

Tekrarlanan fırınlamaların zirkonyanın bükülme dayanımı üzerine etkisi

The effect of the repeated firings on the biaxial flexural strength of zirconia

Dr. Dt. Fehmi Gönüldaş
Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye
Orcid ID: 0000-0002-4009-3972

Dr. Öğr. Üyesi Caner Öztürk
Mustafa Kemal Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Hatay, Türkiye
Orcid ID: 0000-0001-9549-2770

Geliş tarihi: 16 Ocak 2018

Kabul tarihi: 13 Eylül 2018

doi: 10.5505/yeditepe.2019.88598

Yazışma adresi:

Dr. Öğr. Üyesi Caner Öztürk
Mustafa Kemal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi A.D. Hatay- TÜRKİYE
Telefon: +90 505 758 98 34
Fax: +90 326 245 50 60
E-posta: caner_ozturk86@hotmail.com

ÖZET

Amaç: Zirkonya restorasyonlarda görülen başarısızlıklar genellikle tabakalama seramiğinde atma şeklinde meydana gelse de altyapı materyalinde de geri dönüşümsüz kırılmalar meydana gelebilmektedir. Tekrarlanan fırınlama işlemlerinin, zirkonyanın kimyasal yapısını oluşturan temel elementlerde ve mekanik özelliklerinde nasıl bir etki meydana getirdiği tam olarak bilinmemektedir. Bu çalışmanın amacı tekrarlanan fırınlamaların zirkonya altyapılarında meydana gelen elementsel değişiklikler ve mekanik özellikler üzerine etkisinin değerlendirilmesidir.

Gereç ve Yöntem: Altmış adet, 1 mm kalınlığında ve 10 mm çapında zirkonya tam seramik örnek pre-sinterize blok kulllanılarak CAD/CAM sistemi ile üretildi. Tekrarlanan fırınlama prosedürü gruplara göre örnekler 900°C'de ilave fırınlamalar uygulanarak tamamlandı. Zirkonya yapısında meydana gelen elementsel değişiklikler XRF spektrometre cihazı kullanılarak tespit edildi. Zirkonya örneklerde meydana gelen bükülme dayanımı değişiklikleri biaksiyal bükülme dayanımı testi ile tespit edildi.

Bulgular: Materyal yapısında zirkonyum elementinde meydana gelen değişikliklerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, itrium elementinde meydana gelen değişikliklerin ise anlamlı olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Gruplar arasında ortalama bükülme dayanımı değerleri arasındaki farkın anlamlı olmadığı tespit edildi.

Sonuç: Tekrarlanan fırınlama işlemleri materyal yapısındaki itrium elementi oranını anlamlı şekilde değiştirmiştir, fakat bu değişimin materyalin biaksiyel bükülme dayanımı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Tekrarlanan fırınlamalar, XRF, zirkonya.

SUMMARY

Aim: Failure of zirconia restorations usually occurs in veneering ceramics as chipping, but catastrophic failures can also occur in the zirconia substructure. The effect of the repeated firings on the mechanical properties and chemical structure of zirconia is uncertain. The purpose of the study was to evaluate the effect of repeated firings on the mechanical properties and elemental changes of zirconia substructure.

Materials and Methods: Sixty samples, 1 mm thickness and 10 mm in diameter, were produced with the CAD/CAM system using the pre-sintered zirconia blocks. Repeated firing procedure were completed by applying additional firings at 900 °C according to the groups. Elemental changes in the zirconia structure were determined using XRF analysis. The changes in the flexural strength of the zirconia samples were determined by the biaxial flexural strength test.

Results: Changes in the zirconia element in the material structure were not statistically significant, while those in the itrium element were found to be significant($p<0.05$). It was found that the differences between the mean flexural strength values of the groups were not significant.

Conclusion: Repeated firings significantly altered the ratio of the itrium element in zirconia materials, but it has been found that these changes didn't have significant effect on the flexural strength of zirconia.

Keywords: Repeated firings, XRF, zirconia.

GİRİŞ

Metal destekli porselen restorasyonlar yüksek dirençleri ve marjinal adaptasyonlarına bağlı olarak gösterdikleri uzun dönem başarıları sebebiyle, sabit protetik tedavi uygulamaları için hala standart tedavi prosedürü olarak kabul edilse de, hastaların estetik beklentilerinin artması, metal desteksiz restorasyonların gelişimini ve kullanımını gündeme getirmiştir.¹ CAD/CAM teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, metal destekli restorasyonlara alternatif olarak, yüksek kırılma dayanımına sahip zirkonya tam seramik restorasyonlar kullanılmaya başlanmıştır.² Dental uygulamalarda zirkonya genellikle 3 mol % itrium oksit (Y₂O₃) ile stabilize edilerek kullanılmaktadır.³ İtrium ile stabilize tetragonal zirkonya polikristali (Y-TZP) diğer seramik materyallerle karşılaştırıldığında düşük kalınlıklarda bile yüksek mekanik özelliklere sahiptir.⁴ Stres altında Y-TZP yüzey yapısında, yüksek enerjili tetragonal fazdan düşük enerjili monoklinik faza dönüşüm gerçekleşir ve monoklinik fazın tetragonal fazdan hacim olarak daha geniş olması sebebiyle, materyal yapısında % 3-4 arasında hacimsel bir artış oluşur. Bu hacimsel genişleme materyal yapısında kırık oluşumunu engeller ve bu olaya dönüşüm güçlenmesi adı verilir.⁵ Eğer faz dönüşümü yaşlanma, stres gibi etkilere bağlı olarak devam ederse materyal yapısında mikro ve makro kırıklar oluşabilir ve materyal direnci düşer.⁶ Literatürde yaşlanma ile birlikte tetragonal taneciklerin yüzeyinde Y₂O₃ partiküllerinin bulunmadığı ve bozunmaya uğramış zirkonya yapısında itriumun aktivitesinin düştüğü belirtilmiştir.⁷

Y-TZP seramikler polikristalin yapılarına bağlı olarak düşük translusensi özelliklerine sahiptir.⁸ Zirkonya materyali kullanılarak elde edilen monolitik kronlar posterior restorasyonlar için uygun olsa da, estetik gereksinimlerin fazla olduğu anterior restorasyonlar için kullanımları genellikle uygun değildir.⁹ Bu sebeple ideal estetik restorasyonların elde edilebilmesi için Y-TZP seramik altyapı materyali üzerine feldspatik porselenler uygulanarak geleneksel tabakalama tekniği ile estetik restorasyonlar elde edilebilir.¹⁰ Tabakalama materyalinin uygulanması restorasyonun estetik özelliklerini artırırken, direncini düşürür, ayrıca zirkonya üzerine uygulanan ısıtma ve soğutma prosedürleri ve yüzey uygulamaları da restorasyonun direncini etkileyebilir.¹¹⁻¹³ Zirkonya restorasyonlarda görülen başarısızlıklar genellikle tabakalama seramiğinde meydana gelen kırılmalar veya zirkonya ile seramik yüzeyinde meydana gelen bağlantı problemleri olsa da, altyapı materyalinde geri dönüşümsüz kırılmalar meydana gelebilmektedir.¹⁴

Zirkonya yapısının 250 °C 'ye kadar olan sıcaklıklardan etkilenmediği rapor edilmiştir,¹⁵ fakat üretici firma önerileri doğrultusunda zirkonya altyapı seramikleri tabakalama işlemi boyunca çeşitli fırınlama işlemine tabi tutulurlar (liner uygulaması, dentin, glaze vb.) ve 680°C ile 1000 °C arasında değişen sıcaklık değerlerine maruz kalır ve soğurlar. Daha önce yapılan çalışmalarda tekrarlanan fırınlamalar ve sıcaklık değişikliklerinin tabakalama seramiğinin mekanik ve optik özellikleri üzerine etkileri incelenmişken,¹⁶⁻²⁰ zirkonya altyapısının üzerinde meydana getirdiği elementel ve mekanik değişiklikler üzerine yapılan yeterli sayıda çalışma mevcut değildir. Fırınlama işlemlerinin, zirkonyanın kimyasal yapısını oluşturan temel elementlerde ve mekanik özelliklerinde nasıl bir etki meydana getirdiği tam olarak bilinmemektedir.

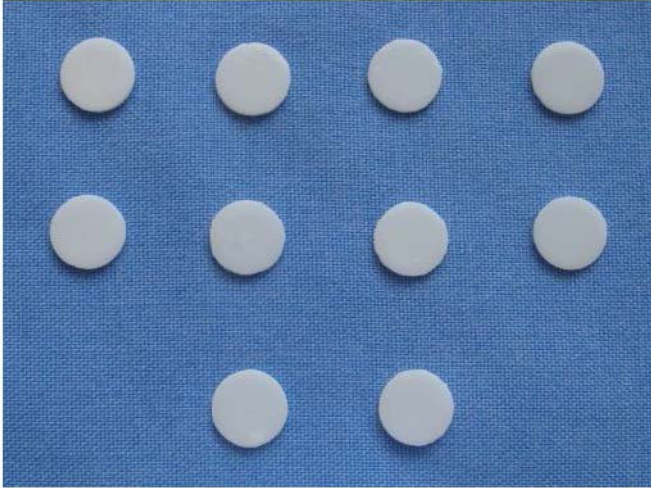
Herhangi bir madde üzerine düşen fotonlar; atomun bağlı elektronlarından bir tanesine, enerjisinin tümünü aktararak atomun iyonlaşmasına neden olur. Bu olaya "fotoelektrik olay", yörüngesinden koparılan elektrona da "fotoelektron" denir.²¹ Bunun sonucu yörüngede oluşan boşluğa diğer üst yörüngelerdeki elektron geçişleri sonucu atoma ait karakteristik bir x-ışını yayılır. Her element için spesifik olan bu ışımaya "floresans" denir.^{22,23} X-ışını floresans (XRF) analizi hızlı, analizi yapılan nesnelere üzerinde herhangi bir tahribat oluşturmayan, çok yüksek doğruluk ve kesinlik ile sonuç veren bir metodudur. Berilyum'dan Kalifornyum'a periyodik cetveldeki tüm elementler; toz, katı ve sıvı halde kalitatif, yarı-kantitatif ve kantitatif olarak ve %100'e yakın konsantrasyonlarda herhangi bir seyreltme olmadan, direkt olarak analiz edilebilirler. XRF spektrometreler ile ppm gibi çok küçük konsantrasyonlar veya %100'e yakın yüksek konsantrasyonların her ikisi de herhangi bir seyreltme işlemi olmaksızın direkt olarak analiz edilebilirler. Tipik olarak tayin sınırları 0,1 ppm'den 10 ppm'e kadardır.²³

Bu çalışmanın amacı tekrarlanan fırınlamaların zirkonya altyapılarında meydana gelen elementel değişiklikler ve mekanik özellikler üzerine etkisinin değerlendirilmesidir. "Tekrarlanan fırınlamalar zirkonyanın elementel yapısını etkilemektedir" ve "Tekrarlanan fırınlamalar zirkonyanın bükülme dayanımı olumsuz etkiler" hipotezleri bu çalışmanın hipotezleridir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada 60 adet zirkonya tam seramik örnek, pre-sinterize blok (Whitepeaks Dental Solution, Essen, Almanya) kullanılarak CAD/CAM sistemi ile üretildi. Örneklerin tasarlanmasında bilgisayar destekli bir yazılım programı (Dentalwings Client Software, Dental-Wings Inc., Montreal, Kanada) ve bilgisayar destekli bir millleme ünitesi (Yenadent D40 CAM unit, Yenadent, ZenoTec, İstanbul, Türkiye) kullanıldı. Üretici firmanın tavsiyeleri doğrultusunda olası hacimsel küçülme miktarı hesaplanarak hazırlanan zirkonya örnekler 1400 °C'de 8 saat süreyle sinter fırınında

(Zirkonofen 600, Zirconsahn, Bruneck, İtalya) sinterlendi ve final boyutu 1 mm kalınlığında ve 10 mm çapında olan disk şeklinde örnekler elde edildi (Resim 1).



Resim 1. Disk şeklinde hazırlanmış zirkonya örnekler.

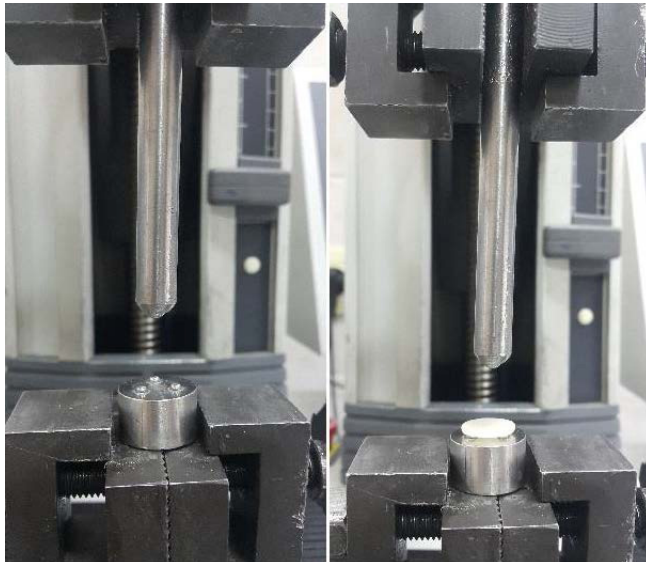
Örneklerin boyutları dijital bir mikrometre kullanılarak kontrol edildi ve örnekler standart fırınlama prosedürleri uygulandı. Tekrarlanan fırınlama sayılarına göre zirkonya örnekler kontrol grubu, 1, 3, 5, 7 ve 9 kez tekrarlanan fırınlama olmak üzere 6 alt gruba (n=10) ayrıldı. Tekrarlanan fırınlama prosedürü için gruplara göre örnekler (Vacumat 40T Vita Zahnfabrik, Bed Sackingen, Almanya) 900 °C'de ilave fırınlamalar uygulandı.

Elementsel Analiz

Tekrarlanan fırınlamalara bağlı olarak zirkonya yapısında meydana gelen elementsel değişiklikler XRF spektrometre (Spectro X LAB. 2000, Kleve/Almanya) cihazı kullanılarak tespit edildi. Her örnek için ayrı ölçümler yapılarak ortalama değerler hesaplandı.

Bükülme Dayanımı

Tekrarlanan fırınlamalara bağlı olarak zirkonya örneklerde meydana gelen bükülme dayanımı değişiklikleri universal test cihazı (LRX, Lloyd Instruments Ltd., Hampshire, İngiltere) kullanılarak biaksiyal bükülme dayanımı testi ile tespit edildi (Resim 2).



Resim 2. Biaksiyal bükülme dayanım test düzeneği.

Örneklere 1 mm/dk ilerleme hızı ile örnekler kırılana kadar kuvvet (N) uygulandı. Biaksiyal bükülme dayanımı aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplandı;

$$S = -0.2387P (X-Y)/b2$$

$$X = (1+v) \ln(r2/r3)^2 + [(1-v)/2](r2/r3)^2$$

$$Y = (1+v)[1 + \ln(r1/r3)^2] + (1-v)(r1/r3)^2$$

S= Biaksiyal bükülme dayanımı (MPa)

P= Kırılma kuvveti (N)

d= Örnek kalınlığı (1 mm)

v= Poisson oranı (0,25)

r1= destek kürelerin oluşturduğu dairenin yarı çapı (5mm)

r2= piston yarıçapı (1mm)

r3= örnek yarıçapı (5 mm)

Elde edilen verilerin dağılımlarının normalliği Shapiro-Wilks testi ile değerlendirildi ve veri dağılımının normal olduğu tespit edildi. Verilerin karşılaştırması One-way Anova testi ve post-hoc LSD testi ile p<0.05 anlamlılık düzeyinde bir bilgisayar yazılımı (SPSS version 19, SPSS, IBM, Chicago, ABD) kullanılarak tespit edildi.

BULGULAR

Gruplarda, zirkonya seramik yapısındaki Zirkonyum (Zr) ve İtriyum(Y) elementinde meydana gelen değişiklikler Tablo 1 ve 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Tekrarlanan fırınlamalara bağlı zirkonya örneklerin yapısındaki "Zr" elementinde meydana gelen değişiklikler.

Fırınlamalar	N	Ortalamalar (ppm)	Std. Sapma	Std. Hata
Kontrol grubu	10	303580,0	142021,64	44911,18
1 kez fırınlama	10	425060,0	143804,62	45475,02
3 kez fırınlama	10	339620,0	153187,85	48442,26
5 kez fırınlama	10	428160,0	118052,54	37331,49
7 kez fırınlama	10	360900,0	162978,57	51538,34
9 kez fırınlama	10	279630,0	131602,60	41616,39

Materyal yapısında zirkonya elementinde meydana gelen değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, İtriyum elementinde meydana gelen değişikliklerin ise anlamlı olduğu tespit edilmiştir (p<0,05) (Tablo 2).

Tablo 2. Tekrarlanan fırınlamalara bağlı zirkonya örneklerin yapısındaki "Y" elementinde meydana gelen değişiklikler.

Fırınlamalar	N	Ortalamalar (ppm)	Std. Sapma	Std. Hata	P
Kontrol grubu	10	14641,40	7175,24	2269,01	
1 kez fırınlama	10	22136,00	4520,00	1429,35	0,002*
3 kez fırınlama	10	21691,00	4698,97	1485,94	0,004*
5 kez fırınlama	10	21655,00	5591,09	1768,05	0,004*
7 kez fırınlama	10	18590,00	4766,89	1507,42	0,096
9 kez fırınlama	10	15974,00	3590,50	1135,41	0,537

*p<0,05 (Kontrol grubu ile arasındaki anlamlı farkı ifade eder).

Gruplardan elde edilen biaksiyal bükülme dayanımı değerleri Tablo 3'de gösterildi. Gruplar arasında ortalama bükülme dayanımı değerleri arasındaki farkın anlamlı olmadığı tespit edildi.

Tablo 3. Tekrarlanan fırınlamalara bağlı biaksiyal esneklik direnci değerlerinde meydana gelen değişiklikler.

Fırınlamalar	N	Ortalamalar (MPa)	Std. Sapma	Std. Hata
Kontrol Grubu	10	642,51	115,75	36,60
1 kez fırınlama	10	690,00	102,72	32,48
3 kez fırınlama	10	674,63	173,38	54,82
5 kez fırınlama	10	660,34	121,08	38,29
7 kez fırınlama	10	718,78	148,11	46,83
9 kez fırınlama	10	748,88	143,45	45,36
Total	60	689,19	135,13	17,44

TARTIŞMA

Çalışmamızın "Tekrarlanan fırınlamalar zirkonyanın elementel yapısını etkilemektedir" hipotezi kabul edilmişken, "Tekrarlanan fırınlamalar zirkonyanın bükülme dayanımı olumsuz etkiler" hipotezi reddedilmiştir. Bu çalışmanın sonucuna göre tekrarlanan fırınlamaların zirkonya materyalinin yapısındaki itriyum elementinin miktarı üzerine anlamlı bir etkisi olmuştur. Tekrarlanan fırınlamalar sonrasında materyal yapısındaki itriyum miktarı kontrol grubuna göre oransal olarak artmıştır, fakat 7. ve 9. tekrarlanan fırınlamadan sonra meydana gelen artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Tekrarlanan fırınlamaların zirkonyanın biaksiyal bükülme direnci üzeri-

ne ise anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Çalışmamızda kimyasal yapı analizi X-ışını floresans (XRF) spektrometre kullanılarak XRF analizi ile yapılmıştır. XRF tekniğinin, arkeoloji ve sanatta pek çok objenin analizinde başarı ile uygulanmış, güçlü ve geniş kullanım alanına sahip bir teknik olduğu bildirilmiştir.²⁴ Bu metot diğer analiz metotlarına göre daha hızlı, hassas, hata payı oldukça az, doğru sonuçlar veren, tahribatsız ve ekonomik bir yöntemdir.²⁴ Benzer yapı analiz teknikleri olan XRD, TEM (Transmission Electron Microscope) ve RAMAN spektroskopisi yerine XRF spektrometre tercih edilmiştir. Örnek hazırlama kolaylığı, analizin hızlı olması, doğru, güvenilir ve hassas sonuçlar vermesi, ayrıca analizi yapılan örneklerde tahribat meydana getirmemesi nedeniyle bu çalışmada XRF analizinin kullanımı uygun görülmüştür.^{24,25} XRF spektrometre ile yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde ise, bu analiz tekniğinin avantajları daha iyi anlaşılmaktadır.^{24,25}

Literatürde, zirkonya seramiklere uygulanan ısı işlemlerin materyalin yapısında herhangi bir değişikliğe sebep olmadığını belirten çalışmalar mevcuttur.^{26,27} Çalışmamızda ise materyal yapısındaki itriyum elementinin, tekrarlanan fırınlamalar sonucunda oransal olarak anlamlı ölçüde değiştiği tespit edilmiştir. Kontrol grubunla kıyaslandığında 1, 3 ve 5. fırınlamalar sonucunda materyalin yapısındaki itriyum oranı artmışken, zirkonyum elementinin oransal değişikliklerinin ise anlamlı olmadığı görülmüştür. Restorasyona uygulanan ısı işlemlerin zirkonya materyalinin mekanik özellikleri üzerine herhangi bir etkisi olmadığını belirten çalışmalar mevcut olsa da,^{8,18} estetik nedenlerle ile tabakalama tekniği uygulanan zirkonya kor altyapıların kırılma ve bükülme dayanımlarının fırınlama siklusuna ve sayısına bağlı olarak azaldığı da belirtilmiştir.^{28,29} Zirkonyanın mekanik özelliklerindeki bu zayıflamanın, materyalin üretim aşamasında, materyal yapısında oluşan streslerin sıcaklık değişimlerine bağlı olarak serbest hale geçmesi ile faz dönüşümüne sebep olması sonucu meydana geldiği belirtilmiştir.^{28,29} Lange ve arkadaşları⁷ ise yapmış oldukları bir çalışmada, tetragonal-monoklinik faz dönüşümüne uğramış zirkonyanın yapısındaki itriyum miktarının azalması ve daha az aktif hale gelmesi ile materyal yapısının zayıfladığını belirtmişlerdir. Öte yandan literatür incelendiğinde tekrarlanan fırınlamalar ve yüzeye uygulanan ısı işlemlerin zirkonya üzerine etkilerinin inceleyen çalışmalarda örneklere final sinterleme sonrası yüzey işlemlerinin (kumlama, aşındırma, yaşlandırma) uygulandığı görülmektedir.^{6,7,13,18,26,27,29} Marit ve arkadaşları²⁸ yapmış oldukları çalışmada 1. fırınlamadan sonraki tekrarlayan fırınlama prosedürlerinin materyalin özellikleri üzerine anlamlı bir etkisinin olmadığını ve 1. fırınlama ile diğer fırınlamalar arasındaki farkın ise örneklere sinterleme işlemi sonrası uygulanan farklı mekanik işlemlerin sonucu olarak meydana geldiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda tekrarlanan

fırınlama işlemlerine bağlı olarak materyal yapısındaki itriyum oranı kontrol fırınlamasından sonra artmış, ancak 7. ve 9. tekrarlanan fırınlamalardan sonra meydana gelen artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir, materyalin bükülme dayanımında ise anlamlı bir değişiklik olmamıştır. Bükülme dayanımında herhangi bir değişiklik olmaması itriyum oransal olarak değişikliğinin materyalin bükülme dayanımını etkileyecek boyutta olmaması veya oransal değişikliklerin aslında itriyuma bağlı olarak değil materyal yapısındaki diğer elementlerdeki değişiklikler ile meydana gelmesi ve sinterleme işlemi sonrası örneklere herhangi bir mekanik işlemin uygulanmaması ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca zirkonyum elementinde meydana gelen değişikliklerin anlamlı olmaması ise materyalin ana yapısının zirkonyum elementinin oluşturması ve bu oranın diğer elementlere meydana gelen değişimlerden anlamlı olarak etkilenmemesi ile ilişkilendirilebilir.

Sinterlenmiş zirkonya restorasyonlara uygulanan yüzey işlemlerine, oklüzal uyumlamalara ve restrasyonun daha iyi oturması için uygulanan aşındırma işlemlerine bağlı olarak materyal yüzeyinde oluşan stres faz dönüşümlerini tetikler. Yüzey işlemleri sonrası oluşan faz dönüşümü ile birlikte dönüşüm güçlenmesinin gerçekleşmesi materyalin kırılma dayanımının artmaktadır.³⁰ Fakat bu güçlenme mekanizmasının değişen faz yapısı ve hacim ile doğrudan ilişkili olduğu, buna bağlı olarak materyalin yaşlanmaya ile birlikte zayıflayabileceği de bildirilmiştir.³¹ Zirkonya restorasyonlara uygulanan rejenerasyon fırınlaması ile yüzey işlemlerine bağlı olarak oluşan faz dönüşümü geri çevirebilir.³² Üretici firmalar, yüzey işlemlerinin materyalin mekanik özellikleri üzerindeki negatif ya da pozitif etkilerini göze alınmaksızın, tamamen tetragonal faza sahip daha güvenilir zirkonya restorasyonlar elde edilebilmesi için yüzey işlemleri uygulandıktan sonra zirkonya materyaline rejenerasyon fırınlaması uygulanmasını tavsiye etmektedir.³² Rejenerasyon fırınlaması ile monoklinik fazdan tetragonal faza dönüşüm gerçekleşir ve materyalin bükülme dayanımı azalabilir, fakat daha stabil bir zirkonya elde edilmiş olur.¹³ Çalışmamızda tekrarlanan fırınlamalar sonucunda materyalin kırılma dayanımının değişmemesi, örneklere herhangi bir yüzey işlemi uygulanmaması ve fırınlamaların materyal yapısında oluşturduğu aynı rejeneratif etkiyle ilişkilendirilebilir.

Klinik uygulamalarda zirkonya alt yapı materyali veya monolitik olarak, iki farklı şekilde kullanılabilir,³³ Zirkonya yüksek opasitesinden dolayı düşük estetik özelliklere sahiptir ve bu nedenle estetik gereksinimlerin olduğu uygulamalarda altyapı materyali olarak kullanılmaktadır.³³ Restorasyonun başarısı ise sadece alt yapıya değil tabakalama seramiğinin de başarısına bağlıdır. Tabakalama porseleminde meydana gelen başarısızlığın ortadan kaldırılması için monolitik zirkonya restorasyonlar kullanılabilir.³⁴ Monolitik zirkonya bloklarla tabakalama seramiğine

gerek kalmaksızın restorasyonlar elde etmek mümkündür. Yüksek esneklik ve kırılma dayanımı sayesinde posterior bölgede interokluzal mesafenin yetersiz olduğu durumlarda bile (0,5 mm) başarıyla kullanılabilir. Fakat monolitik zirkonya restorasyonlar, cam seramik restorasyonlara göre daha düşük translusensi özelliklerine sahiptir. Restorasyon kalınlık değişimlerine bağlı translusensi değişimlerine ise daha az hassastır.³⁵ Ayrıca monolitik restorasyonlar, alt yapı materyali olarak kullanılan zirkonyadan farklı olarak doğrudan ağız içi ortamıyla etkileşim halindedir ve bu durumun materyal yapısındaki faz dönüşümüne ve uzun dönem klinik başarısına etkisi ile ilgili yeterli çalışma mevcut değildir.^{33,35} Bu sebeple çalışmamızda estetik gereksinimler de göz önünde alınarak alt yapı materyali olarak kullanılan zirkonyanın özellikleri üzerinde tekrarlanan fırınlamaların etkisi incelenmiştir.

Restorasyonlarda meydana gelen kırılmalar genellikle yüzeye yakın bölgelerde meydana gelen defektlerden kaynaklanmaktadır. Dental restorasyonlarda tabakalama materyali altyapı materyalinin dış yüzeyinin tamamen kaplar ve bu iki farklı materyal diğeri üzerinde etkilidir.³⁴ Tabakalama seramiği restorasyonun bükülme dayanımını etkilese de, altyapı materyali yüzeyinde oluşan değişimler hakkında yeterli bilgi mevcut değildir.^{36,37} Ayrıca tekrarlanan fırınlamaların zirkonya materyali yapısında, ağız içi şartlarda meydana gelecek olan yaşlanmaya ve uzun dönem başarısına etkisini bu in-vitro çalışmada değerlendirmek mümkün değildir. Bu sebeple daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

SONUÇLAR

Bu çalışmanın limitleri dâhilinde; tekrarlanan fırınlama işlemlerinin sadece materyal yapısındaki itriyum elementi oranını anlamlı şekilde değiştirdiği, fakat bu değişimin materyalin biaksiyel bükülme dayanımı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. Walton TR. The up to 25-year survival and clinical performance of 2,340 high gold-based metal-ceramic single crowns. *Int J Prosthodont* 2013; 26: 151-160.
2. Griggs JA. Recent advances in materials for all-ceramic restorations. *Dent Clin N Am* 2007; 51: 713-727.
3. Deville S, Gremillard L, Chevalier J, Fantozzi G. A critical comparison of methods for the determination of the aging sensitivity in biomedical grade yttria-stabilized zirconia. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2005; 72: 239-245.
4. Salazar Marocho SM, Studart AR, Bottino MA, Bona AD. Mechanical strength and subcritical crack growth under wet cyclic loading of glass-infiltrated dental ceramics. *Dent Mater* 2010; 26: 483-490.
5. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater* 2008; 24: 299-307.
6. Siarampi E, Kontonasaki E, Andrikopoulos KS, Kantiranis N, Voyiatzis GA, et al. Effect of in vitro aging on the

flexural strength and probability to fracture of Y-TZP zirconia ceramics for all-ceramic restorations. *Dent Mater* 2014; 30: e306-316.

7. Lange FF, Dunlop GL, Davis BI. Degradation during aging of transformation toughened ZrO₂-Y₂O₃ materials at 250 °C. *J Am Ceram Soc* 1986; 69: 237-240.

8. Vichi A, Louca C, Corciolani G, Ferrari M. Color related to ceramic and zirconia restorations: a review. *Dent Mater* 2011; 27: 97-108.

9. White SN, Miklus VG, McLaren EA, Lang LA, Caputo AA. Flexural strength of a layered zirconia and porcelain dental all-ceramic system. *J Prosthet Dent* 2005; 94: 125-131.

10. Belli R, Frankenberger R, Appelt A, Schmitt J, Baratieri LN, et al. Thermal-induced residual stresses affect the life-time of zirconia-veneer crowns. *Dent Mater* 2013; 29: 181-190.

11. Siavikisa G, Behr M, van der Zel JM, Feilzer AJ, Rosentritta M. Influence of Heat Treatment and Veneering on the Storage Modulus and Surface of Zirconia Ceramic. *Eur J Dent* 2011; 5(2): 191-198.

12. Balkaya MC, Cinar A, Pamuk S. Influence of firing cycles on the margin distortion of 3 all ceramic crown systems. *J Prosthet Dent* 2005; 93:346-355.

13. Guazzato M, Quach L, Albakry M, Swain MV. Influence of surface and heat treatments on the flexural strength of Y-TZP dental ceramic. *J Dent* 2005; 33: 9-18.

14. Taskonak B, Mecholsky JJ, Anusavice KJ. Residual stresses in bilayer dental ceramics. *Biomater* 2005; 26: 3235-3241.

15. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomater* 1999; 20:1-25.

16. Bayındır F, Ozbayram O. Effect of number of firings on the color and translucency of ceramic core materials with veneer ceramic of different thicknesses. *J Prosthet Dent* 2018; 119(1): 152-158.

17. Bachhav VC, Aras MA. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of a zirconium oxide based all ceramic system fabricated using CAD/CAM technology. *J Adv Prosthodont* 2011; v3: 57-62.

18. Subaşı MG, Demir N, Kara Ö, Ozturk N, Özel F. Mechanical properties of zirconia after different surface treatments and repeated firings. *J Adv Prosthodont* 2014; 6: 462-467.

19. Ozturk O, Uludağ B, Usumez A, Şahin V, Çelik G. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of two all-ceramic systems. *J Prosthet Dent* 2008; 100: 99-106.

20. Çelik G, Uludağ B, Usumez A, Şahin V, Ozturk O, et al. The effect of repeated firings on the color of an all-ceramic system with two different veneering porcelain shades. *J Prosthet Dent* 2008; 99: 203-208.

21. Ender B. Erzincan (Büyükardıç) ve Erzurum (Güllüdere,

Tasmasor, Tetikom ve Açaratepe) kazılarında ele geçen demir çağına ait seramiklerin XRF tekniği ile incelenmesi. Gazi üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Bölümü Yüksek Lisans Tezi (2006).

22. Hewitt AD. Rapid Screening of Metals Using Portable High Resolution X-ray Fluorescence Spectrometers. *Special Reports Special Report* 1995; 95-114.

23. Gonuldaş F, Öztaş DD. The Analysis Of The Elemental Changes Of Different All Ceramics Exposed To Repeated Firings With Using Xrf. *Ponte J* 2017; 73(4): 133-145.

24. Demir YÖ. Adli olaylarda karşılaşılabilecek cam örneklerinin mikroanalitik yöntemler kullanılarak tanımlanması ve farklılandırılması. İstanbul Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü Fen Bilimleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi İstanbul 2008.

25. Asil S. Demir cevheri numunelerinde x-ışını floresans yöntemiyle molibden ve kalay tayini. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi 2007.

26. Ramos GF, Pereira GKR, Amaral M, Valandro LF, Bottino MA. Effect of grinding and heat treatment on the mechanical behavior of zirconia ceramic. *Braz Oral Res* [online]. 2016; 30: e12.

27. Ramos-Tonello CM, Trevizo BF, Rodrigues RF, Magalhães APR, Furuse AY, et al. Pre-sintered Y-TZP sandblasting: effect on surface roughness, phase transformation, and Y-TZP/veneer bond strength. *J Appl Oral Sci* 2017; 25(6): 666-673.

28. Marit Ø, Gjerdet NR, Tvinnereim HM. The firing procedure influences properties of a zirconia core ceramic. *Dent Mater* 2008; 24(4): 471-475.

29. Siavikis G, Beh M, van der Zel JM, Feilzer AJ, Rosentritt M. Influence of Heat Treatment and Veneering on the Storage Modulus and Surface of Zirconia Ceramic. *Eur J Dent* 2011; 5(2): 191-198.

30. Garvie RC, Hannink RH, Pascoe RT. Ceramic steel? *Nature* 1975; 258:703-704.

31. Aboushelib MN, Wang H. Effect of surface treatment on flexural strength of zirconia bars. *J Prosthet Dent* 2010; 104: 98-104.

32. Fischer J, Grohmann P, Stawarczyk B. Effect of zirconia surface treatments on the shear strength of zirconia/veneering ceramic composites. *Dent Mater J* 2008; 27: 448-454.

33. Jang GW, Kim HS, Choe HC, Son MK. Fracture strength and mechanism of dental ceramic crown with zirconia thickness. *Procedia Eng* 2011; 10: 1556-1560.

34. Studart AR, Filser F, Kocher P, Luthy H, Gauckler LJ. Cyclic fatigue in water of veneer-framework composites for all-ceramic dental bridges. *Dent Mater* 2006; 23:177-185.

35. Vichi A, Louca C, Corciolani G, Ferrari M. Color related to ceramic and zirconia restorations: a review. *Dent Mater*

2011; 27: 97-108.

36. Curtis AR, Wright AJ, Fleming GJP. The influence of surfacemodification techniques on the performance of a Y-TZP dental ceramic. J Dent 2006; 34:195-206.

37. Fleming GJ, Dickens M, Thomas LJ, Harris JJ. The in vitro failure of all-ceramic crowns and the connector area of fixed partial dentures using bilayered ceramic specimens: the influence of core to dentine thickness ratio. Dent Mater 2006; 22:771-777.