmış diş için de aynı bölgeye basma yükü olarak uygulanmıştır.

Tablo 2. Eleman ve düğüm sayısı

Mesh	Sınıf I	Sınıf V	Sınıf VI
Eleman	249082	249578	250446
Düğüm	424956	425218	225522

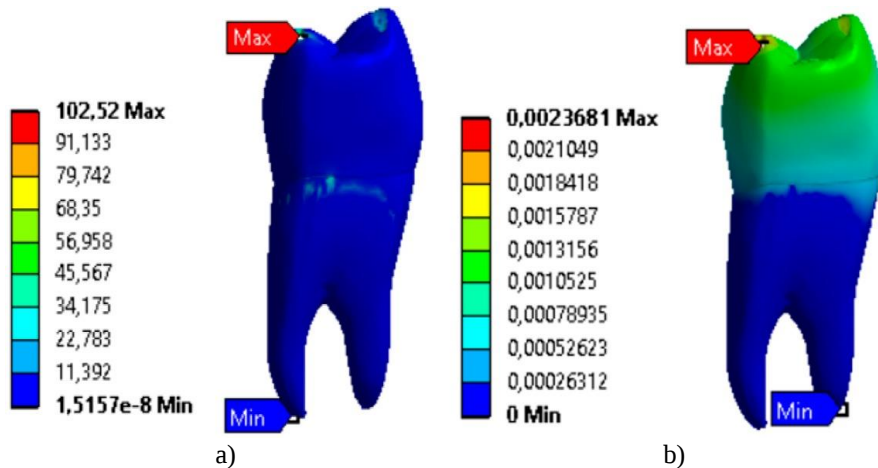
Eyüboğlu ve arkadaşları (2008), yapmış oldukları çalışmada molar diş uyguladıkları diş toplam 450 N'luk kuvveti değişik oranda ikiye ayırarak (F1 ve F2) bukkal ve lingual tüberküllere uygulamışlardır. Sonlu elemanlar analizinde, yapılan mesh'in doğru dağılımı, tercih edilen eleman türü ve analizdeki eleman sayısı problemin çözümünde sonuçları etkileyen en önemli parametrelerdir. Bir problemin çözümünde, tercih edilecek mesh türü ve mesh yoğunluğu uygun olarak seçilmezse doğru çözüme ulaşılmayacak sonuçlar elde edilebilir (İpek, 2011). Çalışmamızda üç diş modelimiz için ortalama olarak mesh oluşumu 249702 elemandan ve 425232 düğümden oluşmuştur (Tablo 2). Sonlu elemanlar analiz yönteminde, yapılan mesh'in kalitesi çözülmeye çalışılan problemin doğruluğunu etkileyen parametrelerden birisidir (İpek, 2011). Elde edilen mesh kalitesi, geometri üzerindeki renklendirme veya 0-1 arasındaki sayısal değerler ile görülebilmektedir. Şekil 6'da diş modelinin mesh kalitesi sayısal ve renk skalası ile birlikte gösterilmiştir.



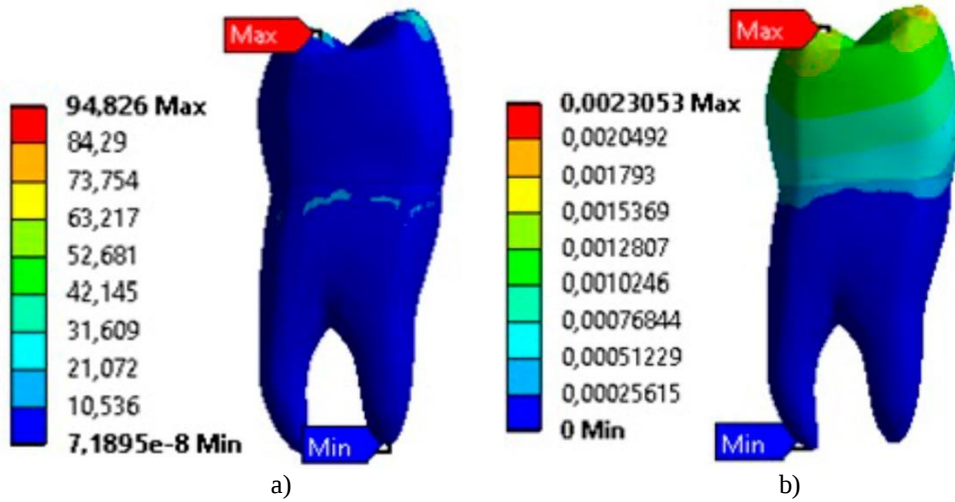
Şekil 6. Mesh (Ağ yapısı) kalitesi

3. Bulgular ve Tartışma

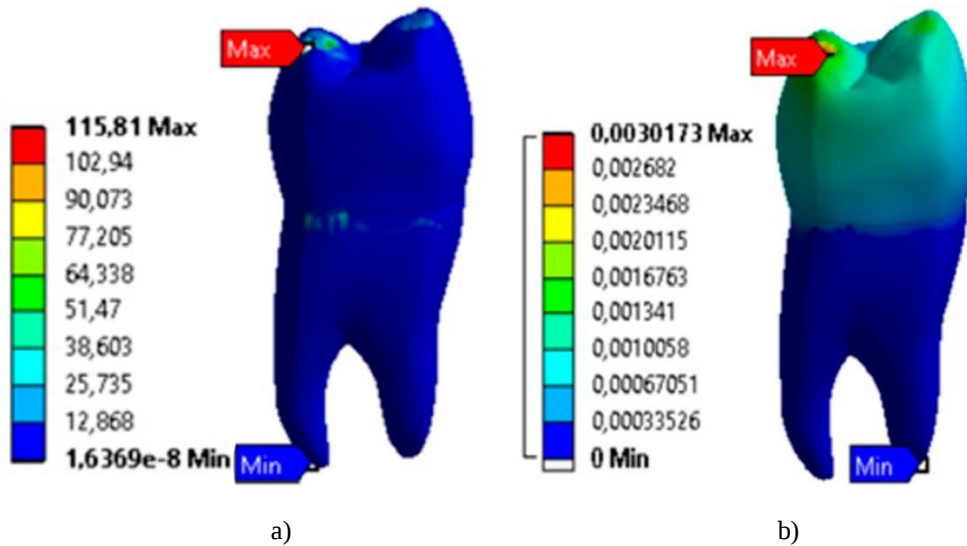
Basma yüküne maruz bırakılan üç farklı kavite preparasyonu yapılmış dişlerde toplam deformasyon ve eş değer gerilme (von Mises) değerleri elde edilmiştir. Analizde 100 N yükleme kuvveti ve kompozit dolgu materyali sabit tutularak farklı kavite tiplerindeki meydana gelen değişimler incelenmiştir. Sonlu elemanlar analizi yöntemini kullandığımız çalışmamızda gerilme dağılımı ve toplam deformasyon değerleri matematiksel olarak ve renk skalası ile birlikte gösterilmiştir.



Şekil 7.100 N uygulanmış Sınıf I restorasyonlu diş (a) Eş değer gerilme (b) Toplam deformasyon



Şekil 8. 100 N uygulanmış Sınıf V restorasyonlu diş (a) Eş değer gerilme (b) Toplam deformasyon



Şekil 9. 100 N uygulanmış Sınıf VI restorasyonlu diş (a) Eş değer gerilme (b) Toplam deformasyon

Yükleme durumunda dişlerde deformasyon ve gerilmelerin olduğu gözlemlenmiştir. Sınıf I, Sınıf V ve Sınıf VI kavite açılmış üç farklı dişte minimum deformasyon ve gerilmenin dişin kök uçlarında meydana geldiği saptanmıştır. Yükün uygulandığı alan olan minede deformasyonun diğer bölgelere göre yüksek olduğu ve dişin köklerine doğru ilerledikçe deformasyonun azaldığı görülmüştür. Dişte meydana gelen gerilmenin dişin tüm bölgelerinde meydana geldiği ve en yüksek gerilme yoğunluğunun ise kuvvetin uygulandığı bölge olan buccal ve palatinal tepelerde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Gerilme yoğunluğunun olduğu diğer bir nokta ise dişin kök ile krun arasında bulunan bölgede meydana geldiği tespit edilmiştir. Literatürdeki kemik ve dokularının çekme dayanımı olan 123 MPa referans alınarak yorum yapılmıştır. Bunun yanı sıra kritik deformasyon miktarı ise literatürdeki çalışmalar referans alınarak $3.7 \pm 1.2 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir (Tanaka ve ark.,2003; Magne ve Oganessian, 2009).

Şekil 8’de gösterilen Sınıf V kavite restorasyonlu dişte maksimum toplam deformasyonun 2,305 μm ve maksimum eş değer gerilmenin ise 94,826 MPa olduğu tespit edilmiştir. Sınıf V restorasyonlu olan

bu dişin diğer iki farklı kaviteye sahip dişe göre gerilme ve deformasyonun düşük olduğu gözlemlenmiştir. Kavite boyutu olarak Sınıf I kavite ile yaklaşık olarak aynı boyuta sahip olmasına rağmen gerilmenin ve deformasyonun düşük olmasının sebebinin kuvvetin uygulandığı alana olan mesafesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Dişin kökleri damak tarafından sabitlendiği için dişin görünen üst yüzeyi ve damak içerisinde kalan bölge arasında orta seviyede gerilme yoğunluğu gözlemlenmiştir. Dişte meydana gelen deformasyon incelendiğinde çiğneme kuvvetinin sağ premolar diş için önemli derece de hasara sebebiyet vermediği saptanmıştır.

şekil 7’de gösterilen Sınıf I kavite restorasyonlu dişte maksimum toplam deformasyonun 2,368 μm ve maksimum eş değer gerilmenin ise 102,52 MPa olduğu tespit edilmiştir. Kavite boyutu olarak Sınıf VI kaviteden daha büyük alana sahip olmasına rağmen gerilmenin ve deformasyonun düşük olmasının sebebinin kuvvetin uygulandığı alanın Sınıf VI kaviteye göre uzak olmasıdır. Sınıf I kaviteye sahip bu dişte de hasara sebebiyet verebilecek seviyede deformasyonun meydana gelmediği gözlemlenmiştir. Kuvvetin uygulandığı alandan sonra en yüksek gerilmenin yine kuron ile kök arasında meydana geldiği gözlemlenmiştir.

şekil 9’da gösterilen Sınıf VI kavite restorasyonlu dişte maksimum toplam deformasyonun 3,017 μm ve maksimum eş değer gerilmenin ise 115,81 MPa olduğu tespit edilmiştir. Sınıf VI restorasyonlu olan bu dişin gerilme ve deformasyon değerlerinin diğer iki dişe göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Kavite boyutu olarak Sınıf I ve Sınıf V kaviteden daha küçük alanı sahip olmasına rağmen belirtilen değerin yüksek çıkması kuvvetin uygulandığı bölgede bulunması ve kuvvetin büyük bir kısmının kaviteye etki etmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Sınıf VI kaviteye sahip bu diş diğer iki dişte olduğu gibi hasara sebebiyet verebilecek seviyede deformasyonun meydana gelmediği gözlemlenmiştir. Sınıf I ve Sınıf V kavite restorasyonlu dişte olduğu gibi dişin sabit olduğu kök ile kuron bölgesinin birleşiminde orta seviye gerilmenin meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Dişlerde oluşan maksimum toplam deformasyon ve eş değer gerilme

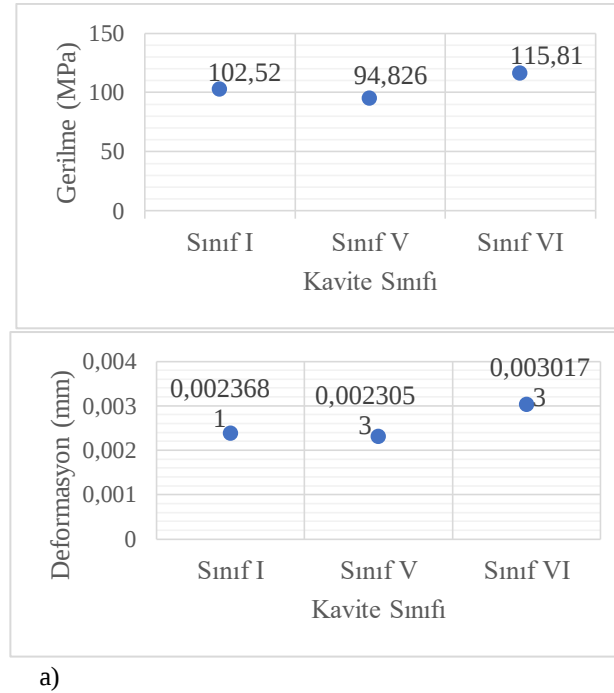
Kavite Tipi	Toplam Deformasyon(mm)	Z Yönündeki Deformasyon(mm)	Eşdeğer Gerilme(MPa)
Sınıf I	0,0023681	-0,00024322	102,52
Sınıf V	0,0023053	-0,00022540	94,826
Sınıf VI	0,0030173	-0,00031934	115,81

Tablo 3’de görüldüğü üzere yükleme sonucunda meydana gelen deformasyonlar incelendiğinde önemli bir deformasyonun meydana gelmediği gözlemlenmiştir. Sınıf VI restorasyonlu dişte maksimum, Sınıf V restorasyonlu dişte ise minimum deformasyonun meydana geldiği gözlemlenmiştir. Yükleme sonucunda meydana gelen eş değer (von Mises) gerilmelerinde farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Sınıf VI restorasyonlu dişte maksimum, Sınıf V restorasyonlu dişte ise minimum gerilmenin meydana geldiği tespit edilmiştir. X, Y ve Z yönündeki deformasyon incelendiğinde, dişlere basma yükü uygulandığından dolayı maksimum deformasyonun -z yönünde meydana geldiği gözlemlendi.

Yılmaz ve Gür (2004), yapmış oldukları çalışmada ise kontrol grubunun vertikal yüklemesinde en yüksek eş değer gerilme değerlerinin kuvvetin uygulandığı buccal tüberkül tepelerinde ve dişlerin sabitlendiği kök uçlarında 500 MPa'dan daha yüksek değerlerde oluştuğunu, bunun dışında dişin mine-sement sınır bölgelerinde 100-150 MPa arasında gerilme yoğunluklarının oluştuğunu testip etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada dişe yatay ve dikey yönde 200 N'luk kuvvet uyguladıklarında kromda en yüksek gerilme değerinin minede meydana geldiğini saptamışlardır (Silva ve ark., 2013). Dişlerin kırılma dayanımı üzerine yaptıkları çalışmada Arıkan ve arkadaşları (2021), kompozit restorasyonlu dişe uyguladıkları basma kuvveti sonucundan en fazla gerilmenin palatino-servikal bölgede gözlemlenmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada basma yüküne maruz bırakılmış Sınıf I, Sınıf V ve Sınıf VI olmak üzere üç farklı kavite açılmış sağ premolar diş modelinde meydana gelen eş değer gerilmeler ve toplam deformasyonlar incelenmiştir. Sonuçlar aşağıdaki gibidir:



Şekil 10. Dişlerde oluşan (a) Maksimum eş değer gerilme (b) Maksimum toplam deformasyon

- Sınıf I, Sınıf V ve Sınıf VI kaviteye sahip dişler arasında deformasyon ve gerilme değerlerinde farklılıklar gözlemlenmiştir.
- Kuvvetin temas yüzeyine yakın bölgede açılan kavitenin dişte daha büyük deformasyon ve gerilme oluşturduğu tespit edilmiştir.
- Çiğneme kuvvetinin farklı kavite preparasyonlu dişler arasında önemli bir deformasyon değişikliğine sebebiyet vermediği saptanmıştır.
- Çiğneme kuvveti sonucunda meydana gelen deformasyon dişte hasara sebep olacak büyüklükte olmadığı sonucuna varılmıştır.

- Minede ve kök ile kuron birleşim bölgesinde gerilme yoğunluğunun yüksek olduğu saptanmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmaya İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon birimine (İNÖNÜ-BAP, Proje Kodu: FYL-2021-2655) ve Malatya Çalık Denim Tekstil'e vermiş oldukları destekten dolayı teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Makalenin yazarları olarak bu çalışmaya eşit oranda katkı sağladığımızı beyan ederiz.

Kaynakça

- Aksan ME., Atsü S., Bulut AC. İmplant-protez bağlantısında sonlu elemanlar analiz yöntemi. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi 2018; 28(1): 91-97.
- Altun C. Kompozit dolgu materyallerinde son gelişmeler. Gülhane Tıp Dergisi 2005; 47(1): 77-82.
- Chen L., Yu Q., Wang Y., Li H. BisGMA/TEGDMA dental composite containing high aspect-ratio hydroxyapatite nanofibers. Academy of Dental Materials 2011; 27(11): 1187-1195.
- Elmacı İ., Tunçdemir MT. Restoratif diş hekimliğinde cam iyomer simanlar ve yeni gelişmeler. Nemetin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi 2020; 2(2): 69-75.
- Erol Arıkan EŞ., Tınaz AC., Bek Kürklü G. Endodontik giriş kavitesi şeklinin ve akışkan kompozit uygulamasının dişlerin kırılma dayanımı üzerine etkisi. Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi 2021; 27(2): 286-293.
- Eyüboğlu TF., Önal B., Erdilek N., Gören B., Ergücü Z. Molar dişlerde inley restorasyonların mekanik performansının incelenmesi: 3-boyutlu sonlu elemanlar analizi. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi 2008; 25(1): 27-33.
- Fırat Alemdar, Z., & İnkaya, N. CFRP ile güçlendirilmiş betonarme kirişlerin sonlu elemanlar parametrik analizleri. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi 2019; 10(3): 1073-1085.
- Guler MS., Sen S. The effect of different factors on S distribution in a molar tooth. Cumhuriyet Dental Journal 2018; 21(3): 195-201.
- Gümrükçü Z., Kurt S. Sonlu elemanlar stres analizi yönteminin implant cerrahisinde kullanımı. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi 2019; 29(3): 534-541.
- Gür G. Genel kavite preparasyonları. <https://acikders.ankara.edu.tr>. Erişim Tarihi: 09.12.2021.

<https://www.vcdental.com.au/tooth-anatomy-education/> (Erişim Tarihi: 22.12.2021).

Huang HM., Ou KL., Wang WN., Chiu W., Lin C., Lee SY. Dynamic finite element analysis of the human maxillary incisor under impact loading in various directions. *Journal of Endodontics* 2005; 31(30): 723-727.

İpek S. Doğru mesh üretiminin çözüm üzerinde etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, sayfa no:94, Isparta, Türkiye, 2011.

Khaled SM., Miron RJ., Hamilton DW., Charpentier PA., Rizkalla AS. Reinforcement of resin based cement with titania nanotubes. *Academy of Dental Materials* 2010; 26(2): 169-178.

Magne P. Virtual prototyping of adhesively restored, endodontically treated molars. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2010; 103(6): 343-351.

Magne P., Oganessian T. CT-Scan-based finite element analysis of premolar cuspal deflection following operative procedures. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 2009; 361-369.

Özdemir S., Kahvecioğlu F. Kök ucu açık dişlerde sonlu elemanlar analizi kullanılarak farklı yönlerden gelen travmaların oluşturduğu streslerin değerlendirilmesi. *Selcuk Dental Journal* 2020; 7(2): 318-325.

Poiate I., de Vasconcellos A., de Santana R., Poiate E. Three-Dimensional stress distribution in the human periodontal ligament in masticatory, parafunctional, and trauma loads: finite element analysis. *Journal of Periodontology* 2009; 80(11): 1859-1867.

Rekow D., Harsono M., Janal M., Thompson M., Zhang G. Factorial analysis of variables influencing stress in all-ceramic crowns. *Academy of Dental Materials* 2006; 22(2): 125-132.

Schneider LF., Cavalcante LM., Silikas N., Watts DC. Degradation resistance of silorane, experimental ormocer and dimethacrylate resin-based dental composites. *Journal of Oral Science* 2011; 53(4): 413-419.

Silva BR., Moreira Neto JJ., da Silva FIJ., de Aguiar AS. Three-dimensional finite element analysis of the maxillary central incisor in two different situations of traumatic impact. *Comput Methods in Biomedical Engineering* 2013; 16(2): 158-164.

Silva NR., Castro CG., Santos-Filho PC., Silva GR., Campos RE., Soares PV., Soares CJ. Influence of different post design and composition on stress distribution in maxillary central incisor: finite element analysis. *Indian Journal of Dental Research* 2009; 20(2): 153-158.

Tanaka, M., Naito, T., Yokota, M., Kohno M. Finite element analysis of the possible mechanism of cervical lesion formation by occlusal force. *Journal of Oral Rehabilitation* 2003; 60-67.

Taşkınsel E. Rezin-dentin arayüzündeki streslerin üç boyutlu sonlu elemanlar stres analizi yöntemiyle incelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, sayfa no:87, Ankara, Türkiye, 2009.

Yılmaz F., Gür G. Porselen inleylerde oluşan stresin sonlu elemanlar stres analiz yöntemi ile incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2004; 31(2): 85-96.

- Yılmaz M., Uysal M. Trapez Sacların titreşim davranışlarının sonlu elemanlar ve deneysel modal analizleriyle incelenmesi. Technological Applied Sciences 2021; 16(2): 7-19.
- Zamanlou H. Restoratif diş malzemelerinde aşınmanın deneysel ve sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, sayfa no: 103, Erzurum, Türkiye, 2017.