

DERLEMELER

YÜKSEK DİRENÇLİ SERAMİK SİSTEMLERİN DAYANIKLILIĞI

Dr. Hasan Suat GÖKÇE (*), Dr. Bedri BEYDEMİR (*)

Gülhane Tıp Dergisi 44 (4) : 457 - 463 (2002)

ÖZET

Teknolojik gelişmeler yeni seramik tipleri ve sistemleri üretirken, seramiğin kullanım alanını da genişletmiştir. Buna rağmen, kırılma dirençlerinin azlığı yüzünden kullanım alanları halen sınırlıdır. Ağız ortamında yüksek yüklere maruz kalan dental seramiklerin estetikleri göz ardı edilmeksizin dayanıklılıklarının artırılabilmesine yönelik birçok yöntem araştırılmıştır. Bu derlemede bu yöntemler, tarihsel gelişimleri ve sınıflandırmadan bahsedilmiştir. Dayanıklılığı artırılmış bu yeni sistemler, klasik dental seramiklerle karşılaştırıldığında, çok daha kaliteli ve dayanıklı restorasyon yapımına imkan tanımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Dirençli Seramik Sistemleri, Dayanıklılık.

SUMMARY

Resistance of the High Strength Ceramic Systems

While technological development produces new ceramic types and systems, usage areas of ceramic has been extended. But because of breaking resistance scarcity, usage areas are presently limited. Without disregarding the esthetics, in order to increase the resistance of porcelain that exposed to high loads in mouth environment, many procedures were investigated. In this review, these procedures, historical developments and classification is mentioned. When these new systems with increased resistance, compared with classical porcelains, new systems allows production of more qualified and resisted restorations

Key Words: High Strength Ceramic Systems, Resistance.

(*) GATA Dişhekimliği Bilimleri Merkezi AD.
Reprint Request : Dr. Bedri BEYDEMİR, GATA,
Dişhekimliği Bilimleri Merkezi, Protetik Diş Tedavisi AD.
Etilik/ANKARA
Kabul Tarihi: 9.10.2002

GİRİŞ

Seramik restorasyonlar metal destekli seramik restorasyonlarla karşılaştırıldıklarında biyolojik uyumunun daha iyi olması ve üstün estetik özellikleri nedeniyle günümüzde daha tercih edilir hale gelmiştir. Metal alt yapının kullanılmaması iyon salınımı sonucu allerjik ve toksik reaksiyonların ortaya çıkmasını büyük oranda önlemiştir. Ayrıca estetik avantajlarının yanında tek kuronların ve üç üyeli posterior köprü yapımına da izin vermeleri tercih edilmelerinin en büyük sebebidir (1). Buna rağmen kullanım alanları, kırılma dirençlerinin azlığı yüzünden sınırlıdır(2). Dental seramik materyallerin fiziko-kimyasal özellikleri ve vitroz yapıları iyi bir görünüm sağlar ve ağız içerisinde bozunmalarını engeller. Bu materyallerin en büyük avantajı ağız ortamındaki stabilitelidir(3,4).

18. yüzyılın başlarında Fauchard'ın, seramik'i diş hekimliğinde kullanmaya başlaması, seramiğin protetik diş hekimliğine girişi kabul edilebilir(5,6). Teknolojik gelişmeler yeni seramik tipleri ve sistemleri üretirken, seramiğin kullanım alanını da genişletmiştir(5,7,8). Bir dental materyal olarak, seramiğin korozyona, aşınmaya ve asitlere direncinin birçok materyale göre daha üstün olması, araştırmaların bu materyal üzerinde yoğunlaşmasına neden olmuştur(3,9).

1983'de Grossman ve 1984'de Adair tarafından dökülebilir cam seramik olan Dicor geliştirildi(6). Aynı dönemlerde Bruggers'de Hi-Ceram'ı geliştirmiştir(3,5,7,10,11,12,13). 1989'da alüminyum oksit içeriği %90'nın üzerine çıkarılmış ve dayanıklılığı artırılmış core seramiğinin, In-Ceram adıyla piyasaya sunulmuştur(1,3,29,31,45). Ayrıca 1993'de %100 alümina (Al₂O₃) içeren yeni bir core materyali olan Procera Al-Ceram (14,15) (Procera Sanvik, Sweden) geliştirilmiştir. Yapılan araştırmalarda çeneler arasında ölçülen ortalama çiğneme kuvveti 40 Newton(N) {1N=1kgm/S²= 10⁻⁵ din = 1 pound} (67-69), maksimum kuvveti ise 245 N-1000 N arasında olduğu bildirilmiştir (10,16,17,18.).

Eichner(19) İnsanlarda fizyolojik çiğneme kuvveti değerleri bölgelere göre değişim gösterdiğini bunun anterior bölgede 98 N - 360 N arasında değiştiğini belirtmiştir.

Metal destekli seramik restorasyonlar birçok dezavantajlarına rağmen ağız içi kuvvetleri rahatlıkla karşılayabilecek dayanıklılıktadır(16,17,18, 20,21). % 97 ile 99 oranındaki klinik başarılarına rağmen halen bazı dezavantajları bulunmaktadır(3). Bunlar:

1-Seramiğin bağlandığı metal alaşımın alerjik reaksiyon potansiyeli ve korozyon toksisitesi,

2-Metal alaşımın, içerdiği gümüş nedeniyle seramiklerde renk değişimine neden olma olasılığı,

3-Metal ile seramik arasındaki ısıl genleşme katsayısı uyumsuzluğu nedeniyle bağlanma dayanıklılığının azalması,

4-Fırınlama sonrası metal yüzeyinde ortaya çıkan oksit tabakasının metal seramik birleşimini etkilemesi(22,23).

5-Dişte, hem metal hem de seramiğe yer sağlamak için yapılacak preparasyon miktarının fazla olması(3,5,16,20,24,25,26,27).

6-Metalin ışık geçirgenliğinin olmaması nedeniyle, renk derinliğindeki yetersizliği ve restorasyonun doğal görünümünü elde etmedeki güçlük(16,20,24,27,28,29,30).

Bu dezavantajlar ve bilhassa anterior bölgedeki estetik gereksinim, bu tip restorasyonlarda destekleyici olan metalin elemine edilmesine yönelik arayışları arttırmıştır(11,20,25,27,31,32,33).

Önceleri özel basamak materyalleri kullanılmış (metal yerine shoulder seramiği), daha sonra platin folye tekniği ile metal kalınlığı en aza indirilmeye çalışılmış ve zamanla metal destekli olmayan tam seramik restorasyonlar geliştirilmiştir(5,20,32,33). Son yıllarda estetik üstünlüklere sahip güçlendirilmiş seramik restorasyonların geliştirilmesine yönelik çalışmalar ağırlık kazanmıştır.

Estetik üstünlükleri nedeniyle tam seramikler, metal destekli seramik restorasyonların yerine aşağıdaki avantajlarından dolayı yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır(9,10,16,27,28,34,35). Bunlar:

1-Biyolojik uyumlulukları, ağız içinde kimyasal reaksiyona girme potansiyeli olan metallere oranla daha üstündür(9,16).

2-Homojendirler(9,16,34).

3-Renkte derinlik sağlarlar ve ışığı yansıtmaya özelliklerine sahip oldukları için doğal diş yapısına daha yakındırlar(16,29).

4-Doğal diş dokusuna yakın ısıl genleşme katsayısına ve ısı iletkenliğine sahiptirler(3,16).

5-Sıkışma kuvvetlerine karşı çok dayanıklıdırlar(24,27,36).

Yüksek Dirençli Seramik Sistemlerin Yapım Tekniği Yönünden Sınıflandırılması

Tam seramik restorasyon sistemleri yapım

tekniki yönünden 4 gruba ayrılabilirler(5,24,32,37);

1-Dökülebilir cam seramikler (Dicor, Cerapearl, Willy-Glas(38), Dökülebilir mika glass, Kalsiyum-fosfatcam(3)) Bu grupta en bilinen yöntem olan Dicor sisteminde restorasyonun mum modelasyonu fosfat bağlı rövetmana gömülür. Rövetmanın genleşmesi daha sonraki seramikleşme (kristalizasyon) aşamasında oluşacak büzülmeyle karşılayacak miktardadır. Dökümle elde edilen kronlar şeffaf cam görünümündedir. Daha sonra yine rövetman içerisinde, ısı altında yapılan kristalizasyon işlemine geçilir. Bu işlemden sonra buzlu görünümde bir restorasyon elde edilir(5) ve böylece camsı saydam görünüm ortadan kalkar ve dayanıklılık artar. Elde edilen restorasyon üzerinde renklendirme ve boyama yapılabilir. Ayrıca core olarak hazırlanıp üzerine yüzey seramiği (örn. Vitadur-N) uygulanabilir(5,10, 24,29,32,39,40).

2-Refractor die üzerinde fırınlanan seramikler (Vitadur, Cerestore, Optec, Hi-Ceram, In-Ceram) altı grup altında incelenebilir. Ortak özellikleri tabakalama tekniğidir.

A-Folye tekniği (%50 Al₂O₃ içeren Vitadur, MgO içeren Magnezya Core bu gruba dahildir). Refractor die üzerine platin folye uyumlanır. Bunun üzerine Al₂O₃ veya MgO ile güçlendirilmiş seramik fırınlanır(32,41,41,43). (Yeni folye sistemleri: Renaissance, Flexobond, Plati-deck)(3,5)

B-Cerestore % 65-70 Al₂O₃, % 8-10 MgO içerir. (MgAl₂O₃)(24) Core materyali olarak kullanılır. Üzeri yüzey seramiği ile kaplanarak restorasyon son haline getirilir(5,10,24,32,39,41,42).

C-Mirage zirkonyum oksit kristalleriyle güçlendirilmiş core seramiğidir(33).

D-Optec lösit kristallerinden oluşur(3,10,11, 24,32). Sulu kıvamda hazırlanarak ısıya dayanıklı die üzerinde şekillendirilir. Daha sonra fırınlanarak (1035°C) son haline getirilir. Core materyali değildir(5,24,32,44).

E-Hi-Ceram %70 Al₂O₃ içeren core materyalidir(3,10,11,24).

Fırınlama sonrası die materyali kumlama ile uzaklaştırılır ve core üzerine yüzey seramiği uygulanır(5,24,32).

F-In-Ceram %90 Al₂O₃ içeren core materyalidir(3,10,11,17,24). Çok ince granüllü Al₂O₃ parçacıkları içeren toz özel bir sıvı ile karıştırılır ve oluşturulan süspansiyon die üzerine sürülür. Hızla sıvı kaybına uğrayan yapı iyice yoğunlaşır ve özel fırında 1120°C'de 10 saat fırınlanır. Daha sonra ortaya çıkan bu pöröz yapıya yine çok ince cam (lanthanum silikat)(10,27) taneciklerinden oluşan bula maç sürülür. 2. fırınlamada camın tüm pöröz boşluklara kılcal hareketle akması sağlanır(10).

Ortaya çıkan core materyalinin üzeri yüzey seramiği ile kaplanarak restorasyon son haline getirilir(31, 32,45).

3-Sıkıştırılabilir seramikler (ısı altında tepilerek üretilen seramikler)(IPS-Empress)

Metal döküm tekniğine benzer şekilde seramik çekirdekleri ısı altında özel bir mufladaki döküm boşluğuna ısı altında preslenirler. Lösit kristalleri ile güçlendirilmiştir(11). Tek başına veya üzeri yüzey seramiği ile kaplanarak (anterior bölgedeki restorasyonlarda) core materyali olarak kullanılabilir(10,24,28,32,46,47).

4-Cad-Cam sistemi (bilgisayar destekli)(Cerec, Duret, Celay, Denti-cad)

Sistem önceden üretilen seramik blokların bilgisayar destekli freze yardımı ile şekillendirilmesi esasına dayanır. Kamera yardımı ile elde edilen veriler bilgisayara yüklenir. Daha sonra tasarımları (CAD) yapılarak üretime (CAM) geçilir. Genellikle inlay, onlay, laminat tipindeki restorasyonlar için endikedir(24,32). Ayrıca CAD-CAM sistemine uygun olarak birçok seramik sistemi piyasaya verilmiştir. Bunlar: Procera Al-Ceram, Procera Ti-Ceram, In-Ceram spinel'dir.

Preparasyon Özellikleri

Metal desteksiz restorasyon uygulanacak dişlerin preparasyonunda dikkat edilmesi gereken, okluzal de 1,5-2 mm. ve aksiyal duvarlardan 1,5 mm. madde kaldırılmasıdır. Ayrıca marjinal sonlanmanın 90°'lik veya 120°'lik Shoulder tipi basamakla bitirilmesi. Preparasyonda undercut olmamalıdır. Tüm keskin kenarlar ve köşeler yuvarlatılmalıdır(10, 48,49).

Yüksek Dirençli Seramik Sistemlerin Avantajları

1.Yüksek Dirençli Seramik restorasyonlar biyolojik olarak uyumludur, 2. Alerjik reaksiyon oluşturmazlar, 3. Işığın köke ulaşmasını sağlayarak dişeti bölgesindeki gölgelenmeyi ortadan kaldırırlar, 4. Tabakalama tekniğinin uygulanması sayesinde doğala çok daha yakın restorasyonların yapılabilmesini olası kılarlar, 5. Işık geçirgenliği, yapının bölgesel renklendirilebilmesi ve boyama yapılabilmesi sayesinde estetik açıdan çok üstündürler, 6. Post-core'larda preparasyon renginin veya simanın, restorasyonun genel rengini etkilemesini engellerler, 7. Isısal iritasyonları minimumdur, 8. Yapım aşamasında metal destekli seramik restorasyonlarda karşılaşılan, zararlı metal tozlarının ortaya çıkma olasılığı olmadığından teknisyen açısından da sağlıklıdır, 9. Metal destekli seramik restorasyonlarda metal nedeni ile ortaya çıkan oksidasyon problemi ortadan kalkar ve opak fırınlama aşamalarına gerek kalmaz, 10. Dişeti bölgesindeki metal nedeni ile

oluşan koyu renklemenin de önüne geçilmiş olur, 11. İyon salınımı ve elektrolitik korozyon açısından da güvenilir olmaları ve 12. Dişetinde iritasyon oluşturmadağı için diş eti çekilmesi riski ortadan kaldırmaları gibi avantajlara sahiptirler(30,45,50,51).

Tüm bu avantajlarının yanında: ekonomik olma, yapımı için özel ekipman gerektirmesi, hazırlanmasının uzun köprüler ve arka bölgede köprü restorasyonların yapımına olanak vermemesi gibi dezavantajları da taşımaktadır.

Yüksek Dirençli Seramik Sistemlerin Kullanım Alanları

Yüksek dirençli seramik restorasyonlar; tüm alt kesiciler (metal destekli seramik kronların çok kaba olacağı ve ışığı fazla yansıtacakları durumlarda), diş dokusunun korunması ve dişeti sağlığının devamı için, estetik gereksinimin önemli olduğu durumlarda, daha önceki restorasyonların yapımı sırasında zarar görmüş, özellikle insizal veya proksimal kenar ve köşelerinde kayıp olan dişlerde, pulpa canlılığını korumak için, travmaya uğramış dişlerde, endodontik tedavi görmüş veya aşırı renklemiş dişlerde, pozisyon anormalliğinde düzeltme amacıyla, Peg-shape (kanca şekilli) dişlerde, anterior diastemaları (ayrıklık) elimine etmek için, tek diş implantları ve üç üniteli anterior implant köprülerde (galvanik akım olmayacağından), metal alerjisi olan hastalarda, mine displazisi durumlarında kullanımları uygundur(24,49). Fakat pulpa sınırları tam oluşmamış genç hastalarda (18 yaş sınır kabul edilir. Radyografik kontrol gereklidir), yetersiz mezio-distal boyutu nedeniyle shoulder preparasyonuna izin vermeyen mandibular anterior dişlerde, servikale doğru aşırı daralma gösteren kronlarda, klinik kron boyları, uygun preparasyon yapımı için çok uzun olacak periorodontal hastalıklı olgularda, vertikal overlapları derin olan olgularda ve aşırı over-bite' li vakalarda, parafonksiyonal alışkanlıkları olan hastalarda (Bruksizm), diş preparasyonu sonrasında interokluzal aralığı 1,2mm.'den az olan dişlerde, düzensiz ve üst üste dizilmiş dişlerde kullanılması kontrendikedir(49).

DAYANIKLILIK

Yüksek dirençli seramik restorasyonların metal destekli seramik restorasyonlara oranla en büyük dezavantajları kırılma dayanıklılıklarının düşük olmasıdır(3,11,25,31,34,52). Sıkışma kuvvetlerine karşı çok dirençlidirler(24,27) fakat pratikte çiğneme hareketleri esnasında makaslama kuvvetleri yanında çarpma kuvvetleri oluşur bu da restorasyonlarda kırılmalarla ortaya çıkan gerilimlerin ortaya çıkmasına neden olur. Sonuçta restorasyonlar çarpma ve

makaslama kuvvetlerine dayanamayıp kırılırlar (36, 53, 54). Metal desteksiz seramikler sadece % 0,1'lik bir elastik deformasyon (bozulma) gösterebilirler (3,9,17,55). Bu nedenle üzerlerine gelen kuvvetlere karşı, metallere oranla (çünkü elastik modülleri yüksektir), daha kırılındırlar(3,31). Simantasyon aşamasında, fonksiyon sırasında ve travma durumlarında kırılmaya yatkındırlar(3,34).

Seramiklerdeki kovalent ve iyonik bağlar büyük inter atomik kuvvetlerle birliktedir ve bu nedenle metallere karşılaştırıldığında plastik deformasyona karşı güçlü bir direnç gelişir. Dışarıdan gelen yükler plastik akma (geri dönme) ile rahatlama yerine çatlakla yatkın bölgelerde stres birikimine neden olurlar. Ortaya elastik enerji çıkar. Bu elastik enerji yüksek streslerin oluşmasına neden olur ve çatlak gelişimini yönlendirir. Büyük ve keskin yapısal kusurların varlığında bu birikmiş yüksek stresler yüklenme esnasında çok küçük kuvvetlerde bile çatlak gelişmesine neden olacaktır(56).

Kırılgan materyallerin dayanıklılığı çatlaklar ve poröz boşluklar, çatlak yerleşimi, hacim, stres eğimi, stres durumu, geometrisi gibi faktörlerden etkilenir (36).

Seramiklerin, yapım aşamalarında (toz karıştırma ve sıkıştırma, şekillendirme, kurutma, fırınlama, son şekillendirme), ağız ortamında kuvvetlere ve neme maruz kaldıklarında, ısıl genleşme katsayıları uyumsuz tabakalar nedeniyle mikroçatlakların oluşmasından kaçınmak mümkün değildir(16,11,17,55,59). Bu mikroçatlaklar çiğneme sırasında küçük ama devamlı streslere maruz kalırlar(17,59,60,61). Başlangıçta yavaş ilerleyen mikroçatlaklar, üzerlerindeki stres birikimi ve nemli ortamın etkisiyle(10) daha da gelişirler ve kritik boylarına ulaşırlar. Bu noktadan sonra kırılma kaçınılmaz olur(11,17,55,59,60). Her materyalin kendine özgü kritik çatlak boyutu (Kırılma Sertliği Katsayısı) vardır(11,17,56,59,61). Çatlak gelişimi açısından dayanıklılığı etkileyen faktörler(11,17,34,55): Çatlak boyutu, çatlak sayısı ve dağılımı, materyalin Kırılma Sertliği Katsayısı'dır. Core destekli tam seramiklerde, yüzey seramiği ile birleşim yüzeyinde ısıl genleşme katsayısı farkı nedeniyle biriken streslerden kaynaklanan mikroçatlaklar, oluşabilir(17,59).

Dental seramiklerde dayanıklılığı etkileyen faktörler(10,54,55,62): Preparasyon formu(20), destek diş dokusunun durumu(54), restorasyonun formu(16,54) ve uyumu(20), materyalin kendi özellikleri, siman özellikleri(10,20,55,54), okluzal temaslar nedeniyle oluşan stres dağılımı(20), materyalin kalınlığı(16,54), yapım tekniği(62), ısıl hareketler nedeniyle biriken streslerdir(62)

Dental Seramiklerin Dayanıklılıklarını Arttırma Yöntemleri

Ağız ortamında yüksek yüklere maruz kalan dental seramiklerin estetikleri göz ardı edilmeksizin dayanıklılıklarının arttırılabilmesine yönelik birçok yöntem araştırılmıştır(3,9,20,21,28,34,50,63). Geliştirilen yöntemler 4 grupta incelenebilir(3,9):

1-Kimyasal sertleştirme(yüzey işlemleri)

Amaç potasyum iyonlarının sodyum iyonlarıyla yer değiştirmesini sağlayarak seramik yüzeyinde sıkışma kuvvetlerinin oluşturulmasıdır. Bu sayede sıkışmaya daha dirençli olan seramiğin dayanıklılığı artacaktır. Pişirilmiş kronlar platin kap içerisindeki potasyum nitrat solüsyonunda bekletilirler. Bu bekleme süresinin en az 24 ila 48 saat olması gerekmektedir. Dayanıklılıkta % 45 ila 140 arasında artma olduğu belirtilmiştir(64,65,66).

2-Folyelere bağlama

Bu metodun amacı gerilme streslerine neden olabilecek iç yüzeydeki kusurların 2 mm'luk platin folye ile kaplanmasıyla dayanıklılığın arttırılmasını sağlamaktır. İç yüzeyde bırakılan folye bir tür metal destek görevi görür. (örn. Renaissance)

3-Camların kristalizasyonu

Dicor bu gruba örnektir.

4- Dağılma (dispersion) dayanıklıdırma: dental seramiklere kristal eklenmesi:

Dental seramikler, ya metal alt yapı ile desteklenerek yada yapıya cam kristallerinin katılmasıyla elastisitenin arttırılması ve mikro çatlakların önlenmesiyle güçlendirilebilirler(9).

McLean ve Huges(9)% 50 alümina(Al_2O_3) içeren ilk core materyalini geliştirmişlerdir. Bu core materyalinin üzerine uygun ısıl genleşme katsayılı yüzey seramiği pişiriliyordu. Daha sonra Vitadur-N (Vita zahnfabrik, Sachingen, Germany), NBK 1000 (De Trey \ Dentsply Germany), Hi-Ceram (Vita zahnfabrik, Sachingen, Germany), Cerestore, In-Ceram (Vita zahnfabrik, Sachingen, Germany) üretilmiştir.

Alümina seramiğin dayanıklılığı alümina kristallerinin kuvvetlendirici etkisinden kaynaklanmaktadır(20). Fakat klasik sinterize tekniğinde, katılacak alümina miktarında sınırlanma olmaktadır(15). McLean(9,15) dental seramiklerdeki alüminyum içeriğinin ağırlığın %50'sine kadar artırıldığında dayanıklılıklarının da artacağını bulmuştur. O tarihten itibaren dental seramiklerdeki alüminyum içeriğinin daha da arttırılmasına doğru yönelinmiştir(% 70 Hi-Ceram, % 90 In-Ceram, % 100 Procera Al-Ceram). Yeni geliştirilen bir metod sayesinde, alçak viskoziteli eriyik camın imbibisyonuyla yoğunlaştırılan, hafif sinterlenmiş alümina corelar üretilebilmiştir(20). Sonuçta alümina ile güçlendirilmiş seramiklerde %40 olan Al_2O_3

kristalleri oranı,%85 seviyelerine çıkmıştır. Pröbster ve Diehl(31) 1992'de bu yöntem sayesinde altın alaşımlarıyla karşılaştırılabilecek, yüksek eğilme dayanıklılığına sahip yeni bir materyal (In-Ceram) geliştirildiğini bildirmişlerdir(14,15).

Kristal yapı, çatlağın ilerlemek için gereksinimi olan enerjinin artmasına neden olduğundan, çatlak gelişimini engellemekte yada azaltmaktadır(3,17,50). Küçük boyutlarda eklenen bu dirençli cam kristaller, tam seramiklerin yapısını güçlendirir ve restorasyonunu direncini artırır(17,50).

Mikroçatlakları önlemek yada en aza indirmek için seramik yapısına Alümina (Al_2O_3) (Vitadur, Hi-Ceram, In-Ceram, Procera Al-Ceram), Magnezyum oksit (Cerestore), Mika kristalleri (Floramika, Dicor), Zirkonyum oksit (Mirage), Lösit (Optec, Cosmotec 2, IPS-Empress) kristalleri eklenir(3,17,50).

Mikroçatlak, kristalin merkezinden geçemez, ancak etrafından dolaşarak zayıf olan cam yapının içinde ilerleyebilir(17,20). Bu nedenle matris içerisindeki kristal miktarı artırılıp zayıf olan cam yapı miktarı da minimum seviyeye indirilirse, mikroçatlağın ilerleyebilmek için daha fazla kinetik enerjiye sahip olması gerekecektir(17,18,50,67). Alüminyum-oksit bilinen en dayanıklı ve en sert oksittir(39). Ayrıca yüksek elastisite modülüne sahip olduğu için kristal kompozitin (bileşiğın) sertliğini ve esnekliğini yükseltir(29,50).

SONUÇ

Kuron, inley ve veneer yapımı için birçok yüksek dirençli seramik sistemi geliştirilmiştir(6). Fakat bu yapıların hiçbiri köprü yapımı için istenilen dayanıklılığa ulaşamamıştır. Al_2O_3 yapısındaki yüksek dirençli tam seramik sistemler ise anterior ve küçük azılar bölgesindeki posterior üç üyeli köprülere izin vermektedir. Ancak günümüzde gerilme dayanıklılıklarının sınırlı olması nedeniyle kullanım alanları dardır. Bununla birlikte bu sistemlerin dayanıklılıklarının uzun gövdeli ve çok üyeli köprülerin yapımına olanak verecek şekilde arttırılmasına ve sistemlerin eksikliklerinin giderilmesine yönelik birçok çalışmaya ihtiyaç vardır (38,20). Bu sorunlar giderildiğinde tam seramik restorasyonlar sabit protetik restorasyon uygulamalarında daha güvenle kullanılabilirlerdir.

KAYNAKLAR

1. Rinke, S., Hüls, A., Jahn, L.: *Marginal accuracy and fracture strength of conventional and copy milled all ceramic crowns. Int J Prosthodont* 1995;8:4:303-10

2. Rinke, S., Hüls, A.: *Copy milled aluminous core ceramic crowns :A clinical report. J Prosthet Dent* 1996;76:4:343-6
3. Hondrum, S.O.: *A review of the strength properties of dental ceramics. J Prosthet Dent* 1992;67:859-64
4. Kern, M., Schwarzbach, W., Strub, J.R.: *Stability of all-porcelain resin bonded restorations with different designs : an in vitro study. Int J Prosthodont* 1992;5(2):108-113
5. Wohlwend, A., Strub, J.R., Scharer, P.: *Metal ceramic and all-porcelain restorations current considerations. Int J Prosthodont* 1989;2:13-26
6. White, S.N., Caputo, A.A., Vidjak, F.M.A., Seghi, R.R.: *Moduli of rupture of layered dental ceramics. Dent Mater* 1994;10:52-8
7. Jones, D.W.: *Development of dental ceramics. Dent. Clin.* 1985;29:4
8. Phillips, R.W.: *Science of dental materials.* 1991:505-528
9. McLean, J.W.: *The science and art of dental ceramics. Operative Dentistry* 1991;16:149-156
10. Yoshinari, M., Derand, T.: *Fracture strength of all-ceramic crowns. Int J Prosthodont* 1994;7:329-38
11. Bienek, K.W., Marx, R.: *Die mechanische belastbarkeit neuer vollkeramischer kronen-und brückenmaterialien. Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1994;104:284-9
12. Claus, H.: *Das Hi-Ceram-verfahren metallfreie kronen auf einem keramikgerüst. Dental Labor* 1987;4:479-82
13. Andersson, M., Oden, A.: *A new all-ceramic crown. Acta Odontol Scand* 1993;51:59-64
14. Sulaiman, F., Chai, J., Jameson, L.M., Wozniak, W.T.: *A comparison of the marginal fit of In-Ceram, IPS Empress, and Procera crowns. Int J Prosthodont* 1997;10:478-84
15. Ludwig, K.: *Studies on the ultimate strength of all-ceramic crowns. Dent Labor* 1991;5:647-51
16. Seghi, R.R., Denry, I.L., Rosenstiel, S.F.: *Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics. J Prosthet Dent* 1995;74:145-50
17. Pröbster, L.: *Compressive strength of two modern all-ceramic crowns. Int J Prosthodont* 1992;5(5):409
18. Eichner, V.K.: *Messung der krafte bei kauvorgangen. Dtsch Zahnarztl Z* 1963;17:915-24
19. Grey, N.J.A., Piddock, V., Wilson, M.A.: *In vitro comparison of conventional crowns and a new all-ceramic system. J Dent* 1993;21:47-51

20. Josephson, B.A., Schulman, A., Dunn, Z.A., Hurwitz, W.: A compressive strength study of complete ceramic crowns-Part II. *J Prosthet Dent* 1991;65:388-91
21. Hammad, I.A., Talic, F.Y.: Designs of bond strength test for metal-ceramic complexes: review of the literature. *J Prosthet Dent* 1996;75:6:602-8
22. Smith, T.B., Kelly, J.R.: In-vitro failure behaviour of ceramic and metal-ceramic restorations. *J Prosthodont* 1994;3:3:138-44 [ABS]
23. Wall, J.G., Cipra, D.L.: Alternative crown systems. Is the metal ceramic crown always the restoration of choice? *Dent Clin* 1992;36:765-83
24. Kern, M., Douglas, W.H., Fehchtig, T., Strub, J.R., DeLong, R.: Fracture strength of all-porcelain, resin bonded bridges after testing in an artificial oral environment. *J Dent* 1993;21:117-121
25. Pospiech, P., Rammelsberg, P., Goldhofer, G., Gernet, W.: All-ceramic resin bonded bridges. A 3-dimensional finite-element analysis study. *J Oral Sci* 1996;104:4(Pt 1):390-5 [ABS]
26. Scotti, R., Catapano, S., D'Elia, A.: A clinical evaluation of In-Ceram crowns. *Int J Prosthodont* 1995;8:320-23
27. Wagner, W.C.: Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. *J Prosthet Dent* 1996;76:140-4
28. Giordano, R.A., Pelletier, L., Campbell, S., Pober, R.: Flexural strength of an infused ceramic, glass ceramic and feldspahhic porcelain. *J Prosthet Dent* 1995;73:411-8
29. Maier, H.J.: In-Ceram bridges natural translucence and strength-without metal. *J Can Dent Assoc* 1991;57(6):473
30. Pröbster, L., Diehl, J.: Slip-casting alumina ceramics for crown and bridge restorations. *Quintessence Int* 1992;23:1
31. Strub, J.R.: Vollkeramische systeme. *Dtsch Zahnarzt Z* 1992;47:566-71
32. Burke, F.J.T., Watts, D.C.: Fracture resistance of teeth restored with dentin bonded crowns. *Quintessence Int* 1994;25:5:335-40
33. Rosenstiel, S.F., Porter, S.S.: Apparent fracture toughness of all-ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 1989;62:529-32
34. Castellani, D., Baccetti, T., Giovannoni, A., Bernardini, D.U.: Resistance to fracture of metal ceramic and all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1994;7:149-54
35. Ban, S., Anusavice, K.J.: Influence of test method on failure stress of brittle dental materials. *J Dent Res* 1990;69(12):1791
36. Kelly, J.R., Nishimural., Campbell, S.D.: Ceramics in dentistry: Historical roots and current perspectives. *J Prosthet Dent* 1996;75:18-32
37. McCormick, J.T., Rowland, W., Shillingburg, Jr, H.T., Duncanson, Jr, M.G.: Effect of luting media on the compressive strengths of two types of all-ceramic crown. *Quintessence Int* 1993;24(6):405-8
38. Dickinson, A.J.G., Moore, B.K., Harris, R.K., Dykema, R.W.: A comparative study of the strength of aluminous porcelain and all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 1989;61:297-304
39. Ferro, K.J., Myers, M.L., Graser, G.N.: Fracture strength of full-contoured ceramic crowns and porcelain-veneered crowns of ceramic copings. *J Prosthet Dent* 1994;71:462-67
40. Hondrum, S.O., O'Brein, W.J.: The strength of alumina and magnesia core crowns. *Int J Prosthodont* 1988;1(1):67-72
41. Hondrum, S.O.: The strength of cemented alumina core and magnesia core crowns. *Int J Prosthodont* 1988;1(2):190-95
42. McLean, J.W., Kedge, M.I.: High-strength ceramics. *Quintessence Int* 1987;18:97-106
43. Williamson, R.T., Kovarik, R.E., Mitchell, R.J.: Effect of grinding polishing, and overglazing on the flexure strength of a high-leucite feldspathic porcelain. *Int J Prosthodont* 1996;9:30-7
44. Claus, H.: VITA In-Ceram, a new system for producing aluminium oxide crown and bridge substructures. *Quintessenz Zahntechnik* 1990;16:35-46
45. Lüthy, H., Dong, J.K., Wohlwend, A., Scharer, P.: Effects of veneering and glazing on the strength of heat-pressed ceramics. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1993;103:1257-60
46. El-Sherif, M., Jacobi, R.: The ceramic reverse three-quarter crown for anterior teeth:preperation design. *J Prosthet Dent* 1989;61:4-6
47. Kappert, H.F., Knode, H., Schultheiss, R.: Festigkeitsverhalten der In-Ceram keramik bei mechanischer und thermischer wechsellast im kunstspeichel. *Dtsch Zahnarzt Z* 1991;46:129-31
48. Futterknecht, N., Jinoian, V.: A renaissance of ceramic prosthetics? *Quintessence Dent Techn* 1992 Special reprint
49. Levy, H.: Working with the In-Ceram porcelain system. *Prothese Dentaire* 1990:44-45
50. Sorensen, J.A., Knode, H., Torres, T.J.: In-Ceram all-ceramic bridge technology. *Quintessence Dent Techn* 1992 Special reprint

51. Rijk, W.G.: *The fracture resistance of all-ceramic crowns on supporting structures with different elastic moduli. Int J Prosthodont* 1993;6(5):462-67
52. Shearer, B., Grough, M.B., Setchell, D.J.: *Influence of marginal configuration and porcelain addition on the fit of In-Ceram crowns. Biomaterials* 1996;17(19):1891-5
53. Scherrer, S.S., Rijk, W.G.: *The effect of crown length on the fracture resistance of posterior porcelain and glass ceramic crowns. Int J Prosthodont* 1992;5(6):550-70
54. Thompson, J.Y., Anusavice, K.J., Naman, A., Morris, H.F.: *Fracture surface characterization of clinically failed all-ceramic crowns. J Dent Res* 1994;73(12):1824-32
55. Kelly, J.R., Giordano, R., Pober, R., Cima, M.J.: *Fracture surface analysis of dental ceramics: clinically failed restorations. Int J Prosthodont* 1990;3:430-40
56. White, S.N., Zhao, X.Y., Zhaokun, Y., Li, Z.C.: *Cyclic mechanical fatigue of a feldspathic dental porcelain. Int J Prosthodont* 1995;8:5:413-20
57. Rosenstiel, S.F., Porter, S.S.: *Apparent fracture toughness of metal ceramic restorations with different manipulative variables. J Prosthet Dent* 1989;61:185-91
58. Mora, P.G., O'Brien, W.: *Thermal shock resistance of core reinforced all-ceramic crown systems. J Biomed Mater Res* 1994;28(2):189-94
59. Edwards, M.R., Jacobsen, P.H., Williams, G.J.: *The three point beam test for the evaluation of dental porcelain. J Dent Res* 1983;62(10):1086-1088
60. Brackett, S.E., Leary, J.M., Turner, K.A., Jordan, R.D.: *An evaluation of porcelain strength and the effect of surface treatment. J Prosthet Dent* 1989;61:446-51
61. Naylor, W.P., Munoz, C.A., Goodacre, C.J., Swartz, M.L., Moore, B.K.: *The effect of surface treatment on the knoop hardness of dicor. Int J Prosthodont* 1991;4:147-151
62. Piddock, V., Qualtrough, A.J.E., Brough, I.: *An investigation of an ion strengthening paste for dental porcelains. Int J Prosthodont* 1991;4(2):132.
63. Ener, C.: *Denel fizik. İÜ.Fen Fakültesi Basımevi, İstanbul, 1976, P: 32-63.*
64. Skinner, E.W., Phillips, R.W.: *The Sciences of dental materials. 5th Ed, WB Saunders Co, Philadelphia, London, 1966,P: 11.*
65. Zaimoğlu, A., Can, G., Ersoy, E., Aksu, L.: *Dişhekimliğinde maddeler bilgisi. AÜ Basımevi, Ankara, 1993, P:515.*