

Mod Defekte Sahip Mandibuler Molarlarda Farklı Minimal İnvaziv Restorasyonların Stres Dağılımına Etkisi: Sonlu Elemanlar Analizi Çalışması

The Effect of Different Minimally Invasive Restorations on Stress Distribution in Mandibular Molar with Mod Defect: A Finite Element Analysis Study

Mesut ALKAN¹ (ORCID-0000-0002-1742-063X), Mehmet Gökberkkaan DEMİREL¹ (ORCID-0000-0002-6599-1074), Reza MOHAMMADI¹ (ORCID-0000-0002-4506-8506)

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi ABD, Konya, Türkiye

¹Necmettin Erbakan University Faculty of Dentistry Department of Prosthetic Dentistry, Konya, Turkey

ÖZ

Amaç: Diş dokusundan daha az madde kaldırmak ve daha iyi estetik sonuçlar elde etmek için inlay, onlay ve overlay restorasyonlar, posterior dişlerdeki geniş kavite için iyi bir tedavi seçeneğidir. Bu çalışmanın amacı farklı minimal invaziv restorasyonlarla rehabilite edilen, Mezio-okluza-distal (MOD) kusurlu mandibular büyük azı dişlerine gelen stres dağılımını incelemektir.

Gereç ve Yöntem: Daha önce çekilmiş sağlam bir mandibular molar diş uygulama için seçildi ve inlay, onlay ve overlay restorasyonların hazırlanmasına uygun preparasyonlar yapıldı. Her aşama sonrasında model tarayıcı ile taranarak EXOCAD programına aktarıldı ve aynı formatla ilgili restorasyonlar düzenlendi. Tüm veriler Solidworks programına aktarılarak çakıştırma işlemi yapıldı ve ABAQUS programında restorasyona üç farklı materyalin özellikleri verilerek her birine aksiyal yönde 600 N kuvvet, modellerin okluzal tablalarına uygulandı.

Bulgular: Elde edilen sonuçlardan bağımsız olarak, herhangi bir doku ya da restorasyona gelen kuvvetler, dayanım sınırlarının üzerinde değildi. Mineye iletilen maksimum ana stresler karşılaştırıldığında en yüksek değer inlay için en düşük değer ise overlay için bulundu. Direkt restorasyonda ortaya çıkan stresler için en yüksek maksimum ana stres değerleri overlay için görülürken, onlay ve inlay arasındaki fark çok da büyük değildi. Zirkonyum içerikli cam seramiklerde (Vita Suprinity) ortaya çıkan stres, rezin matrikse sahip seramik materyallere (Cerasmart, Shofu Block HC Hard) kıyasla daha fazla olsa da; destek dokulara iletilen stresin daha az olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç: Minimal invaziv restorasyon seçenekleri düşünüldüğünde restorasyonun kapladığı alan ve tüberkül sayısı arttıkça mineye iletilen kuvvet de belirgin şekilde azalır. Bunun yanında daha yüksek elastik modülüne sahip restorasyonların kullanılması destek dişte oluşabilecek mine kırıklarını önlemek açısından daha iyi bir seçenektir.

Anahtar Kelimeler: CAD/CAM Seramikler, Minimal İnvaziv Restorasyonlar, Sonlu Elemanlar Analizi

ABSTRACT

Background: Inlay, onlay and overlay restorations are good treatment options for large cavities in posterior teeth to remove less material from dental tissue and achieve better esthetic results. To examine the distribution of stress on defective mandibular molars.

Methods: A previously extracted, intact mandibular molar was found for tooth application and preparations suitable for the preparation of inlay, onlay and overlay restorations were made. After each step, scanning was done with cbct and dicom extension files were extracted. At the same time, the model was scanned with the scanner and transferred to the EXOCAD program, and restorations related to the same format were designed. All data were transferred to the Solidworks program and the registration process was performed, and the properties of three different materials were given to the restoration in the ABAQUS program, and 600 N force in the axial direction was applied to each of the occlusal tables of the models.

Results: Regardless of the results obtained, the forces on any tissue or restoration were not above the strength limits. When the maximum principal stresses transmitted to the enamel were compared, the highest value was found for inlay and the lowest value for overlay. While the highest maximum principal stress values for the stresses occurring in direct restoration were seen for overlay, the difference between onlay and inlay was not very large. Although the stress occurring in zirconium-containing glass ceramics (Vita Suprinity) is higher than in ceramic materials with a resin matrix (Cerasmart Shofu Block HC Hard); It has been determined that the stress transmitted to the supporting tissues is less.

Conclusion: Considering the minimally invasive restoration options, as the area covered by the restoration and the number of tubercles increase, the force transmitted to the enamel decreases significantly. In addition, the use of restorations with a higher elastic modulus should be considered as a better option in order to prevent enamel fractures that may occur in the abutment tooth.

Keywords: CAD/CAM Ceramics, Finite Element Analysis, Minimally Invasive Restorations

GİRİŞ

Posterior bölgede geniş kaviteye sahip molar dişlerin fonksiyonel bütünlüğünün restore edilebilmesi için indirekt parsiyel kuronlar iyi bir tedavi seçeneğidir.¹ İndirekt restorasyonlar polimerizasyon büzülmesini ve diş dokusundaki stresi azaltır, kırılmayı ve mikrosızıntıyı engeller, marjinal adaptasyonu geliştirir.² Bunların yanında proksimal konturları ve okluzal morfolojiyi ideal şekilde iade edebilmeleri de önemli avantajlarındandır.³

Çevresel bir tam kuron preparasyonu sonucunda kayda değer (%50-68) derecede mine ve dentin dokusu kaybedilirken, bu kayıp overlay preparasyonunda %35-38 civarındadır.⁴ Daha minimal preparasyon tiplerinin (inlay, onlay, overlay) uygulanması ile pulpa korunur ve minimal invaziv diş hekimliğine gösterilen özen sonucunda kalan diş dokusunun artması ile dişin yaşam ömrünün artması beklenir.⁵

Morimoto ve ark. parsiyel seramik restorasyonlarda kırılma dayanımının restore edilmemiş diş dokusu bulunan durumlara kıyasla daha iyi olduğunu göstermişlerdir.⁶ Bu durum tüberküllerin kaplanması klinik olarak iyi bir karar olacağını gösterebilir.⁷ Yeterli kanıt bulunmamakla birlikte 2 mm'den daha dar duvarlara sahip dişlerin tüberküllerinin kaplanması genel olarak önerilmektedir. Ayrıca restorasyonun yeterli kırılma dayanımı gösterebilmesi için minimum 1.5-2 mm okluzal redüksiyon yapılması yerinde olacaktır.⁸

Daha önceki çalışmalar restorasyonun şekliyle dişin kırılma dayanımı arasındaki ilişkiyi net şekilde ortaya koyamamıştır. Bazı yazarlar MOD defekte sahip molarların restore edilmesinde tüberküllerin kaplanması daha iyi kırılma dayanımı sağladığını ortaya koymuştur.⁹ Diğer çalışmalar inlay ve onlay restorasyonlar arasında anlamlı bir farklılık bulmamıştır.¹⁰ Ancak yapılan bir meta-analiz çalışmasında restorasyonun ebatı küçüldükçe

Gönderilme Tarihi/Received: 10 Ocak, 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 8 Nisan, 2023

Yayınlanma Tarihi/Published: 15 Haziran, 2023

Atf Bilgisi/Cite this article as: Alkan M, Demirel MG, Mohammadi R, Mod Defekte Sahip Mandibuler Molarlarda Farklı Minimal İnvaziv Restorasyonların Stres Dağılımına Etkisi: Sonlu Elemanlar Analizi Çalışması. Selcuk Dent J 2023; Selçuk Üniversitesi 3. Uluslararası Yenilikçi Diş Hekimliği Kongresi Özel Sayı: 149-155 Doi: 10.15311/selcukdentj.1232175

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Mesut ALKAN
E-mail: mstalkan13@gmail.com
Doi: 10.15311/selcukdentj.1232175

destek dışteki kırılma dayanımının arttığı ortaya konmuştur. Bu çalışmada inlay restorasyonların kırılma dayanımı 1923 N, onlay restorasyonların kırılma dayanımı 1644 N, overlay restorasyonların kırılma dayanımı ise 1383.6 N olarak saptanmıştır.¹¹ Parsiyel restorasyonların preperasyon tipi için klinik bir konsensus sağlanamamıştır.

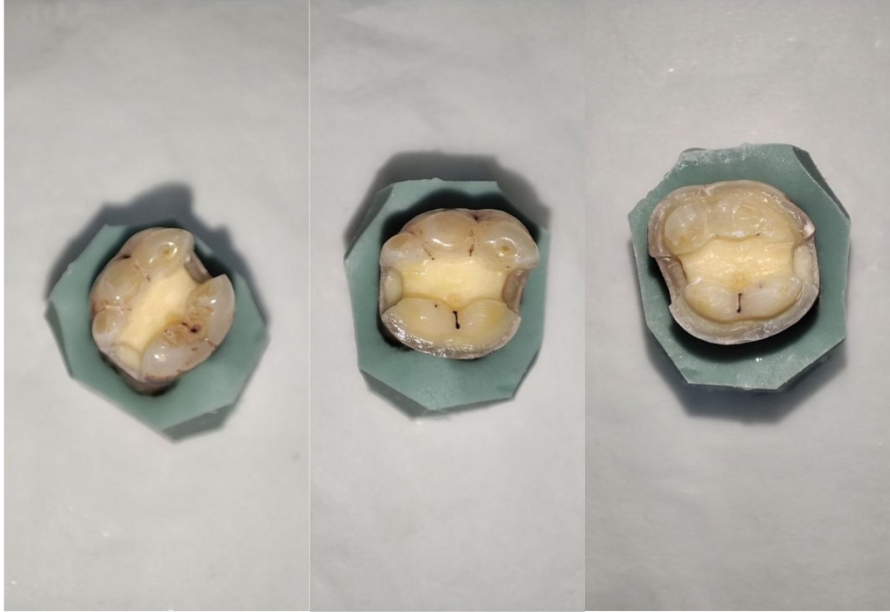
Bilgisayar destekli tasarım / Bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) materyalleri, geliştirilmiş mekanik ve harika optik özellikleri ile tanıtılmıştır.¹² Seramik restorasyonlar sahip oldukları estetik, biyouyumluluk ve dayanıklılık gibi özellikleri nedeniyle çok popülerdir ancak potansiyel kırılma ve karşıt dişi çok fazla aşındırması gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Bu sebeple yeni geliştirilmiş rezin matrikse sahip seramikler, rezin materyalin esneme kabiliyeti ile seramiğin estetiğini birleştirmek için piyasaya sunulmuştur.¹³ Bu materyaller kolayca işlenebilmesi ve ek uygulamalar gerektirmemesi gibi avantajlarının yanında iyi bir boyutsal stabiliteye¹⁴, dişe benzer biyo-mimetik özelliklere¹⁵ ve iyi bir stres dağılım kabiliyetine de sahiptir.¹⁶

Tekrarlanan fonksiyonel streslerin altında materyallerin nasıl davrandığını ve stresin diş dokuları ve restorasyona nasıl iletildiğini anlamak önemlidir. Araştırmacılar *in vitro* testler ile sadece bir durumu araştırırken diğer faktörleri stabil kabul eder. Ancak oral kavite dinamik bir alandır ve *in vitro* testlerle tamamen yansıtılması neredeyse imkânsızdır. Sonlu elemanlar analizi oral kaviteyi simüle ederek restorasyon materyali, diş ve çevre dokularında oluşan stres dağılımının incelenmesini sağlar. Sonlu elemanlar analizinde yapının geometrisi sonsuz sayıda elemente ayrılarak uygulanan yükler altında yapıda oluşan stres matematiksel değerlerle ortaya koyulabilir.

Literatürde, bahsedilen konularla alakalı yeterli sonuç bulunamaması sebebiyle, bu çalışmanın amacı farklı minimal invaziv restorasyonların ve farklı materyallerin kullanılmasının diş ve restoratif materyallerde ortaya çıkaracağı stres dağılımını incelemektir. Bu çalışmanın başlangıç hipotezi farklı preperasyon tipleri ve restoratif materyallerin kullanılmasının diş dokuları ve restorasyon üzerinde oluşacak strese etkisi olmayacağıdır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma için çürüksüz sağlam bir 36 numaralı diş seçilerek serum fizyolojik solüsyon içerisinde bir hafta bekletilmiştir. Daha sonra silikon bir kalıba gömülmüş ve sırasıyla inlay, onlay ve overlay preperasyonları yapılmış (Şekil 1) ve her aşama sonrasında bir model tarayıcı (Vinyl High Resolution, Smart Optics, Bochum, Germany) yardımıyla tarama yapılarak veriler dizaynlama programına aktarılmıştır. Dizaynlama programında (Dental Cad 3.1 Rijeka, EXOCAD, Darmstadt, Germany) marjin noktaları belirlenmiş ve uygun anatomik forma sahip inlay, onlay ve overlay restorasyonlar aynı verilerle tasarlanmıştır. Elde edilen tasarım dosyaları STL olarak çıkartılmış, hatalarının giderilmesi ve Sonlu Elemanlar Analizine uygun hâle gelmesi için uygun bir programa (Geomagic Design x 2020/0.3) aktarılarak gerekli düzenlemeler yapılmış ve STP dosyaları elde edilmiştir. Hem diş hem de tasarlanan restorasyon modellerinin kompozisyonun sağlanabilmesi için uygun bir programda (Solidworks Corp., USA) birleştirme işlemleri yapılmış ve hazırlanmış STP dosyaları Sonlu Elemanlar Analizi programına (ABAQUS, 2020 Dassault Systems Simulation Corp., Johnston, RI, USA) aktararak restorasyona; zirkonya destekli lityum disilikat (Vita Suprinity - VS), rezin nanoseramik (Cerasmart - CS) ve rezin matrikse ilave zirkonya-silika seramik (Shofu block - HC) materyallerin özellikleri (Tablo 1) verilerek tasarlanmış senaryo uygulanmıştır. Okluzal yükleme, aksiyal yönde ortalama çiğneme kuvveti olarak kabul edilen 600 N olarak tasarlanmış ve uygulanmıştır. Materyal özellikleri tablo 1’de gösterilmektedir. Bütün materyaller izotropik, doğrusal ve elastik olarak kabul edilmiştir. Bunun yanında periodontal ligamentin etkisi göz ardı edilirken kökler kemik içerisinde sabit kabul edilmiştir. Stres dağılımını gösteren değerler maksimum ana stres değerleri olarak rapor edilmiştir. Farklı modeller için toplam düğüm ve eleman sayısı tablo 2’de gösterilmektedir.



İNLAY PREPARASYONU ONLAY PREPARASYONU OVERLAY PREPARASYONU

Şekil 1. Minimal İnvolv Diş Preparasyonları

Tablo 1. Diş dokuları ve materyallerin mekanik özellikleri

Materyal	Elastik modülü (GPa)	Poisson oranı	Sıkıştırma Dayanımı (Mpa)
Dentin	18.6	0.31	282
Mine	84	0.33	321
VS	104.9	0.21	540
CS	9.6	0.306	440
HC	8.8	0.38	420

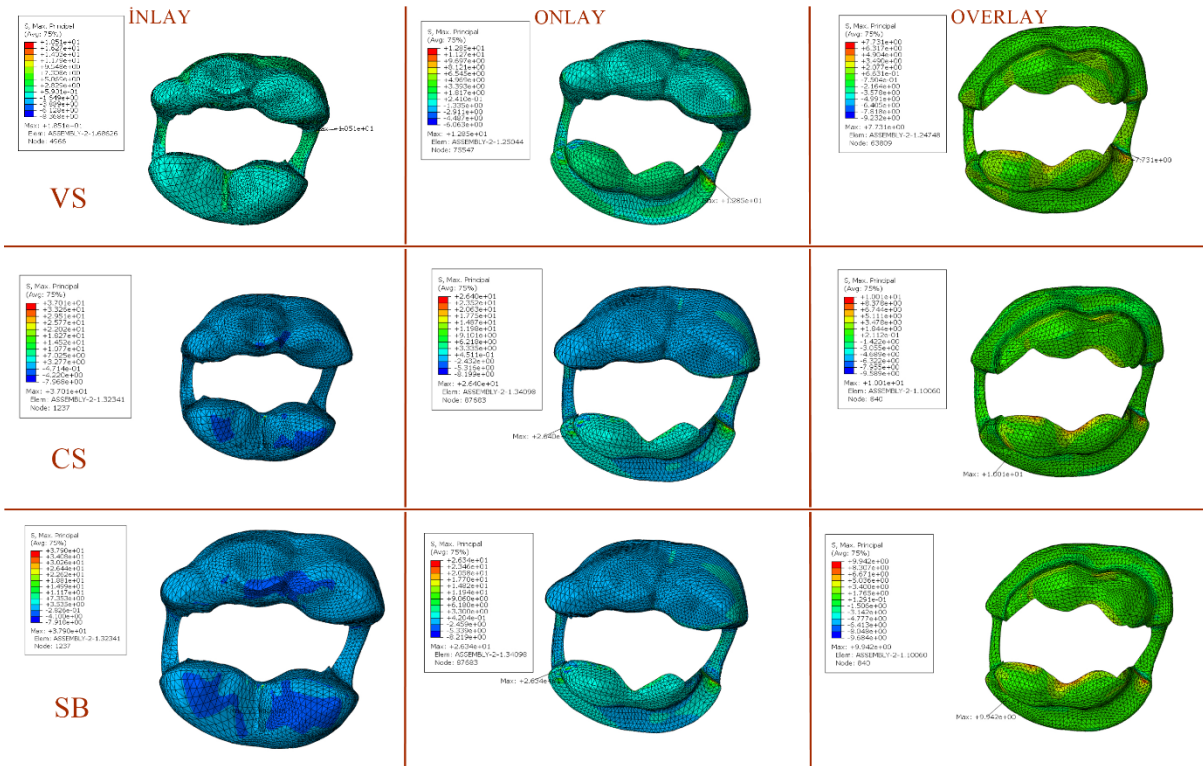
GPa: Gigapascal; Mpa; Megapascal; VS: Vita Suprinity; CS: Cerasmart; SB: Shofu Block HC

Tablo 2. Test grupları için düğüm ve eleman sayıları

Gruplar	Toplam Eleman Sayısı	Toplam Düğüm Sayısı	Ağ Tipi
İnlay	390498	573198	Quadratic tetrahedral elemanlar (C3D10)
Onlay	391351	577744	Quadratic tetrahedral elemanlar (C3D10)
Overlay	372391	554749	Quadratic tetrahedral elemanlar (C3D10)

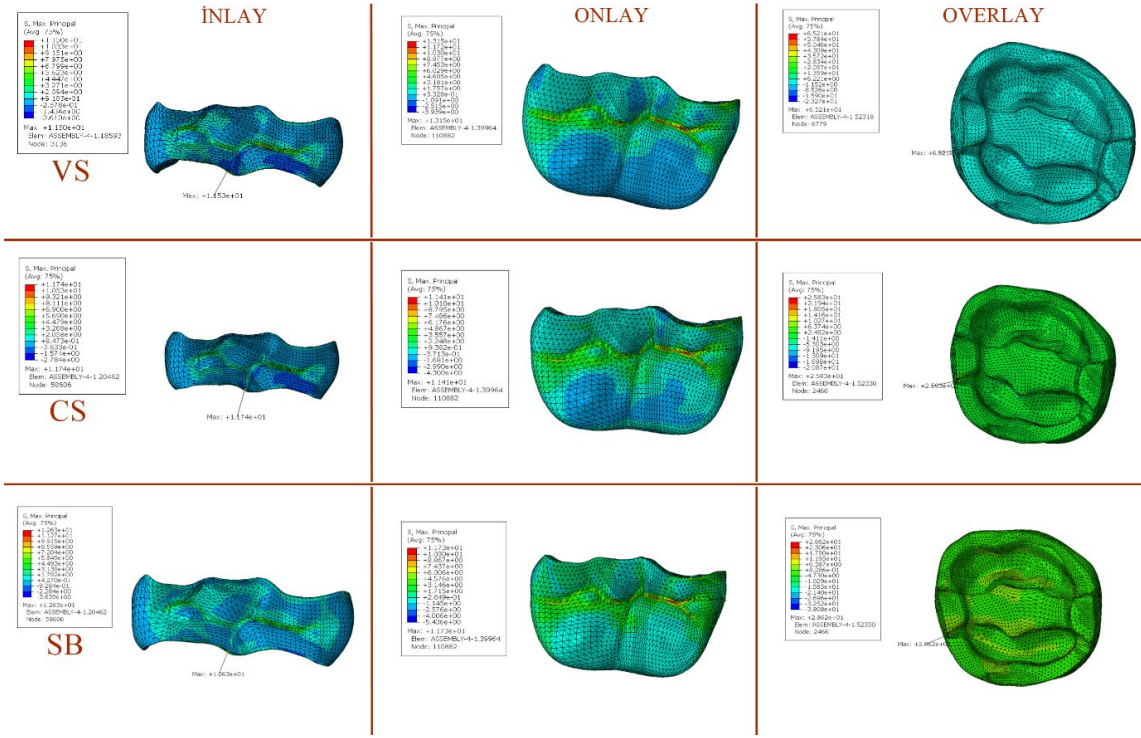
BULGULAR

Minede oluşan stres açısından, inlay restorasyonlarda oluşan streslerin genel olarak restorasyon-mine birleşim alanında lingual tüberküllerin birleştiği kısımda, onlay ve overlay restorasyonlarda ise lingual basamak iç köşesinde yoğunlaştığı görüldü (Şekil 2). Materyaller karşılaştırıldığında, elastik modülü daha yüksek olan materyal (VS) daha iyi sonuç verdi ve her grup için oluşan stres değeri diğer materyallere göre daha azdı. CS ve SB arasında VS ile karşılaştırıldığında kayda değer bir fark görülmedi. İnlay restorasyonlarda, daha yüksek stres dağılımı genellikle minede izlenmiştir. Restorasyon ebatı büyüdükçe mineye iletilen stres azaltılmıştır (Tablo 3).



Şekil 2. Mine için stres dağılım ve pik alanları

Restorasyonlarda oluşan stres açısından, inlay restorasyonlarda oluşan stres genel olarak mine ile restorasyonun birleştiği bölgede, onlay restorasyonlarda okluzal tablada, overlay restorasyonlarda ise daha çok proksimal basamaklar üzerinde yoğunlaşmıştır (Şekil 3) ve en yüksek stres değerleri overlay restorasyonlarda görülürken, onlay ve inlay restorasyonlar arasında kayda değer bir fark gözlenmemiştir (Tablo 3). Restorasyon ebatı arttıkça VS diğer materyallere göre belirgin olarak daha fazla stresle karşılaşmaktadır. (Tablo 3).



Şekil 3. Restorasyon için stres dağılım ve pik alanları

Tablo 3. Materyallere göre maksimum ana stres değerleri (MPa)

	Materyal	Gruplar		
		İnlay	Onlay	Overlay
Mine	VS	18,51	12,85	7,73
	CS	37,01	26,4	10,01
	SB	37,9	26,34	9,94
Restorasyon	VS	11,5	13,15	65,21
	CS	11,74	11,41	25,83
	SB	12,63	11,73	28,62

VS: Vita Suprinity; CS: Cerasmart; SB: Shofu Block HC

Restorasyonların ve minenin kırılma riski hesaplandığında, mine açısından en iyi sonucu VS göstermiştir. Restorasyon ebatı büyüdükçe mine kırılma ihtimali azalmıştır. Ancak aynı durum restorasyon açısından tam tersi olarak görülmüştür. Bunun yanında inlay ve onlay restorasyon uygulanmış durumlarda minenin kırılma ihtimali daha fazlayken, overlay restorasyonlarda daha olası olan restorasyonun kırılmasıdır (Tablo 4).

Tablo 4. Materyallere göre kırılma olasılıkları

	Materyal	Gruplar		
		İnlay	Onlay	Overlay
Mine	VS	0.0577	0.0400	0.0241
	CS	0.1153	0.0822	0.0312
	SB	0.1181	0.0821	0.0309
Restorasyon	VS	0.0213	0.0244	0.1208
	CS	0.0267	0.0259	0.0587
	SB	0.0301	0.0279	0.0681

VS: Vita Suprinity; CS: Cerasmart; SB: Shofu Block HC

TARTIŞMA

Bu çalışma hem restorasyon tipinin hem de restorasyon materyalinin diş ve restorasyon üzerinde oluşan stresin büyüklüğünü ve dağılımını etkilediğini göstermiştir. Dolayısıyla başlangıç hipotezi reddedilmiştir.

Sonlu elemanlar analizi, oral dokularda ortaya çıkan stresleri ve restoratif materyallerin klinik performansını tahmin etmek için kullanılan bir dental biyomekanik çalışma metodudur 17 ve oral dokuları *in vitro* olarak simüle edebilmek için kullanılan en iyi metodlardan biridir. Bu çalışmada farklı CAD/CAM seramik restorasyonların ve farklı minimal invaziv preparasyonların stres dağılımını araştırabilmek için sonlu elemanlar analizi kullanılmıştır. Maksimum ana stresleri, oral dokular ve restoratif materyallerde ortaya çıkabilecek hasar oluşumunu ve klinik olarak kabul edilebilecek durumları tahmin etmek için iyi bir indikatördür. Sonlu elemanlar analizinden elde edilen sonuçlara göre materyal tipinin, molar dişlere uygulanan minimal invaziv restorasyonlardaki stres dağılımını etkilediği bulunmuştur.

Normal çiğneme kuvveti 222 ila 445 N (ortalama 322.50 N) olarak bildirilirken; molar bölgede en yüksek 520 ila 800 N (ortalama 660 N) olarak hesaplanmıştır. 18. Molar bölgedeki okluzal yükler göz önünde bulundurulduğunda restoratif materyallerin kırılma riski %0.24-0.79 arasında bulunmuştur. En yüksek kırılma riski overlay restorasyonlarda VS materyalinde ortaya çıkmış ve yaklaşık olarak %12 olarak bulunmuştur.

Maksimum ana stresler, daha yüksek elastik modüle sahip zirkonyumla güçlendirilmiş lityum disilikat cam seramiklerde (VS), rezin matris seramiklere göre daha fazladır.^{19,20} VS materyali ile karşılaştırıldığında daha elastik özelliklere sahip rezin matris seramiklerin (CS, SB), daha düşük bir kırılma riski ortaya koyduğu görülmüştür. Bu gözlem, daha iyi bir stres dağılımı sağlayan rezin matris seramikler ile üretilmiş minimal invaziv restorasyonların daha uzun ömürlü olacağını ima edebilir.^{21,22} Ne var ki, VS materyalinin mineye daha az stres ilettiği yine bu çalışmada gösterilmiştir. Buradan yola çıkarak, rezin matris seramikler ile üretilmiş minimal invaziv restorasyonlarda ortaya çıkabilecek başarısızlıkların daha katastrofik olacağı düşünülebilir.²³

Bu çalışmada overlay restorasyonlarda ortaya çıkan maksimum ana stres değerleri daha fazlaydı, bunun yanında özellikle tüberküllerinin kaplandığı durumlar göz önünde bulundurulduğunda kırılma riski de daha az olarak hesaplandı. Daha düşük maksimum ana streslerin ortaya çıkmasının sebepleri daha iyi bir stres dağılımı ortaya koyması ve çiğneme kuvvetlerinin direkt olarak restorasyon-diş bağlantı alanına iletilmemesi olabilir. Bu durum önceki sonlu elemanlar analizi çalışmalarıyla desteklenmiştir.^{24,25} Tüberküllerinde redüksiyon yapılmış gruplarda stres pikleri okluzal tablada görülürken, inlay restorasyon gruplarında stres pikleri mine-restorasyon bağlantı alanlarında ortaya çıkmıştır ve bu çalışma inlay restorasyonların yaklaşık %98'inde zamanla ortaya çıkan marjinal adaptasyon problemlerinin 26 ve genelde diş restorasyon ara yüzeyinde görülen kırıkların sebebinin ortaya koymuştur.²⁷ Ayrıca bağlantı yüzeylerinde lokalize olan stres pikleri hem siman tabakasına hem de kalan diş yapısına daha çok zarar verme riskine sahip olduğu için daha zararlı durumlar ortaya çıkarabilir.²⁸ Tüberküllerinde redüksiyon yapılmamış gruplarda daha fazla kırılma riski görülme sebebi bu olabilir ve bu durum daha önce raporlanmış çalışmalarla benzer bir sonuç ortaya koymuştur.²⁹ Inlay restorasyonlarda daha düşük elastik modüle sahip (CS, SB) materyallerde ortaya çıkan maksimum ana stres değerleri daha fazladır ve stres piklerinin görüldüğü alanlar, restorasyon diş birleşim bölgeleridir ve bu durum restorasyon-diş bağlantısından mikrosızıntıya ve restorasyon marjinlerinde kopma ve kırılmalara sebep olabilir.²⁴ Onlay restorasyonlarda stres pikleri okluzal tablada görülürken, overlay restorasyonlarda proksimal marjinlerde ortaya çıkmıştır. Bu değerler overlay restorasyonlarda belirgin şekilde daha yüksektir. Bunun sebebi overlay restorasyonların okluzal tablası daha geniş olduğu için hem restorasyon tarafından iletilen yüklere hem de direkt olarak okluzal yüklere maruz kalmasıyla açıklanabilir. Onlay ve overlay restorasyonlar sadece eksik diş dokusunu iade etmez aynı zamanda gelen yükler karşısında diş korur.²⁵ Mörmann ve ark.'ına göre okluzal yüzeydeki seramik kalınlığı arttıkça kırılma dayanımı iyileşmektedir.³⁰ Bunun yanında materyal ne kadar rijitse ortaya çıkan stresleri o kadar az diş dokusuna iletir. Ayrıca bu çalışma sonucunda overlay restorasyonların mine dokusuna en az stres ileten minimal invaziv restorasyon tipi olduğu gösterilmiştir. Bu durum diğer çalışmalar ile desteklenmiştir.³¹⁻³³

Bu çalışmanın limitasyonu sonlu elemanlar analizinde materyal özelliklerinin tamamı ile gerçeğe uygun şekilde hazırlanamamasıdır. Restorasyon ve dişin birbirine mükemmel şekilde bağlandığı düşünülür ve materyallerin üretiminde ortaya çıkması muhtemel tüm hatalar göz ardı edilir. Sonraki çalışmalarda bir materyal araştırmasıyla desteklenerek validasyon çalışması yapılması önerilebilir.

SONUÇLAR

Bu sonlu elemanlar analizi çalışması ile ortaya konan sonuçlar şunlardır:

1. Restorasyon ve mine üzerindeki, stres dağılımı ile kırılma değerlendirilmesi birlikte düşünüldüğünde bu çalışmanın tüm limitasyonlarına rağmen katastrofik başarısızlık risklerinden kaçınmak için zirkonyum ile güçlendirilmiş lityum disilikat cam seramik materyallerin endokron restorasyonlarda kullanılması önerilebilir.
2. Minimal invaziv restorasyon uygulamalarında okluzal redüksiyon yapılan tüberküllerinin sayısı arttıkça mineye iletilen stress dağılımı daha iyi olacaktır.

Değerlendirme / Peer-Review

İki Dış Hakem / Çift Taraflı Körleme

Etik Beyan / Ethical statement

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi 3. Uluslararası Yenilikçi Diş Hekimliği Kongresi'nde (25-27 Kasım 2022, Konya, Türkiye) sözlü bildiri olarak sunuldu.

Çalışma herhangi bir tez çalışması değildir.

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.

This study was presented as an oral presentation at Selcuk University 3rd International Congress of Innovative Dentistry (25-27 November 2022, Konya, Turkey).

The study is not any thesis work.

It is declared that during the preparation process of this study, scientific and ethical principles were followed and all the studies benefited are stated in the bibliography.

Benzerlik Taraması / Similarity scan

Yapıldı - ithenticate

Etik Bildirim / Ethical statement

ethic.selcukdentaljournal@hotmail.com

Çıkar Çatışması / Conflict of interest

Çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Telif Hakkı & Lisans / Copyright & License

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmalarını CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

Finansman / Grant Support

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek karar olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır. | The authors declared that this study has received no financial support.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur. | The authors have no conflict of interest to declare.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Çalışmanın Tasarlanması | Design of Study: MA %40, MGD %60

Veri Toplanması | Data Acquisition: MA %40, RM % 60

Veri Analizi | Data Analysis: MA %50, MGD %20, RM % 30

Makalenin Yazımı | Writing up: MA %20, MGD %60, RM % 20

Makale Gönderimi ve Revizyonu | Submission and Revision: MA %100

KAYNAKLAR / RESOURCES

1. Bresser RA, Gerdolle D, van den Heijkant IA, Sluiter-Pouwels LMA, Cune MS, Gresnigt MMM. Up to 12 years clinical evaluation of 197 partial indirect restorations with deep margin elevation in the posterior region. *J Dent.* 2019;91:103227.
2. Giachetti L, Russo DS, Bambi C, Grandini R. A review of polymerization shrinkage stress: current techniques for posterior direct resin restorations. *J Contemp Dent Pract.* 2006;7(4):79-88.
3. Manhart J, Chen HY, Hamm G, Hickel R. Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent.* 2004;29(5):481-508
4. Al-Fouzan A, Tashkandi E. Volumetric measurements of removed tooth structure associated with various preparation designs. *Int J Prosthodont.* 2013;26(6):545-8.
5. Edelhoff D, Sorensen JA. Tooth structure removal associated with various preparation designs for anterior teeth. *J Prosthet Dent.* 2002;87(5):503-9.
6. Morimoto S, Rebelo De Sampaio FBW, Braga MM, Sesma N, Özcan M. Survival Rate of Resin and Ceramic Inlays, Onlays, and Overlays: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res.* 2016;95(9):985-94.
7. Shibata S, Gondo R, Araújo E, de Mello Roesler CR, Baratieri LN. Influence of surrounding wall thickness on the fatigue resistance of molars restored with ceramic inlay. *Braz Oral Res.* 2014;28(1):1-8.
8. Rocca GT, Rizcalla N, Krejci I, Dietschi D. Evidence-based concepts and procedures for bonded inlays and onlays. Part II. Guidelines for cavity preparation and restoration fabrication. *Int J Esthet Dent.* 2015;10(3):392-413
9. Seow LL, Toh CG, Wilson NHF. Strain measurements and fracture resistance of endodontically treated premolars restored with all-ceramic restorations. *J Dent.* 2015;43(1):126-32.
10. Soares CJ, Martins LRM, Fonseca RB, Correr-Sobrinho L, Fernandes Neto AJ. Influence of cavity preparation design on fracture resistance of posterior Leucite-reinforced ceramic restorations. *J Prosthet Dent.* 2006;95(6):421-9.
11. Amesti-Garaizabal A, Agustin-Panadero R, Verdejo-Solá B, et al. Fracture Resistance of Partial Indirect Restorations Made With CAD/CAM Technology. A Systematic Review and Meta-analysis. *J Clin Med.* 2019;8(11):1932.
12. Spitznagel FA, Boldt J, Gierthmuehlen PC. CAD/CAM Ceramic Restorative Materials for Natural Teeth. *J Dent Res.* 2018;97(10):1082-91.
13. Taha D, Spintzyk S, Schille C, et al. Fracture resistance and failure modes of polymer infiltrated ceramic endocrown restorations with variations in margin design and occlusal thickness. *J Prosthodont Res.* 2018;62(3):293-97.
14. Porto TS, Roperto RC, Teich ST, et al. Brittleness index and its relationship with materials mechanical properties: Influence on the machinability of CAD/CAM materials. *Braz Oral Res.* 2019;33:e026.
15. Gresnigt MMM, Özcan M, Van Den Houten MLA, Schipper L, Cune MS. Fracture strength, failure type and Weibull characteristics of lithium disilicate and multiphase resin composite endocrowns under axial and lateral forces. *Dent Mater.* 2016;32(5):607-14.
16. Zhu J, Rong Q, Wang X, Gao X. Influence of remaining tooth structure and restorative material type on stress distribution in endodontically treated maxillary premolars: A finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2017;117(5):646-55.
17. Gulec L, Ulusoy N. Effect of Endocrown Restorations with Different CAD/CAM Materials: 3D Finite Element and Weibull Analyses. *Biomed Res Int.* 2017;2017.
18. De Abreu RAM, Pereira MD, Furtado F, Prado GPR, Mestriner W, Ferreira LM. Masticatory efficiency and bite force in individuals with normal occlusion. *Arch Oral Biol.* 2014;59(10):1065-74.
19. Krejci I, Daher R. Stress distribution difference between Lava Ultimate full crowns and IPS e.max CAD full crowns on a natural tooth and on tooth-shaped implant abutments. *Odontology.* 2017;105(2):254-6.
20. Abtahi S, Alikhasi M, Siadat H. Biomechanical behavior of endocrown restorations with different cavity design and CAD-CAM materials under a static and vertical load: A finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2022;127(4):600.e1-600.e8.
21. Pedrollo Lise D, Van Ende A, De Munck J, Umeda Suzuki TY, Cardoso Vieira LC, Van Meerbeek B. Biomechanical behavior of endodontically treated premolars using different preparation designs and CAD/CAM materials. *J Dent.* 2017;59:54-61.
22. Zhu J, Rong Q, Wang X, Gao X. Influence of remaining tooth structure and restorative material type on stress distribution in endodontically treated maxillary premolars: A finite element analysis. *J Prosthet Dent.* 2017;117(5):646-55.
23. Ural Ç, Çağlayan E. A 3-dimensional finite element and in vitro analysis of endocrown restorations fabricated with different preparation designs and various restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2021;126(4):586.e1-586.e9.
24. Dejak B, Mlotkowski A. A comparison of mvM stress of inlays, onlays and endocrowns made from various materials and their bonding with molars in a computer simulation of mastication - FEA. *Dent Mater.* 2020;36(7):854-64.
25. Mei ML, Chen YM, Li H, Chu CH. Influence of the indirect restoration design on the fracture resistance: a finite element study. *Biomed Eng Online.* 2016;15(1):3.
26. Krämer N, Frankenberger R. Clinical performance of bonded leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after eight years. *Dent Mater.* 2005;21(3):262-71.
27. Kelly JR. Clinically relevant approach to failure testing of all-ceramic restorations. *J Prosthet Dent.* 1999;81(6):652-61.
28. He J, Zheng Z, Wu M, Zheng C, Zeng Y, Yan W. Influence of restorative material and cement on the stress distribution of endocrowns: 3D finite element analysis. *BMC Oral Health.* 2021;21(1):495.
29. Sen N, Us YO. Mechanical and optical properties of monolithic CAD-CAM restorative materials. *J Prosthet Dent.* 2018;119(4):593-9.
30. Mörmann WH, Bindl A, Lüthy H, Rathke A. Effects of preparation and luting system on all-ceramic computer-generated crowns. *Int J Prosthodont.* 11(4):333-9.
31. Yang H, Park C, Shin JH, et al. Stress distribution in premolars restored with inlays or onlays: 3D finite element analysis. *J Adv Prosthodont.* 2018;10(3):184-90.
32. Hofsteenge JW, Hogeveen F, Cune MS, Gresnigt MMM. Effect of immediate dentine sealing on the aging and fracture strength of lithium disilicate inlays and overlays. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2020; 110:103906.
33. Yamanel K, Çağlar A, Gülşahi K, Özden UA. Effects of different ceramic and composite materials on stress distribution in inlay and onlay cavities: 3-D finite element analysis. *Dent Mater J.* 2009;28(6):661-70.