

Monolitik CAD/CAM Seramik Materyallerinin Yapay Yaşlandırma Sonrası Aşınma ve Kırılma Dayanımlarının Araştırılması

Investigation of Wear and Fracture Resistance of Monolithic CAD CAM Ceramic Materials After Artificial Aging

Aslıhan KUTLUK^{1*} 

kutlukaslihan@gmail.com

Değer ÖNGÜL² 

degerkongul@yahoo.com

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı; dört farklı monolitik bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) seramik bloktan elde edilen kuron restorasyonlarının, aşınma ve kırılma dayanımlarını karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntemler: 4 farklı CAD/CAM materyalinden (hibrit nano seramik (C), monolitik zirkonya (P), polimer infiltre seramik (E), lösit ile güçlendirilmiş cam seramik (I)) 10'ar adet molar diş formundaki kuron protezleri üretildi. Örnekler termomekanik yüklem öncesinde ve sonrasında üç boyutlu olarak tarandı. Tarama görüntüleri karşılaştırıldı ve hacim kaybı değerleri hesaplandı. Yüzey profilometri ile örneklerin pürüzlülük değerleri kaydedildi. Örneklerin Vickers sertlik değerleri kaydedildi. Universal test cihazında kırma deneyleri gerçekleştirildi. Veriler istatistiksel olarak SPSS 25.0 versiyonu ile ve Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi.

Bulgular: Sertlik değerleri açısından yapılan karşılaştırmada; P'nin sertlik değerinin E ve C'ye göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Pürüzlülük değerleri açısından yapılan karşılaştırmada; C'nin pürüzlülük değerinin P ve I'ya göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Hacim kaybı değerleri açısından yapılan karşılaştırmada; E ve C'deki hacim kaybının P ve I'e göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Kırılma dayanımı açısından yapılan karşılaştırmada; P'nin kırılma dayanımının E, C ve I gruplarından daha yüksek olduğu gözlemlendi.

Sonuç: Bu çalışmadan elde edilen verilere göre monolitik zirkonya ve lösit ile güçlendirilmiş cam seramiğin aşınma dayanımı, polimer infiltre seramikten ve reçine nano seramikten daha fazladır. Monolitik zirkonyanın kırılma dayanımı; diğer materyallerden daha fazladır.

Anahtar Kelimeler: Çiğneme simülatörü, Mekanik özellikler, Monolitik seramik

Geliş: 15.12.2022

Kabul: 03.04.2023

Yayın: 30.04.2023

ABSTRACT

Aim: The aim of this study is to comparatively evaluate the wear and fracture resistance of crown restorations produced from four different monolithic computer aided design/computer aided manufacture (CAD/CAM) ceramic blocks.

Material and Methods: 10 molar tooth shaped crowns were produced from 4 different CAD/CAM materials (hybrid nano-ceramic (C), monolithic zirconia (P), polymer-infiltrated ceramic (E), leucite-reinforced glass-ceramic (I)). The samples were scanned before and after thermomechanical loading. Scan images were superimposed and volume loss values were calculated. The roughness values and Vickers hardness values of the samples were recorded. Load-to-fracture experiments were performed on a universal tester. Data were statistically evaluated with SPSS version 25.0 and Kolmogorov-Smirnov test.

Results: In the comparison made in terms of hardness values; It was observed that the hardness value of P was higher than that of E and C. In the comparison made in terms of roughness values; It was observed that the roughness value of C was higher than P and I. In the comparison made in terms of volume loss values; It was observed that the volume loss in E and C was higher than in P and I. It was observed that the load-to-fracture value of P was higher than the E, C and I groups.

Conclusion: The wear resistance of leucite-reinforced glass-ceramic and monolithic zirconia is higher than that of polymer-infiltrated ceramics and resin nano-ceramic. Load-to-fracture value of monolithic zirconia; more than other materials.

Keywords: Chewing simulator, Mechanical properties, Monolithic ceramic

Received: 15.12.2022

Accepted: 03.04.2023

Published: 30.04.2023

Atıf/ Citation: Kutluk A, Öngül D. Monolitik CAD/CAM seramik materyallerinin yapay yaşlandırma sonrası aşınma ve kırılma dayanımlarının araştırılması. NEU Dent J. 2023;5:1-9.

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author

1. Dt., İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Diş Hekimliği, İstanbul, Türkiye

2. Doç. Dr., İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Diş Hekimliği, İstanbul, Türkiye



"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). (CC BY-NC 4.0)

GİRİŞ

Protetik diş hekimliğinde seramik ve seramik benzeri materyaller, biyoyumluluk, kimyasal bütünlük, mekanik direnç ve optik karakter gibi özellikleri nedeniyle çok yaygın olarak kullanılmaktadır.¹ Bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) sistemlerinin teknolojisindeki ve kullanılan bloklardaki gelişmeler, CAD/CAM ile üretilen protetik restorasyonlardaki laboratuvar kaynaklı hataların azalmasını ve daha başarılı restorasyonların yapımını sağlamaktadır.² Metal destekli seramik restorasyonlar, uzun yılladır standart olarak kullanılmaktadır.³ Zirkonya alt yapı seramik restorasyonlar, iyi mekanik dirence sahip olması ve metal seramik restorasyonlara göre daha estetik olması sebebiyle çok yaygın olarak kullanılmaktadır.⁴ Zirkonya altyapılı restorasyonlarda en çok karşılaşılan klinik sorun üst yapıda uygulanan porselenin (veneer), alt yapıdan tabaka şeklinde (delaminasyon) veya kırılarak kopması (chipping) olarak belirtilmektedir.⁵⁻⁷ Veneer kırıklarını önlemenin bir yolu monolitik restorasyonlar kullanmaktır. Monolitik CAD/CAM seramik restorasyonlar protetik tedavilerde nispeten yeni bir restorasyon yöntemidir ve günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir.⁸ Monolitik restorasyonların, azaltılmış üretim süreleri, iyileştirilmiş maliyet etkinliği ve altyapı ile veneer porseleni arasındaki arayüzün ortadan kaldırılması gibi önemli avantajları vardır.^{9,10} Ek olarak veneer tabakasının ortadan kaldırılması daha konservatif bir diş preparasyonunu mümkün kılar.¹¹

CAD/CAM sistemlerinde ilk kullanılan blok materyallerinden feldspatik seramik içerikli blokların düşük aşınma direncine sahip olduğu bilinmektedir.^{12,13} Feldspatik bloklardan üretilen restorasyonlar, estetik olarak başarılı kabul edilseler de mekanik özelliklerinin geliştirilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu özellikleri iyileştirmek ve posterior bölgede kullanılabilmesi için farklı kristaller ile seramiklerin güçlendirilmesi sağlanmıştır.¹⁴

Lösit ile güçlendirilmiş seramik olan GC Initial LRF blok (GC Corporation Tokyo, Japan), cam matris içerisinde lösit kristalinin takviyesi ile güçlendirilmiş seramiktir. Lösit, potasyum ve alüminyum tektosilikat içeren bir mineraldir. Lösit takviyesi ile cam seramiklerin özellikleri geliştirilmiştir. Lösit ile güçlendirilmiş seramikler iyi stabiliteye ve estetik özelliklere sahiptir. Yarı saydamlığı, rengi ve aşınma

özellikleri bakımından başarılı restorasyonlar olarak bilinmektedir. Lösit takviyeli cam seramiklerden, veneer, inley, onley ve kuron dahil üzere monolitik restorasyonlar üretilmektedir.¹⁵

Zirconia Prettau Blok (Zirkonzahn, Taufers, Italy), %4-6 mol yttria ile stabilize edilmiş monolitik zirkonya materyalidir. Monolitik zirkonya restorasyonlar mekanik özelliklerinin iyi olması sebebiyle özellikle posterior kuronlarda en çok tercih edilen CAD/CAM seramik restorasyonlardır.¹⁶

Rezin nano seramik olarak adlandırılan bir reçine matrisli seramik malzeme GC Cerasmart (CERA, GC Corporation, Tokyo, Japonya), bir polimer matris içine gömülmüş nispeten küçük ve eşit olarak dağılmış alümina-baryum silikat parçacıklarından oluşur. Ağırlıkça yaklaşık %71 silika ve baryum cam nanoparçacıklara ve %29 kompozit reçineye sahiptir (GC Corporation; GC Cerasmart® teknik ürün bilgi formu n.d.). Başka bir reçine matris materyali olan Vita Enamic (ENA, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya), bir polimer infiltre seramik ağ (PICN) malzemesi, yakın zamanda tanıtılmış ve bir hibrit malzeme olarak adlandırılmıştır. Tipik olarak, ağırlıkça %86 feldspatik seramik ağ ve ağırlıkça %14 polimer ağ gibi bir ikili ağdan oluşur (Vita Zahnfabrik; Vita Enamic® teknik ürün bilgi sayfası. n.d.). PICN'nin bileşim analizi, ana faz olarak lösit ve küçük bir faz olarak zirkonya ile bir polimer bazlı ağ ile ilişkili baskın bir seramik ağı ortaya koymaktadır.¹⁶

Restorasyonların aşınması dişlerin görünümünü tehlikeye atan estetik etkiler, antagonistlerin uzaması, dişlerin hareketi veya diş ve antagonist ve diş ve komşu diş arasındaki ilişkiyi değiştiren fonksiyonel etkiler, dikey boyutun değişmesi ve bunların temporomandibular eklem üzerindeki olası etkileri gibi problemleri beraberinde getirebilir.¹⁷

Bu in vitro çalışmanın amacı dört farklı monolitik CAD/CAM materyalinin aşınma ve kırılma dayanımını karşılaştırmaktır. Aşınma ve kırılmaya etkilerini incelemek için malzemelerin sertlik ve pürüzlülük değerleri de incelenmiştir.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

Bu çalışmada, kimyasal içerikleri farklı olan 4 çeşit CAD/CAM monolitik materyalinden elde edilen üst sağ 1. molar diş formundaki kuron protezlerinin, aşınma ve kırılma dayanımları in vitro olarak değerlendirildi.

Deney Gruplarının Oluşturulması

Çalışmada farklı içeriğe sahip monolitik materyallerin aşınma ve kırılma dayanımlarını karşılaştırmak amacıyla, hibrit seramik (GC Cerasmart), lösit ile güçlendirilmiş seramik (GC Initial), tam anatomik işlenebilir ya da tabaklama yapılabilen zirkonya

(Zirkonzahn Prettau Zirconia), polimer infiltre seramik (Vita Enamic) bloklardan kuron restorasyonları üretilmiştir. Yapılan power analizi sonuçları dikkate alınarak, 10'ar örnekten oluşan 4 farklı deney grubu oluşturuldu (Tablo 1). Deneyin iş akış şeması (Şekil 1)'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Deneyde kullanılan materyaller, içerikleri ve deney gruplarının adlandırılması

Materyal	Üretici Firma	Materyal Tipi	İçerik	Deney Grupları
Cerasmart Blok	GC Corporation Tokyo, Japan	Hibrit reçine seramik	Resin matriksi: Bis-MEPP, UDMA, dimetakrilat (%29) (ağırlık) İnorganik doldurucular: silika, baryum cam (%71)	<u>C Grubu</u>
Initial LRF Blok	GC Corporation Tokyo, Japan	Lösit ile güçlendirilmiş cam seramik	%70-80 (hacim). Kristalin faz (1.5-3µm lösit kristalleri) Feldspar seramik	<u>I Grubu</u>
Vita Enamic Blok	Vita Zahnfabrik Bad Sackingen, Germany	Hibrit seramik	İnorganik seramik matriksi (%86): SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Na ₂ O, K ₂ O, Zr ₂ O, Ca ₂ O. Organik reçine matriksi (%14): UDMA, TEDGMA	<u>E Grubu</u>
Prettau Zirkonya Blok	Zirkonzahn, Taufers, Italy	Monolitik zirkonya	%4-6 Y ₂ O ₃ , <1% Al ₂ O ₃ , maks. 0,02% SiO ₂ , maks. %0,01 Fe ₂ O ₃ , maks. %0,04 Na ₂ O	<u>P Grubu</u>

Bis-MEPP: bisphenole A ethoxylate dimethacrylate; UDMA: üretilen dimetakrilat; LRF: leucite reinforced feldspar; µm: mikrometre; TEDGMA: Triethylene glycol dimethacrylate; maks.: maksimum.[AK1]



Şekil 1: Deneyin iş akış şeması

Çalışma Örneklerinin Hazırlanması

Çalışma örneklerinin hazırlanması için üretici firma tarafından, tam seramik kuron restorasyonu için anatomik preparasyonu yapılmış, akrilik maksiller birinci büyük azı fantom diş (Frasaco GmbH, Almanya) kullanıldı. Standardizasyonun sağlanabilmesi için örnek akrilik fantom diş CEREC Connect (Sirona Dental Systems, Charlotte, NC, USA) ile tarandı. Taranan akrilik diş modelinden, Redon

Hybrid frezeleme ünitesinde polimetil metakrilat (PMMA) bazlı materyalden 40 adet analog hazırlandı. Tüm kuron restorasyonları Exocad (Exocad GmbH, Darmstadt, Germany) yazılımıyla tasarlandı.

Kuronların kazıma işlemleri, Cerec MC XL (Sirona Dental Systems, Charlotte, NC, USA) ve Redon Hybrid üniteleri ile yapılmıştır. Üretilen kuronlar hazırlanan güdüklere RelyX U200 reçine simanı

kullanılarak üretici firmanın talimatlarına uygun bir şekilde ve 50N standart yük ile simante edildi.

Aşınma Deneyi

Tüm örnekler yorma testi öncesinde Solutionix C500 (Solutionix Inc, Seoul, South Korea) ile üç boyutlu tarandı. Sonrasında dual akslı çiğneme simülatörü (SD Mechatronik Chewing Simülatör CS-4.2, Willytech, Münih, Almanya) ile ağız içinde bir yıllık çiğnemeye denk gelecek şekilde termomekanik yüklemeye testi gerçekleştirildi (1.7 Hz hızında 200.000 siklus ile, 5°-55°C arasında değişen termal siklus eşliğinde) (Şekil 2). 2 mm çapındaki küresel şekilli paslanmaz çelik uçlar, antagonist materyal olarak kullanıldı. Antagonist materyal olarak paslanmaz çeliğin seçilmesindeki amaç deneyin nemli ortamda yapılması sebebiyle, karşıt materyalde meydana gelebilecek aşınmaları elimine etmektir. Böylece, sadece deney örnekleri üzerinde meydana gelecek değişikliklerin değerlendirilebilmesi amaçlanmıştır. Antagonist kürenin çiğnemeyi en iyi şekilde taklit etmesi için; ilk temas noktası santral fossanın distalinden başlayarak, distobukkal tüberkülün triangular sırtı boyunca temasa devam eden 2 mm boyutunda yanal kayma ayarlandı. Çiğneyici uç disto-bukkal tüberkül tepesine geldikten sonra uzaklaşıp, tekrardan santral fossada temasa geçecek şekilde hareket yolu sabitlendi. Çiğneyici ucun izlediği yol boyunca uygulayacağı basınç 50N olarak belirlendi. Yorma testini tamamlayan örnekler Solutionix C500 ile tekrar tarandı.

Şekil 2: Deneyde kullanılan dual akslı çiğneme simülatörü

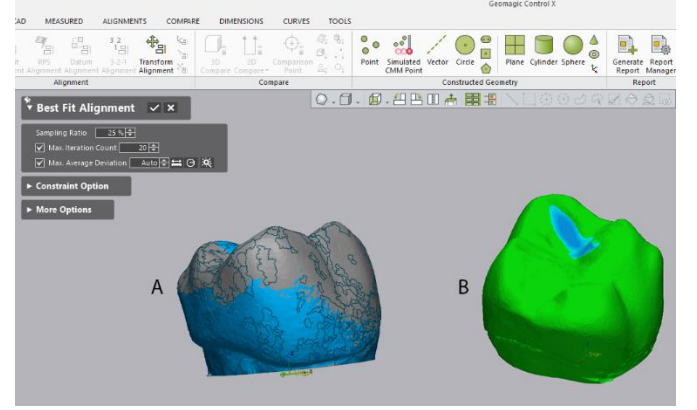


Üç Boyutlu Çakıştırma

Yorma deneyinden önce ve sonra taranan örneklerin 3 boyutlu verileri 'Geomagic Control X (3D Systems Inc., Rock Hill, ABD)' yazılımı ile çakıştırıldı ve yüzeydeki değişimler 20 µm hassasiyet ile kaydedildi (Şekil 3). Örneklerin aşınma öncesi ve sonrası görüntüleri programda aynı yerden trimlendi ve

hacimsel hesaplamaları yapıldı. Aşınma öncesi hacim değerinden, aşınma sonrası hacim çıkarılarak materyallerdeki aşınma miktarı hesaplandı.

Şekil 3: Geomagic Studio 12 yazılımı ile aşınma deneyi öncesi ve sonrası tarama görüntülerinin çakıştırılması



Pürüzlülük Ölçümü

Yorma testi sonrasında her gruptan beşer örneğin yüzey pürüzlülüğü, bir "Surtronic 25" yüzey pürüzlülük test cihazı (Taylor Hobson) kullanılarak kaydedildi.

Kırma Deneyi

Kırma deneyleri, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan Instron universal test cihazı (Instron Ltd., Bucks., England) ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Yorma testinde bütünlüğü bozulmamış olan bütün örnekler kırılma noktalarına kadar yüklendi. Yükleme testleri için, örneklerin santral fossa bölgesine temas eden, 5 mm çapa sahip küre şeklinde paslanmaz çelik uç kullanıldı. Yükleme değerine sıfır Newton (N) ile başlandı ve örnekler başarısız oluncaya kadar yüklemeye değeri artırıldı. Örneklerin kırıldığı andaki yüklemeye değerleri, cihaz tarafından (N) cinsinden otomatik olarak kaydedildi.

Şekil 4: Instron universal test cihazı



Vickers Sertliği Ölçümü

Kırılma dayanımı testinden sonra her gruptan beşer örnek, Vickers sertlik ölçümü için değerlendirilmiştir. Test cihazının dijital kamerası kullanılarak kırılma hattından uzak seçilen noktalarda sertlik ölçümleri yapılmıştır. Vickers sertlik testleri, daha önce bildirilen protokoller kullanılarak bir mikrosertlik test cihazı (model 1600-4963; Buehler) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kısaca, numuneye 15 saniye boyunca elmas uçlu bir 3N kuvvet uygulanmıştır. Ölçüm yapılmadan önce mekanik test makinesi kalibre edilmiştir. Tüm sonuçlar mikrosertlik test cihazı tarafından Vickers sertlik birimlerinde oluşturulmuş ve raporlanmıştır.

İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler 'SPSS versiyon 25.0' programı ile gerçekleştirilmiştir. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu histogram grafikleri ve Kolmogorov-Smirnov testi ile incelendi. Tanımlayıcı analizler sunulurken ortalama, standart sapma, ortanca, min-maks değerler kullanılmıştır. Normal dağılım göstermeyen (nonparametrik) değişkenler materyaller arasında değerlendirilirken Kruskal Wallis Testi kullanılmış, posthoc analizler ise 'Mann Whitney U Testi' ile yapılmıştır. Ölçümsel verilerin birbirleri ile analizinde 'Spearman Korelasyon' testinden faydalanılmıştır. P değerinin 0,05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirildi. İstatistiksel analiz

Çalışma kapsamında istatistik analizler için IBM SPSS Statistics (Versiyon 26.0. Armonk, NY: IBM Corp.) istatistik programından yararlanılmıştır.

Kategorik veriler, sayı ve yüzde olarak ifade edilmiş, açık uçlu veriler ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir. Yapılan ölçümlere ilişkin karşılaştırmalı değerlendirmelerde ki-kare ve bağımsız örneklem t testinden yararlanılmıştır. Anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Materyaller arasında sertlik değerleri bakımından yapılan karşılaştırmada; P materyali sertlik değerinin E ve C materyallerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca I materyali sertlik değerinin de C materyaline göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 2).

Tablo 2: Materyallerin ortalama ve medyan sertlik değerleri [MOU1] (VHN)

Materyal	Sertlik		P
	Ort±s.s.	Medyan (Min-Maks)	
P	1294,72±57,72	1299,7 (1199,7-1354,2)	<0,001
E	231,22±6,35	231,9 (224,9-240,2)	
C	66,34±2,42	66,8 (63,1-69,4)	
İ	667,96±31,15	658,7 (636,4-701,3)	

VHN: Vickers Sertlik Numarası; ort: ortalama; s.s.: standart sapma; min: minimum; max: maksimum [AK2]

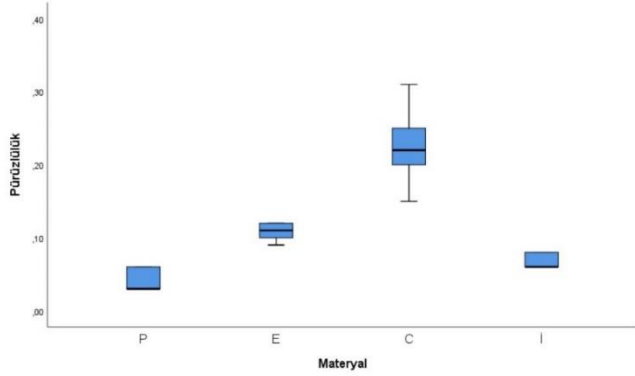
Materyaller arasında pürüzlülük değerleri bakımından yapılan karşılaştırmada; C materyali pürüzlülük değerinin P ve I materyallerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Diğer materyaller arasında anlamlı fark yoktur (Tablo 3) (Şekil 5).

Tablo 3: Materyallerin ortalama ve medyan pürüzlülük değerleri [MOU1]

Materyal	Pürüzlülük (Ra)		P
	Ort±s.s.	Medyan (Min-Maks)	
P	0,04±0,02	0,03 (0,03-0,06)	0,001
E	0,11±0,02	0,11 (0,09-0,15)	
C	0,23±0,06	0,22 (0,15-0,31)	
İ	0,06±0,02	0,06 (0,02-0,08)	

Ra: ortalama yüzey pürüzlülüğü; ort: ortalama; s.s.: standart sapma; min: minimum; max: maksimum [AK2]

Şekil 5: Materyallerin ortalama pürüzlülük değerlerinin kutu grafiği ile karşılaştırılması



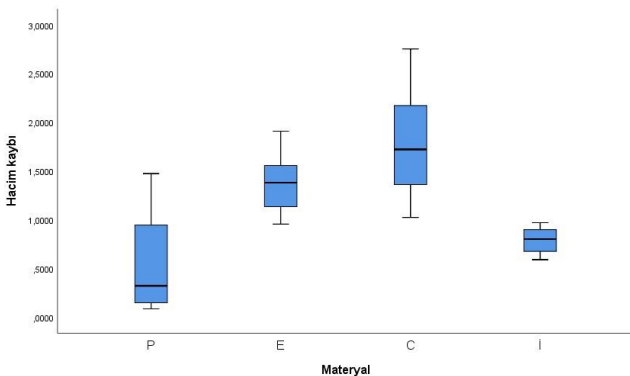
Materyaller arasında hacim kaybı değerleri bakımından yapılan karşılaştırmada; E ve C materyallerindeki hacim kaybının P ve İ'ya göre daha fazla olduğu görülmüştür. Diğer materyaller arasında anlamlı fark yoktur (Tablo 4) (Şekil 6).

Tablo 4: Materyallerin ortalama ve medyan hacim kaybı değerleri[MOU1]

Materyal	Hacim Kaybı (mm ³)		P
	Ort±s.s.	Medyan (Min-Maks)	
P	0,5389±0,4915	0,3207 (0,0842-1,4739)	<0,001
E	1,3801±0,3146	1,3803 (0,9545-1,909)	
C	1,7923±0,6040	1,722 (1,0227-2,7547)	
İ	0,7852±0,1310	0,8004 (0,589-0,969)	

Mm³: milimetre küp; ort: ortalama; s.s.: standart sapma; min: minimum; max: maksimum[AK2]

Şekil 6: Materyallerin ortalama hacim kaybı değerlerinin kutu grafiği ile karşılaştırılması



Materyaller arasında kırılma dayanımı değerleri bakımından yapılan karşılaştırmada; P materyalinin kırılma dayanımının E, C ve İ materyallerine göre

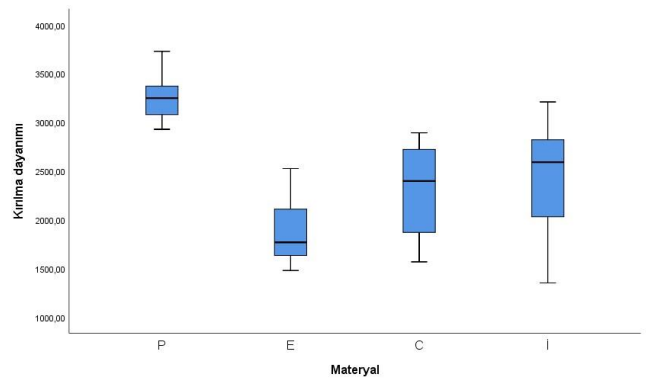
daha yüksek olduğu görülmüştür. Diğer materyaller arasında anlamlı fark yoktur (Tablo 5) (Şekil 7).

Tablo 5: Materyallerin ortalama ve medyan kırılma dayanımı değerleri[MOU1]

Materyal	Kırılma Dayanımı (N)		P
	Ort±s.s.	Medyan (Min-Maks)	
P	3274,58±258,61	3249,30 (2929,06-3730)	<0,001
E	1920,90±398,10	1767,97 (1477,19-2525,63)	
C	2275,89±501,14	2397,11 (1566,41-2892,19)	
İ	2390,50±678,43	2591,41 (1350,31-3210,16)	

N: Newton; ort: ortalama; s.s.: standart sapma; min: minimum; max: maksimum[AK2]

Şekil 7: Materyallerin ortalama kırılma dayanımı değerlerinin kutu grafiği ile karşılaştırılması



Hiçbir materyalde sertlik, pürüzlülük, hacim kaybı ve kırılma dayanımı arasında anlamlı korelasyon bulunamamıştır.

TARTIŞMA

Materyallerin aşınma miktarlarını karşılaştıran birçok in vitro çalışma yapılmıştır fakat kullanılan metodolojideki, örnek şekillerindeki ve ölçüm yöntemlerindeki farklılıklar sebebiyle çalışmalardan elde edilen rakamsal verileri karşılaştırmak yanlış değerlendirmelere sebep olabilir. Bu sebeple ağız içi koşulların iyi taklit edildiği çalışmalarda karşılaştırma sonuçları değerlendirilmelidir ve mutlaka bu verilerin klinik çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir. Bizim çalışmamızda materyallerin aşınma miktarlarını karşılaştırmak için düz yüzeyli örnekler yerine; ağız içi çiğneme koşullarını en iyi şekilde taklit etmek amacıyla yapılan kuron restorasyonları,

ağız içinde bir senelik yaşlanmaya denk gelecek döngü sayısı ve termal siklus ile çigneme simülatoründe yaşlandırılmıştır. Deneyde kullanılan kuron örnekleri CAD/CAM monolitik materyallerinden üretildiği için geleneksel yöntemlerle üretilen restorasyonların aksine laboratuvar ve teknisyen kaynaklı üretim farklılıkları elimine edilmiştir. Standardizasyonu sağlamak amacıyla tüm örnekler bitirme işlemi olarak mekanik cila yapılmıştır.

Wiedenmann ve ark. 2018 yılında yaptıkları bir in vitro çalışmada, bizim çalışmamızdaki sonuçları destekler şekilde; çigneme simülatoründe 1,200,000 döngüden sonra zirkonyanın aşınmasının lōsit ile güçlendirilmiş seramiğin aşınmasından daha az olduğunu bulmuşlardır. Aynı çalışmada zirkonya örnekler, ön işlemde bağımsız olarak en yüksek kırılmaya kadar yükleme değeri sunarken (6960-9250 N), lōsit ile güçlendirilmiş cam seramik (1405-2320 N) en düşük değeri göstermiştir ($p < 0,001$).¹⁸

Ludovichetti ve ark. aşınma deneyi yaptıkları bir in vitro çalışmada, bizim çalışmamızda da olduğu gibi materyallerin Vickers sertlik değerlerine ve pürüzlülük değerlerine de bakmışlardır. Zirkonyanın sertlik değerinin polimer infiltre edilen seramikten, onun da rezin nano seramikten anlamlı düzeyde yüksek olduğunu bulmuşlardır. Pürüzlülük değerlerinin ise zirkonya için en az rezin nano seramik için en fazla olduğu gösterilmişlerdir. Bizim çalışmamızda da bu çalışmada olduğu gibi materyallerin sertlik ve pürüzlülük değerleri ile aşınma miktarları arasında anlamlı bir korelasyon bulunamamıştır. Zirkonyanın aşınma dayanımının diğer monolitik CAD/CAM materyallerinden daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Zirkonyanın yüksek mukavemet ve tokluğunun, inceliğini ve sürtünme katsayısını zaman içinde değişmeden koruyarak, stres altında yüzey hasarına direnmesini sağladığını belirtmişlerdir.¹⁹ 2013 yılında Mörmann ve ark. yaptıkları bir in vitro çalışmada bizim çalışmamızda olduğu gibi polimer infiltre seramiğin sertliğinin rezin nano seramikten önemli ölçüde yüksek olmadığı bulunmuştur.²⁰

2022 yılında, Laborie ve ark. aşınma ile ilgili 310 makaleyi tarayarak bir sistematik derleme yapmışlardır. En yaygın olarak incelenen malzemelerin; iki rezin nano seramik (Lava Ultimate ve Cerasmart), bir polimer infiltre edilen seramik (Vita Enamic) ve bir

lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramik (IPS e.max CAD) olduğunu bildirmişlerdir. Rezin seramik malzemeler arasında polimer infiltre edilen seramik (Vita Enamic), rezin nano seramiklerden daha az aşınma göstermiştir. Rezin nano seramik materyaller arasında ise Cerasmart'ın daha az aşınmaya sahip olduğu ve karşıt dişlerde daha az aşınmaya sebep olduğu bulunmuştur.²¹

2019 yılında Aladağ ve ark.'nın yaptıkları bir in vivo çalışmada, 24 hastanın birinci molar dişleri monolitik kuronlarla restore edilmiştir. Altı ay sonra kuronlardaki aşınma miktarları 3 boyutlu tarayıcı ve yazılım ile hacimsel olarak hesaplanmıştır. Cerasmart grubunun hacim kaybının Vita Enamic grubundan anlamlı düzeyde fazla olduğu bulunmuştur²². Bizim çalışmamızda da Cerasmart grubu, Vita Enamic grubundan daha fazla hacimsel aşınma sergilemiştir. Cerasmart'ın Vita Enamic'ten daha fazla aşınmasının sebebinin materyaldeki rezin doldurucu miktarının daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Bizim çalışmamızın limitasyonu antagonist mine aşınmasını değerlendirmemiş olmasıdır. Materyallerin karşıt materyaldeki ya da minedeki aşınmasına değil kendi aşınma miktarları karşılaştırılmıştır. Bu amaçla da paslanmaz çelik materyalden antagonist aşındırıcı uç kullanılmıştır. Çekilmiş insan dişlerine dayalı in vitro çalışmaların standardizasyonu, dişlerin yaşı, boyutu, anatomisi ve saklama koşulları gibi değişken faktörler ve çigneme simülasyonunun olmaması nedeniyle zordur. Dental restoratif materyallerin aşınmasını ölçmek için çeşitli in vitro tribolojik testler önerilmiştir.²³ Dental restoratif materyallerin ve minenin aşınmasını belirlemenin ideal yolu klinik deneylerdir. Ancak, bunun sonuçlandırılması daha uzun süreler alabilir ve hastaların takibi zor olabilir.²²

Teknolojideki ve materyallerdeki gelişmeler ilerledikçe CAD/CAM monolitik kuronların kullanımı diş hekimleri için rutin haline gelmiştir. Fakat literatürde ağız içi koşullarının iyi taklit edildiği cihazlarla ve kuron şeklinde örneklerle yapılan aşınma ve kırılma çalışmaları yeterli değildir. Ağız içi koşulların iyi taklit edildiği fakat döngü sayısının kısa süreli kullanımı taklit ettiği çalışmalar da yeterli veri sağlamamaktadır. Ağız içi çigneme koşullarının en az bir yıl kullanımının taklit edildiği daha çok in vitro

çalışmaya ve bu çalışmaların desteklenmesi için daha çok in vivo çalışmaya ihtiyaç vardır.

SONUÇ

Bu çalışmanın limitasyonları dahilinde şu sonuçlar çıkarılmıştır:

1. Monolitik zirkonyanın kırılma dayanımı; lösit ile güçlendirilmiş cam seramikten, rezin nano seramikten ve polimer infiltre edilen seramikten fazladır.
2. Monolitik zirkonya ve lösit ile güçlendirilmiş cam seramiğin aşınma dayanımı, rezin nano seramikten ve polimer infiltre edilen seramikten fazladır.
3. Materyallerin sertlik, pürüzlülük, hacim kaybı ve kırılma dayanımları arasında anlamlı korelasyon yoktur.

Etik Kurul Onayı: Bu çalışmada insanlardan ya da hayvanlardan elde edilen kaynaklar kullanılmadığından etik kurul onayı alınmamıştır.

Finansal Destek: Bu çalışma için herhangi bir kurum veya kuruluşun finansal destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması: Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkıları: Tasarım: AK, DÖ, Veri toplama ve giriş yapma: AK, Analiz ve yorum: AK, DÖ, Literatür tarama: AK, DÖ, Yazma: DÖ.

KAYNAKLAR

1. Sobrinho LC, Cattell MJ, Glover RH, Knowles JC. Investigation of the dry and wet fatigue properties of three all-ceramic crown systems. *Int J Prosthodont.* 1998;11:255-62.
2. Helvey GA. Zirconia and computer-aided design/computer-aided manufacturing (cad/cam) dentistry. *Funct Esthet Restor Dent.* 2007;1:28-39.
3. Husain NAH, Dürr T, Özcan M, Brägger U, Joda T. Mechanical stability of dental CAD-CAM restoration materials made of monolithic zirconia, lithium disilicate, and lithium disilicate-strengthened aluminosilicate glass ceramic with and without fatigue conditions. *J Prosthet Dent.* 2022; 128:73-78
4. Hensel J, Reise M, Liebermann A, Buser R, Stawarczyk B. Impact of multiple firings on fracture load of veneered zirconia restorations. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2022;130:105-213.

5. Sailer I, Feher A, Filser F, Lüthy H, Gauckler LJ, Schärer P, et al. Prospective clinical study of zirconia posterior fixed partial dentures: 3-year follow-up. *Quintessence Int.* 2006;37:685-93.
6. Figueiredo-Pina C, Monteiro A, Guedes M, Mauricio A, Serro A, Ramalho A, et al. Effect of feldspar porcelain coating upon the wear behavior of zirconia dental crowns. *Wear.* 2013;297:872-7.
7. Heintze SD, Rousson V. Survival of zirconia-and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic re-view. *Int J Prosthodont.* 2010;23:493-502.
8. Cekic-Nagas I, Ergun G, Egilmez F, Vallittu PK, Lassila LVJ. Micro-shear bond strength of different resin ce-ments to ceramic/glass-polymer CAD-CAM block ma-terials. *J Prosthodont Res.* 2016;60:265-73.
9. Lameira DP, De Souza GM. Fracture strength of aged monolithic and bilayer zirconia-based crowns. *Bio-med Res Int.* 2015;2015:1-7.
10. Zhao K, Wei Y-R, Pan Y, Zhang X-P, Swain Mv, Guess Pc. Influence of veneer and cyclic loading on failure be-havior of lithium disilicate glass-ceramic molar crowns. *Dent Mater.* 2014;30:164-71.
11. Nordahl N, von Steyern PV, Larsson C. Fracture strength of ceramic monolithic crown systems of dif-ferent thickness. *J Oral Sci.* 2015;57:255-61.
12. Moörmann WH. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc.* 2006;137:7S-13S.
13. Yu H, Cai Z, Ren P, Zhu M, Zhou Z. Friction and wear behavior of dental feldspathic porcelain. *Wear.* 2006;261:611-21.
14. Lambert H, Durand JC, Jacquot B, Fages M. Dental bio-materials for chairside CAD/CAM: State of the art. *J Adv Prosthodont.* 2017;9:486-95.
15. Song XF, Yin L. Surface morphology and fracture in handpiece adjusting of a leucite-reinforced glass ce-ramic with coarse diamond burs. *Mater Sci Eng A.* 2012;534:193-202.
16. Della Bona A, Corazza PH, Zhang Y. Characterization of a polymer-infiltrated ceramic-network material. *Dent Mater.* 2014;30:564-9.
17. Heintze SD, Reichl FX, Hickel R. Wear of dental mate-rials: Clinical significance and laboratory wear simula-tion methods—A review. *Dent Mater J.* 2019;38:343-53.
18. Wiedenmann F, Böhm D, Eichberger M, Edelhoff D, Stawarczyk B. Influence of different surface treat-ments on two-body wear and fracture load of mono-lithic CAD/CAM ceramics. *Clin Oral Investig.* 2020;24:3049-60.

19. Ludovichetti FS, Trindade FZ, Werner A, Kleverlaan CJ, Fonseca RG. Wear resistance and abrasiveness of cad-cam monolithic materials. *J Prosthet Dent.* 2018;120:318. e1-e8.
20. Mörmann WH, Stawarczyk B, Ender A, Sener B, Attin T, Mehl A. Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2013;20:113-25.
21. Laborie M, Naveau A, Menard A. Cad-cam resin-ceramic material wear: a systematic review. *The J Prosthet Dent.* 2022.
22. Aladağ A, Oğuz D, Çömlekoğlu ME, Akan E. In vivo wear determination of novel cad/cam ceramic crowns by using 3d alignment. *J Adv Prosthodont.* 2019;11:120-7.
23. Sajewicz E. On evaluation of wear resistance of tooth enamel and dental materials. *Wear.* 2006;260:1256-61.