



**FARKLI YÜZEY İŞLEMLERİ UYGULANAN LİTYUM DİSİLİKAT
SERAMİKLERİN TAMİR MATERYALİNE BAĞLANMA DAYANIMININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Burcu DEMİRCİ

**UZMANLIK TEZİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

TEMMUZ 2025

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Burcu DEMİRCİ

10/07/2025

FARKLI YÜZEY İŞLEMLERİ UYGULANAN LİTYUM DİSİLİKAT SERAMİKLERİN TAMİR MATERYALİNE BAĞLANMA DAYANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

(Uzmanlık Tezi)

Burcu DEMİRCİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

Temmuz 2025

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, farklı yüzey işlemleri uygulanan lityum disilikat seramiklerin tamir materyaline makaslama bağlanma dayanımını değerlendirmektir. Bu kapsamda üç farklı CAD-CAM lityum disilikat seramiği olan GC Initial LiSi (GC), CEREC Tessera (CEREC), IPS e.max CAD (EMAX) kullanılarak toplam 180 örnek hazırlandı. Tüm örnekler termal siklus uygulandı. Örnekler frezle pürüzlendirme, alüminyum oksit ile kumlama ve %5 hidroflorik asitle pürüzlendirme olmak üzere üç farklı yüzey işlemine tabi tutuldu. Yüzey pürüzlülükleri ölçüldü ve tamir kompoziti uygulandı. Örneklerin yarısı ilave olarak termal yaşlandırmaya maruz bırakıldı. Lityum disilikat örnekler ve tamir kompoziti arasındaki makaslama bağlanma dayanımı test edildi. Farklı lityum disilikat seramikler ve yüzey işlemlerinin Ra ölçüm değeri üzerindeki etkisi iki yönlü faktöriyel ANOVA ile, farklı lityum disilikat seramikler, yüzey işlemleri ve yaşlandırma uygulanma durumunun makaslama bağlanma dayanım üzerindeki etkisi üç yönlü faktöriyel ANOVA ile incelendi. Yüzey pürüzlülüğü (Ra) en yüksek kumlama grubunda, makaslama bağlanma dayanımı ise yaşlandırılmayan GC seramiğinde HF asidi uygulanan grupta ölçüldü. En düşük bağlanma dayanımı, frez ile pürüzlendirilen ve yaşlandırılan EMAX seramikte görüldü. Yaşlandırmanın, bağlanma dayanımını tüm gruplarda belirgin şekilde azalttığı saptandı. Başarısızlık tipleri seramik türü, yüzey işlemi ve yaşlandırma durumuna göre farklılık gösterdi. Yaşlandırma sonrası adeziv kırık oranlarında genel bir artış gözlemlendi; ancak EMAX seramikte HF uygulamasını takiben yaşlandırma sonrasında karma tip kırıklar daha baskın hale geldi.

Bilim Kodu : 1050
Anahtar Kelimeler : CAD-CAM, Lityum disilikat seramik, Yüzey işlemi
Sayfa adedi : 85
Danışman : Prof. Dr. Cemal AYDIN

EVALUATION OF THE SHEAR BOND STRENGTH BETWEEN REPAIR MATERIAL AND LITHIUM DISILICATE CERAMICS SUBJECTED TO DIFFERENT SURFACE TREATMENTS

(Specialization Thesis)

Burcu DEMİRCİ

GAZI UNIVERSITY
FACULTY OF DENTISTRY

July 2025

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the shear bond strength between repair composite and lithium disilicate ceramics subjected to different surface treatments. For this purpose, a total of 180 specimens were prepared using three different CAD-CAM lithium disilicate ceramics: GC Initial LiSi (GC), CEREC Tessera (CEREC), and IPS e.max CAD (EMAX). All specimens underwent thermal cycling. They were divided into three surface treatment groups: surface roughening with a diamond bur, sandblasting with aluminum oxide particles, and etching with 5% hydrofluoric acid. Surface roughness (Ra) was measured, and repair composite was applied. Half of the specimens were additionally subjected to thermal aging. Shear bond strength between the lithium disilicate ceramics and the repair composite was tested. The effects of ceramic type and surface treatment on Ra values were analyzed using two-way factorial ANOVA, while the effects of ceramic type, surface treatment, and aging on shear bond strength were evaluated using three-way factorial ANOVA. Surface roughness was highest in the sandblasted group, while the highest shear bond strength was observed in the non-aged GC group treated with hydrofluoric acid. The lowest bond strength was found in the aged EMAX specimens treated with a diamond bur. Aging significantly reduced bond strength across all groups. Failure modes varied depending on the ceramic type, surface treatment, and aging condition. A general increase in adhesive failure rates was observed after aging. However, in the EMAX group, mixed failures became predominant after hydrofluoric acid treatment followed by aging.

Science Code : 1050
Key words : CAD-CAM, Lithium disilicate ceramic, Surface treatment
Page number : 85
Supervisor : Prof. Dr. Cemal AYDIN

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi ve birikimleriyle bana rehberlik eden, her aşamada desteğiyle yanımda olan, anlayışı ve değerli katkılarıyla mesleki ve akademik gelişimime ışık tutan, meslek etiğini ve hekimliğini örnek aldığım değerli danışman hocam ve bölüm başkanımız Prof. Dr. Cemal AYDIN'a,

Tez çalışmam ve uzmanlık eğitimim süresince akademik birikimlerini paylaşarak katkıda bulunan, desteklerini daima yanımda hissettiren Sayın Prof. Dr. Merve BANKOĞLU GÜNGÖR başta olmak üzere Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nın tüm kıymetli öğretim üyelerine,

Uzmanlık eğitimim süresince birlikte ilerlediğim, desteklerini daima hissettiğim, yardımlarını ve dostluklarını hiçbir zaman esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Elif YILMAZ BİÇER, Bersu BEDİRHANDEDE, Beyza GÜNEY, Dilan Gizem DOĞAN ve İrem KÖKLÜ DAĞDEVİREN'e

Hayatımın her aşamasında sabırları, sevgileri ve koşulsuz destekleriyle bana güç veren, en büyük dayanağım olan başta sevgili annem Melahat DEMİRCİ ve babam İlhan DEMİRCİ olmak üzere tüm aileme,

Sabrı ve anlayışıyla bana her daim güç veren; en zor anlarımda desteğiyle umut ve moral kaynağım olan, sevgisini daima hissettiğim ve tez sürecimde en büyük destekçim olan sevgili Tamer YILDIRIM'a

TDH-2023-8943 nolu BAP projesi desteği ile tez çalışmama katkı sağlayan Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Dental Seramikler	3
2.1.1. Dental seramiklerin kimyasal yapısı ve özellikleri	3
2.1.2. Tam seramiklerin sınıflandırılması.....	5
2.2. Tamir Yöntemleri.....	17
2.2.1. Ağız dışı tamir yöntemleri	18
2.2.2. Ağız içi tamir yöntemleri.....	18
2.3. Yüzey Hazırlığı Yöntemleri.....	19
2.3.1. Dönen aletle pürüzlendirme.....	19
2.3.2. Asitle pürüzlendirme	20
2.3.3. Kuşlama.....	21
2.4. Resin-Seramik Arasındaki Bağlantı Dayanımını Ölçmeye Yönelik Testler	22
2.4.1. Makro makaslama bağlanma dayanımı testi.....	22
2.4.2. Mikro makaslama bağlanma dayanımı testi	22

	Sayfa
2.4.3. Gerilim (tensile) testi.....	23
2.4.4. Mikrogerilim (microtensile) testi	23
2.5. Yapay Yaşlandırma Yöntemleri.....	23
2.5.1. Termal yaşlandırma	23
2.5.2. NaOCl solüsyonunda saklama yöntemi.....	24
2.5.3. Okluzal yükleme ile yaşlandırma yöntemi	24
2.5.4. pH Siklusu ile yaşlandırma.....	25
3. GEREÇ VE YÖNTEM	27
3.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması	27
3.1.1. Seramik örneklerin hazırlanması.....	29
3.1.2. Termal yaşlandırma işlemi.....	31
3.1.3. Tam seramik örneklerin akrilik kalıp içerisine yerleştirilmesi	32
3.1.4. Deney gruplarının oluşturulması.....	32
3.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	34
3.3. Tamir Materyalinin Seramik Yüzeylerine Uygulanması.....	35
3.4. Tekrar Termal Yaşlandırma İşlemi	36
3.5. Makaslama Bağlanma Testinin Uygulanması	36
3.6. Başarısızlık Tiplerinin Streomikroskop ile İncelenmesi	37
3.7. Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Analizi	38
4. BULGULAR.....	39
4.1. Deney Gruplarının Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) Değerlerine Ait Bulgular	39
4.2. Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları	41
4.2.1. Seramiklere ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	41
4.2.2. Yüzey işlemlerine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	41

Sayfa

4.2.3. Seramik bloklar ve yüzey işlemlerinin birlikte etkisine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları	42
4.3. Farklı Seramik Çeşidi, Yüzey İşlemi ve Yaşlandırma Uygulanma Durumuna Ait Makaslama Bağlanma Dayanımı Ölçüm Değerlerinin İncelenmesi.....	43
4.3.1. Çoklu karşılaştırma testi sonuçları	49
4.4. Başarısızlık Tiplerinin Dağılımına İlişkin Bulgular.....	53
5. TARTIŞMA.....	59
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	85

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. IPS e.max CAD seramiğinin kimyasal yapısı.	12
Çizelge 2.2. IPS e.max CAD seramiğin mekanik özellikleri	12
Çizelge 2.3. GC Initial Lisi seramiğin kimyasal yapısı.....	13
Çizelge 2.4. GC Initial Lisi seramiğine ait mekanik değerleri	13
Çizelge 2.5. CEREC Tesseranın kimyasal yapısı.	14
Çizelge 2.6. CEREC Tesseranın mekanik değerleri.....	14
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan materyallere ait özellikler	28
Çizelge 4.1. Farklı seramik bloklardan elde edilen Ra ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	39
Çizelge 4.2. Farklı yüzey işlemlerinden elde edilen Ra ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	39
Çizelge 4.3. Farklı lityum disilikat seramikler ve yüzey işlemlerinden elde edilen Ra ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	40
Çizelge 4.4. Farklı seramiklerin ve yüzey işlemlerinin Ra ölçüm değerleri üzerindeki etkisine ait faktöriyel ANOVA sonuçları	41
Çizelge 4.5. Seramiklere ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları	41
Çizelge 4.6. Yüzey işlemlerine ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları	42
Çizelge 4.7. Seramiklere ve yüzey işlemlerine ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	43
Çizelge 4.8. Farklı seramik çeşitlerinden elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	44
Çizelge 4.9. Farklı yüzey işlemlerinden elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	44
Çizelge 4.10. Yaşlandırma uygulanma durumuna göre elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	45
Çizelge 4.11. Farklı seramik çeşitleri ve yüzey işlemlerinden elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	45
Çizelge 4.12. Farklı seramik çeşitleri ve yaşlandırma uygulanma durumundan elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler	46

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.13. Farklı yüzey işlemleri ve yaşlandırma uygulanma durumundan elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	46
Çizelge 4.14. Farklı seramik çeşitleri, yüzey işlemleri ve yaşlandırma uygulanma durumundan elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.....	47
Çizelge 4.15. Farklı seramik çeşitleri, yüzey işlemleri ve yaşlandırma uygulanma durumunun makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı faktöriyel ANOVA sonuçları	48
Çizelge 4.16. Seramik çeşitlerine ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	49
Çizelge 4.17. Yüzey işlemlerine ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları	50
Çizelge 4.18. Seramik bloklara ve yüzey işlemlerine ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	51
Çizelge 4.19. Seramik çeşidine ve yaşlandırma uygulanma durumuna ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları	52
Çizelge 4.20. Yüzey işlemleri ve yaşlandırma uygulanma durumuna ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları	53
Çizelge 4.21. Farklı seramik çeşidinde görülen başarısızlık tiplerinin sayı ve yüzde dağılımı	54
Çizelge 4.22. Farklı yüzey işlemlerinde görülen başarısızlık tiplerinin sayı ve yüzde dağılımı	54
Çizelge 4.23. Yaşlandırma uygulanma durumuna göre görülen başarısızlık tiplerinin sayı ve yüzde dağılımı	55
Çizelge 4.24. Farklı seramik çeşitleri ve yüzey işlemlerinde görülen başarısızlık tiplerinin sayı ve yüzde dağılımı	55
Çizelge 4.25. Farklı seramik çeşidine ve yaşlandırma uygulanma durumuna göre görülen başarısızlık tiplerinin sayı ve yüzde dağılımı	56
Çizelge 4.26. Farklı yüzey işlemlerine ve yaşlandırma uygulanma durumuna göre görülen başarısızlık tiplerinin sayı ve yüzde dağılımı	57
Çizelge 4.27. Farklı seramik çeşidine, yüzey işlemlerine ve yaşlandırma uygulanma durumuna göre görülen başarısızlık tiplerinin sayı ve yüzde dağılımı....	58

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. İçeriklerine göre tam seramik sınıflaması.....	6



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Çalışmada kullanılan seramik örnekler.....	28
Resim 3.2. Hassas kesim cihazında seramik blokların kesilmesi	29
Resim 3.3. Örneklerin kalınlıklarının dijital kumpas ile ölçülmesi	29
Resim 3.4. Prekristalize formdaki lityum disilikat seramiğin kristalizasyon işlemi.....	30
Resim 3.5. Polisaj seti	30
Resim 3.6. Kullanılan ultrasonik cihaz	31
Resim 3.7. Kullanılan termal siklus cihazı	31
Resim 3.8. Kullanılan dikdörtgenler prizması kalıp ve akrilik rezin içine gömülen örnek	32
Resim 3.9. Seramik yüzeyine uygulanan hidroflorik asidin uygulanışı ve uygulandıktan sonraki seramik yüzeyi	33
Resim 3.10. Sarı bant frez ve frez ile pürüzlendirilmiş seramik yüzeyi	33
Resim 3.11. Kuşlama cihazı ve kuşlama yapılmış seramik yüzeyi	34
Resim 3.12. Profilometre ile yüzey pürüzlülüğü ölçümü.....	35
Resim 3.13. Akrilik blok içerisinde örneklere tamir materyali uygulanmış hali.....	35
Resim 3.14. Örneklere üniversal test cihazı kullanılarak makaslama bağlanma dayanımı testi uygulanması	36
Resim 3.15. Örnek yüzeylerinin incelendiği mikroskop	37
Resim 3.16. Adeziv ayrılma	37
Resim 3.17. Koheziv ayrılma	38
Resim 3.18. Karma ayrılma.....	38

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
%	Yüzde
±	Artı veya eksi
°C	Derece Santigrat
µm	Mikrometre
A	Yüzey alanı
Al ₂ O ₃	Alüminyum oksit
CeO ₂	Seryum dioksit
cm ²	Santimetre kare
K ₂ O	Potasyum oksit
La ₂ O ₃	Lantan oksit
Li ₂ O	Lityum oksit
Li ₂ Si ₂ O ₅	Lityum disilikat
Li ₃ PO ₄	Lityum fosfat
MgO	Magnezyum oksit
mm	Milimetre
mm ²	Milimetre kare
MPa√m	Megapaskal kök metre (Kırılma tokluğu birimi)
N	Newton
Na ₂ O	Sodyum oksit
nm	Nanometre
O	Makaslama bağlanma dayanımı
P	Kırılma anındaki yük
SiO ₂	Silisyum dioksit

Simgeler**Açıklamalar**

sn	Saniye
TiO₂	Titanyum dioksit
ZnO	Çinko oksit
ZrO₂	Zirkonyum dioksit

Kısaltmalar**Açıklamalar**

CAD-CAM	Computer Aided Design – Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar destekli tasarım – üretim)
Enb	En büyük değer
Enk	En küçük değer
GPa	Gigapaskal
HF	Hidroflorik asit
Ho	Sıfır hipotezi
HT	High Translucent (Yüksek translusent)
ISO	International Organization for Standardization
LLLT	Low-Level Laser Therapy (Düşük düzey lazer tedavisi)
LT	Low Translucent (Düşük translusent)
MO	Medium Opacity (Orta opaklık)
MPa	Megapaskal
N	Örnek sayısı
NaOCl	Sodyum hipoklorit
No	Numara
Ort	Ortalama
PA	Fosforik asit
Q1	1. çeyreklik
Q3	3. çeyreklik
Ra	Yüzey pürüzlülüğü

Kısaltmalar	Açıklamalar
SBS	Siman bağlanma dayanımı
SÇ	Seramik çeşidi
SEM	Scanning Electron Microscope (Taramalı elektron mikroskobu)
SS	Standart sapma
TEGDMA	Trietilen glikoldimetakrilat
UDMA	Üretan dimetakrilat
YD	Yaşlandırma
Yİ	Yüzey işleme

1. GİRİŞ

Son yıllarda, hastaların estetik beklentilerindeki artışa paralel olarak, bilgisayar destekli tasarım-bilgisayar destekli üretim (CAD-CAM) teknolojisi ile üretilen inley, onley, veneer, kron ve köprü gibi tam seramik restorasyonların kullanımında belirgin bir artış gözlenmiştir. Bununla birlikte, seramik restorasyonların klinik uygulamalarda kırılma riski vardır. Yapısal defektler, travmatik etkiler ve parafonksiyonel alışkanlıklar, tam seramik restorasyonlarda meydana gelen kırıkların başlıca nedenleri arasında yer almaktadır (Elsaka vd., 2015). İndirekt restorasyonların aşınması veya kırılması sonucunda restorasyonun değiştirilmesi gibi zaman alan maliyetli ve en önemlisi pulpada travma yaratabilecek işlem yerine restorasyonun tamirini yapmak daha konservatif, az maliyetli ve kolay bir işlem olarak bilinmektedir (Kimyai vd., 2015). Tamir işleminin başarısı, büyük ölçüde kompozit rezin ve restorasyon arasında oluşan bağın bütünlüğünün korunmasına bağlıdır. Bu bağlantı mekanik ve/veya kimyasal olabilmektedir (Neis vd., 2015).

Ağız içi porselen tamirinde kullanılan kompozit rezinlerle restorasyon arasındaki bağın kuvvetlendirilmesi ve daha uzun ömürlü restorasyonların sağlanabilmesi amacıyla, restorasyon yüzeyine çeşitli ön yüzey işlemlerinin uygulanması önerilmektedir. Bu doğrultuda; frez ile yüzey pürüzlendirme, ağız içi kuşlama, tribokimyasal silika kaplama, asitle yüzey işlemi ile kısa veya uzun atımlı lazer uygulamaları gibi yöntemler kullanılmaktadır (Tokar vd., 2019).

Tamir bağlanma dayanımını etkileyen faktörler arasında materyalin türü ve materyal yüzeyine uygulanan yüzey işlemleri önemli yer tutmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada farklı yüzey işlemleri uygulanan lityum disilikat seramiklerin tamir materyaline makaslama bağlanma dayanımının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Üç farklı lityum disilikat seramiğin ve üç farklı yüzey işleminin tamir materyaline makaslama bağlanma dayanımına etkisinin test edilmesi hedeflenmiştir. Ayrıca bir diğer hedef ise çalışmadan elde edilecek sonuçların farklı seramiklerin ağız içi tamirinde klinik olarak yol gösterici veriler elde edilmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Dental Seramikler

Seramik materyaller, yüz yılı aşkın süredir estetik amaçlı diş tedavilerinde tercih edilmektedir. Başlangıçta feldspatik yapıda olan seramikler, öncelikli olarak ön bölge dişler için yüksek füzyonlu porselen jaket kronlarda, hareketli protez dişlerinde ve kısmi kron restorasyonlarında kullanılmıştır. 1960'ların ortasında alümina bazlı porselenlerin geliştirilmesiyle birlikte, malzemelerin dayanıklılığı, görsellikleri ve üretim tekniklerinde sürekli iyileştirmeler sağlanmış ve böylece klinisyenlerin tercih edebileceği çok çeşitli ürünler ortaya çıkmıştır. Bugün mevcut seramik seçeneklerinin fazlalığı ve sürekli yenilerinin pazara sunulması, hekimlerin belirli bir klinik durum için uygun materyali seçerken kararsız kalmalarına neden olmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan seramiklerin sınıflandırılması, materyalin ağız içindeki konumuna (ön veya arka bölge), yapılacak restorasyonun türüne (kısmi ya da tam, kısa ya da uzun köprü) ve yapıştırma şekline (adeziv ya da geleneksel) göre klinik açıdan yol gösterici bilgiler sunmaktadır. Klinik kullanım alanlarına, bileşim özelliklerine, aşındırılabilirliğe, üretim şekillerine, pişirme sıcaklıklarına, mikroyapılarına, renk ve ışık geçirgenliklerine, kırılma dayanımlarına ve karşıt diş aşındırıcılığına göre farklı sınıflama yaklaşımları öne sürülmüştür. Ancak bu sınıflandırmalar ya belirsiz ya da kesin olmama eğilimindedir ve yeni restoratif materyallerin dahil edilmesine kolaylıkla izin vermemektedirler (Bajraktarova-Valjakova vd., 2018; Gracis vd., 2015).

2.1.1. Dental seramiklerin kimyasal yapısı ve özellikleri

Seramikler genellikle bir ya da birden fazla metalin, metal olmayan bir elementle çoğunlukla da oksijenle yaptığı bileşimdir ve çoğunlukla silikattan oluşurlar. Bu yapılarda, oksijen atomları matriks görevini üstlenirken; yarı metal olan silisyum ve küçük metal atomları bu matriks içerisinde düzenli bir şekilde yer alır. Seramik kristallerinde hem iyonik hem de kovalent bağların bir arada bulunması, bu materyallere yüksek sertlik, kimyasal direnç, ısıl stabilite ve yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklılık gibi önemli fiziksel özellikler kazandırır. Ancak aynı zamanda bu güçlü ve düzenli kristal yapı, seramiklerin kırılma karakterinin temel nedenidir (Tüysüz, 2023).

Dental porselenin içeriği genel olarak feldspar, kuartz ve kaolinden oluşmaktadır. Ana yapıyı teşkil eden feldspar en az %60 civarında bulunmaktadır. Kuartz %10-30 arasında bulunurken kaolin %1-5 aralığında bulunmaktadır (İşıtağ vd., 2016).

Bu üç temel bileşenin dışında seramiklere; çeşitli renklendirici pigmentler, opaklaştırıcı veya floresans özelliğini geliştiren çeşitli ajanlar, akışkanlar, cam modifiye ediciler ve ara oksitler eklenebilmektedir (Kürkçüoğlu vd., 2016).

Feldspar

Diş hekimliğinde kullanılan seramik materyaller; %75–85 oranında feldspar ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$), içermektedir. Feldspar, yapıda bağlayıcı görev görür ve geçirgenliği artırır. Doğal ortamda oldukça sık rastlanan bir mineraldir fakat hiçbir zaman tamamen saf halde bulunmaz; içerisinde değişen oranlarda sodyum (Na_2O) ve potasyum (K_2O) barındırır. Diş hekimliğinde çoğunlukla potasyum içeren feldspar tercih edilir. Çünkü bu tip feldspar, porselenin saydamlığını artırmasının yanı sıra fırınlama esnasında şekil bozulmalarını önleyebilir. Erime sonrasında cam benzeri, parlak ve yoğun kıvamlı bir yapıya dönüşür ve aşırı sıcaklığa maruz kalmadığı sürece formunu muhafaza edebilir (Domaniç, 2021).

Kuartz

Kuartz (SiO_2), silika bazlı yapısıyla dental seramiklerde doldurucu ve yapısal destek sağlayıcı bir bileşen olarak görev yapar. Seramiğin mekanik dayanıklılığını artırmasının yanı sıra, yüksek sıcaklıklarda boyutsal stabilitenin korunmasına katkıda bulunur. Aynı zamanda pişirme sırasında meydana gelebilecek büzülmeleri azaltır ve termal genleşme katsayısını dengeleyerek seramiğin termal şoklara karşı direncini artırır. Dental porselenlerde genellikle %10-30 oranında kuartz bulunur. Ancak, bu oranın artması seramiğin büzülmesini azaltmakla birlikte, ışık geçirgenliğini olumsuz etkileyerek estetik açıdan translusensliği düşürebilir. Bu nedenle kuartz oranı, mekanik ve optik özellikler arasında denge gözetilerek belirlenmelidir (Yenice vd., 2020).

Kaolin

Kaolin, porselenin bileşiminde %1 ila %5 arasında yer alır. Kuartz ve feldspar bileşenlerinin uyumlu bir yapı meydana getirmesine ve şekillendirilmesine yardımcı olur. Opak bir

görünümüne sahiptir (Atala vd., 2024). Yapışkan yapısı sayesinde feldspar ve kuartz gibi diğer bileşenler arasında bağ kurarak porselenin bütünlüğünü sağlar ve aynı zamanda modelaj sürecine katkıda bulunur. Dental porselenlerin, diğer seramik türlerine kıyasla daha düşük oranda kaolin içermesi, bu materyalleri ayırt eden önemli bir özelliktir (Yenice vd., 2020).

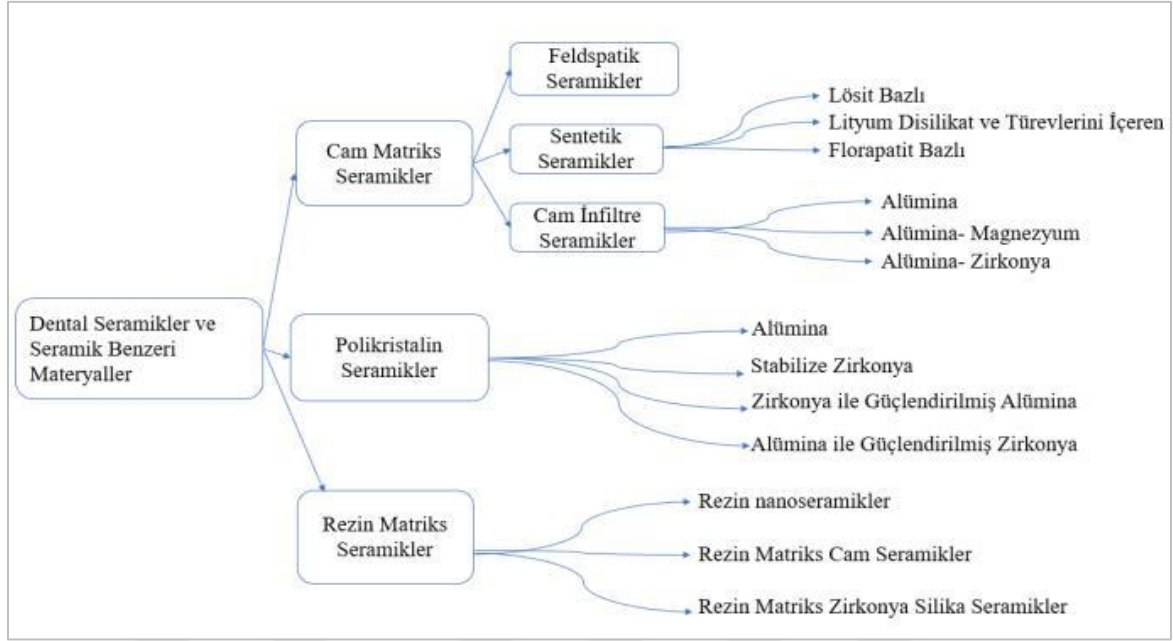
Bu üç temel bileşenin porselen yapısındaki oranları, materyalin fiziksel dayanıklılığı ve estetik özellikleri üzerinde doğrudan belirleyici etkiye sahiptir. Feldspar, kuartz ve kaoline ek olarak, porselenin performansını ve görünümünü iyileştirmek amacıyla yapıya cam modifiye ediciler, renk pigmentleri ve ışık geçirgenliğini düzenleyici çeşitli katkı maddeleri de dahil edilebilmektedir. Bu yardımcı bileşenler sayesinde porselenin opaklığı, renk uyumu ve optik özellikleri kontrollü şekilde değiştirilebilir, böylece hem fonksiyonel hem de estetik açıdan ideal restorasyonlar elde edilebilir (Yenice vd., 2020).

Renk Pigmentleri

Seramik bünyesinde bulunan feldspar renksiz bir yapıya sahip olduğundan, karışıma istenilen tonu kazandırmak amacıyla metal oksit içeren renk verici pigmentler ilave edilir. Bu pigmentler aynı zamanda renk fritleri olarak da adlandırılır ve genellikle %7'yi geçmeyecek miktarda kullanılırlar (Ayvaz, 2024).

2.1.2. Tam seramiklerin sınıflandırılması

Seramik kompozisyonları esas alınarak yapılan en güncel sınıflamaya göre seramik restoratif materyaller: cam matriks seramikler, polikristalin seramikler ve rezin matriks seramikler olarak üçe ayrılmaktadır.



Şekil 2.1. İçeriklerine göre tam seramik sınıflaması (Gracis vd., 2015)

Tam seramik restorasyonlar, yüksek biyouyumlulukları ve estetik üstünlükleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla beraber, estetiği ve dayanıklılığı bir araya getiren monolitik restorasyonlar ortaya çıkana kadar kullanımları neredeyse anterior bölge ile sınırlandırılmıştır. Materyallerdeki son gelişmeler monolitik restorasyonların diş hekimliği pratiğindeki kullanımını çok geniş bir alana yaymıştır. Monolitik restorasyonların bir diğer önemli avantajı da aynı tasarımın tekrarlanabilir bir şekilde oluşturulabilmesine imkan sağlamasıdır (Kökcat vd., 2021). Monolitik seramik restorasyonlarda altyapı ve veneer tabakası arasında bağlantı sorunları ve yapısal özelliklerinin mekanik veya termal stresler altındaki davranışlarının farklılığı gibi sorunlar görülmektedir. Restorasyon üretimindeki aşama sayısı azalmaktadır. Bu durum üretim süresini kısaltırken maliyeti de azalmaktadır. Veneer tabakasına ihtiyaç duyulmaması, bu restorasyonların CAD-CAM (Bilgisayar Destekli Tasarım/ Bilgisayar Destekli Üretim) sistemleriyle hasta başında tek seansta hızlı bir şekilde tamamlanabilmesine imkan vermektedir (Reich, 2015). Hasta başı CAD-CAM sistemleri, frezeleme işlemi sonrasında simantasyona hazır düzgün bir yüzey oluşturamamaktadır. Seramik restorasyonların tamamlanabilmesi için yüzey bitirme işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Restorasyonların üretimi sonrasında meydana gelen yüzey pürüzlülüğünü azaltmak için mekanik polisaj veya glaze ile yüzey bitirme işlemleri kullanılabilir. Rezin yapıdaki malzemelerde glaze veya renklendirme fırınlamaları kontrendikedir. Bu malzemelerde yüzey bitirme işlemi olarak fırınlama gerektirmeyen ışıkla sertleşen glaze ve mekanik polisaj işlemleri uygulanabilmektedir (Flury vd., 2017).

Monolitik CAD-CAM restorasyonlar, işleme yollarına veya bileşimlerine göre sınıflandırılabilir. Bileşim açısından günümüz CAD-CAM seramik materyalleri; cam seramikler, oksit seramikler ve rezin matris seramikler olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır (Köküt vd., 2021).

Cam matris seramikler

Cam fazı içeren ve metal içermeyen inorganik seramik malzemelerdir. Cam matris seramikler; feldspatik seramikler, sentetik seramikler ve cam infiltre seramikler olmak üzere üç alt gruba ayrılırlar (Gracis vd., 2015).

Feldspatik Seramikler

Geleneksel üst yapı seramiği olarak kullanılan seramiklerdir. Yapısında feldspar (sodyum ve potasyum aluminosilikat karışımı), kaolin (hidrate aluminosilikat) ve kuartz (silika) bulunmaktadır. Feldspatik seramiklerin kırılma direnci düşüktür bu yüzden köprü restorasyonlarında kullanımı sınırlıdır fakat inley, onley, laminate veneer ve anterior kron restorasyonlarında kullanılabilirler (Şen vd., 2017).

Bu bloklar, cam matris yapısı içinde homojen şekilde dağılmış, yaklaşık %30 oranında ve 3–4 µm boyutlarında feldspar parçacıkları içermektedir. Bu materyallerin kırılma dayanımı yaklaşık 150 MPa, elastikiyet modülü ise 45 ila 63 GPa arasında değişmektedir (Ordu vd., 2015). Partiküllerin ince olması, sıkıştırılabilirliği artırarak CAD-CAM bloklarının özelliklerinden biri olan boşluksuz yapıları oluşturmuştur (Yenice vd., 2020).

Sentetik Seramikler

Seramik endüstrisi, doğal ham madde kaynaklarına ve bunların çeşitliliğine olan bağımlılığı azaltmak amacıyla sentetik olarak tanımlanan cam seramikleri geliştirmiştir. Her ne kadar içerikleri üretici firmalar arasında değişiklik gösterse de, genellikle silisyum dioksit (SiO₂), potasyum oksit (K₂O), sodyum oksit (Na₂O) ve alüminyum oksit (Al₂O₃) gibi bileşenleri barındırırlar. Bu taneciklerin ilavesiyle, metal altyapılarla uyumlu ısıl genleşme elde etmek gibi fiziksel özellikleri iyileştirmek hedeflenmiştir (Gracis vd., 2015).

Cam matris temelli seramikler sınıfında yer alan sentetik seramikler; l sitle takviyeli cam seramikler, lityum disilikat ve benzeri yapılar ile florapatit içeren gruplar olmak üzere   ana kategoriye ayrılır (Gracis vd.,2015).

1. L sitle Bazlı Seramikler

L sitle bazlı cam seramik materyaller, temel olarak silika (SiO_2), alümina (Al_2O_3) ve potasyum oksit (K_2O) bileşenlerinden oluşmaktadır. Silikat cam matrisinin yaklaşık %30–40'lık hacmini, 1 ile 5 mikrometre boyutlarındaki l sitle kristalleri oluşturmaktadır. Bu materyalin yarı saydamlılığı ve aşındırıcı özelliğı doğal dişe benzerken, bükülme dayanımı yaklaşık 160 MPa seviyesindedir (Çetindağ vd., 2016).

L sitle katkısıyla cam seramiklerin yapısal özellikleri iyileştirilmiştir. L sitle desteklenen bu seramikler, yüksek stabiliteye ve tatmin edici estetik niteliklere sahiptir. Yarı geçirgenlik düzeyi, renk uyumu ve aşındırma davranışı açısından başarılı restorasyon materyalleri olarak kabul edilmektedirler. L sitle içeren cam seramiklerden; veneer, inley, onley ve kron gibi monolitik restorasyonlar  retilenmektedir (Kutluk vd., 2023).

İlk olarak Ivoclar firması tarafından IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent, AG, Schaan, Lihtenştayn) olarak piyasaya sunulan ve geleneksel feldspatik seramik bloklara kıyaslandığında mekanik özelliklerde hafif bir gelişme olan bu seramikler, yüksek ışık geçirgenliğine sahiptir, bu sayede estetiğın önemli olduğu vakalarda popüler bir seçim haline gelmişlerdir. Bu seramik bloklar, y k taşımayan alanlarda kullanıldığında iyi bir klinik başarı göstermiştir (Sulaiman, 2020).

Materyalin abrazyon ve aşınma direnci doğal diş dokusuyla benzerlik gösterir. Bunun yanında renk, translusensi, opaklık, floresanlık gibi estetik özelliklere de sahiptir.  n bölge restorasyonları ve lamina restorasyonları için kullanımı uygundur. Bu gruptaki bloklar ışık geçirgenlikleri açısından HT (High Translucency) ve LT (Low Translucency) olmak üzere sınıflandırılmıştır (Ural vd., 2017).

IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent) ve Paradigm C (3M ESPE, St. Paul, MN, ABD) firmalarına ait l sitle ile g lendirilmiş cam seramik bloklar piyasada mevcuttur.

2. Lityum Disilikat İçerikli Seramikler ve Türevleri

Lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramikler, %57–80 oranında silika (kuartz), %11–19 arasında lityum oksit ve %0–5 oranında alüminyum oksit içeren bir bileşime sahiptir. Malzemenin yaklaşık %60'ını oluşturan yoğun ve homojen biçimde organize olmuş kristal faz yapısı sayesinde, bükülme direnci 320 ile 450 MPa seviyelerine kadar çıkarılmıştır (Duymuş vd., 2015). Lityum disilikatın mikroyapısı, farklı yönlere yönelmiş ve birbirine sıkıca bağlanmış çok ince kristallerden meydana gelmektedir. Bu kristal yapılar, materyal içerisinde oluşabilecek çatlakların ilerlemesini engelleyerek mekanik dayanımı önemli ölçüde artırmaktadır (Tuğcu vd., 2018).

Bu seramikler, tam seramik restorasyonların kullanım alanını genişletmek ve sabit köprü gibi daha yüksek yük taşıyan uygulamalarda da kullanılmalarını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Günümüzde kullanılan lityum disilikat seramiklerin kimyasal bileşiminin %57–80 SiO₂, %0–5 Al₂O₃, %0,1–6 La₂O₃, %0–5 MgO, %0–8 ZnO, %0–13 K₂O, %11–19 Li₂O, %0,5–11 P₂O₅ ile çeşitli katkı maddeleri ve renk pigmentlerini içerecek şekilde 1998 yılında tanımlandığı bildirilmiştir (Duymuş vd., 2015). Seramik yapıya yaklaşık %70 oranında lityum disilikat ilave edilmesiyle, IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemin, lösit katkılı IPS Empress seramiğine kıyasla en büyük avantajı, mikroyapısal farklılığı sayesinde hem daha yüksek bükülme direnci (360 MPa) hem de üstün yarı geçirgenlik (transluserlik) özelliği sunmasıdır (Tuğcu vd., 2018).

Lityum disilikat seramik bloklar (örneğin, IPS e.max CAD, Ivoclar Vivadent), lityum disilikat ve lityum ortofosfat içeren kristalin faza sahiptir. Bu yapı, belirli bir kalınlıkta hem yük taşıyan bölgelerde kullanılabilmesini sağlar hem de üstün optik özelliklerini korur; bu nedenle veneer, inley, onley ve tek kron gibi restorasyonlar için sıklıkla tercih edilen seramik materyallerden biridir (Sulaiman, 2020). Artan estetik talepler doğrultusunda, doğal diş benzeri optik özellikleri geliştirilmiş ve yüksek estetik performans sağlayan lityum disilikat cam seramikler yaygın şekilde kullanılmaktadır. Diş hekimliğinde özellikle anterior bölgede, bu materyaller biyouyumlu yapıları ve uzun süreli stabiliteleri nedeniyle sıkça tercih edilmektedir (Özel vd., 2023). Bu bloklar, prekristalize (mor renkli) fazda ıslak frezlenir, ardından sinterleme fırınında kristalizasyon işlemi gerçekleştirilir; sonrasında ise polisaj, boyama ve glaze işlemleri uygulanır. Yapılan klinik çalışmalar ve laboratuvar

araştırmaları lityum disilikatın tek kron restorasyonlarında başarılı klinik sonuçlar verdiğini bildirmektedir (Esquivel-Upshaw vd., 2013). Ancak sabit protez uygulamalarında, özellikle bağlantı bölgelerinde meydana gelen kırıklar nedeniyle olumsuz sonuçlar da bildirilmiştir (Pieger vd., 2014; Sulaiman, 2020). Son zamanlarda, bu silikat seramik sınıfının kristalizasyon gerektirmeyen tam kristalize edilmiş yeni versiyonları geliştirilmiştir (Sulaiman, 2020).

CAD-CAM sistemleri için tasarlanmış lityum disilikat cam seramik bloklar, kullanım alanına ve yapılacak restorasyonun türüne göre farklı ışık geçirgenliği düzeyleri ve renk alternatifleriyle sunulmaktadır. Bu bloklar üç farklı translusenslik seviyesine sahiptir: yüksek ışık geçirgenliğine sahip olanlar (HT), düşük ışık geçirgenliği sunanlar (LT) ve orta derecede opaklık gösterenler (MO) (Şengün vd., 2017).

Lityum disilikat esaslı restorasyonların başarısı, seramik yüzey ile adeziv siman ve diş dokusu arasında kurulan bağa bağlıdır. Bu seramiklerde en yaygın kullanılan yüzey hazırlama yöntemi, hidroflorik asit (HF) ile yapılan kimyasal pürüzlendirmedir. HF uygulaması, cam seramiğin yüzeyinde bağlanmaya uygun mikropürüzlülük oluşturarak yapışma etkisini arttırmaktadır. Ayrıca seramik yüzey hazırlığında, frezle mekanik pürüzlendirme ve farklı tane boyutuna sahip alüminyum oksitle kuşlama gibi alternatif işlemler de önerilmektedir (Özel vd., 2023).

IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn), CEREC Tessera (Dentsply Sirona, York, PA, ABD) ve GC Initial LiSi (GC, Tokyo, Japonya) seramikler bu gruba örnek verilebilir.

IPS e.max CAD:

2005 yılında Ivoclar Vivadent (Schaan, Lihtenştayn) tarafından tanıtılan IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent), mikroçatlak ilerlemesini azaltmak amacıyla cam matriks içerisinde dağılmış lityum disilikat kristalleri ($\text{SiO}_2\text{-Li}_2\text{O}$) içeren bir yapıya sahiptir ve bu yapı sayesinde mekanik stabilitesi artmaktadır (Mounajjed vd., 2016).

IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent), geliştirilmiş mekanik özellikleri sayesinde piyasaya sunulduğu günden bu yana giderek daha yaygın kullanılmaya başlanmıştır. Malzemenin

mavi durum olarak adlandırılan kısmen kristalize hali, başlangıçtaki fiziksel halidir. Bu yarı kristalize formda, malzeme yaklaşık 130 MPa bükülme direnci ve 0,9–1,25 MPa \sqrt{m} aralığında kırılma tokluğu sergilemektedir. Üretici firma verilerine göre, bu aşamada Vickers sertliği 5400 MPa olarak bildirilmiştir. Fırınlama işleminden sonra, malzemenin mekanik özellikleri belirgin şekilde değişmektedir. Üretici verilerine göre, bu süreçte restorasyon lineer olarak yaklaşık %0,2 oranında büzülme göstermektedir. Bu büzülme, restorasyon kenarlarında marjinal boşluklara ve iç uyumun azalmasına yol açabilecek potansiyel bir faktör olarak değerlendirilse de, bu miktar diğer CAD-CAM materyallerine kıyasla anlamlı düzeyde bir fark yaratmamaktadır. Üretici yönergelerine uygun şekilde (770 °C'de 5 dakika, ardından 850 °C'de 10 dakika pişirme) tam kristalize edilen IPS e.max CAD formu, 262–360 MPa arasında değişen bükülme direnci ve 2–2,5 MPa \sqrt{m} kırılma tokluğu sergilemektedir. IPS e.max CAD'in, lösit takviyeli dental seramiklere kıyasla daha yüksek bükülme dayanımına sahip olduğu gösterilmiştir (Willard vd., 2018).

CEREC MC XL (Sirona Dental Systems) gibi klinik kullanıma uygun CAD-CAM sistemleri, lityum disilikat bloklardan (IPS e.max CAD) monolitik restorasyon üretimine olanak sağlayan güvenilir sistemler olarak kabul edilmektedir. Bu teknoloji sayesinde, intraoral optik ölçü alma ve klinik ortamda frezleme ile restorasyonlar tek seansta tamamlanabilmektedir. Böylece geçici siman kullanımına gerek kalmaz ve bunun sonucunda dentinle olan bağlanma daha güçlü olabilmektedir (Mounajjed vd., 2016).

IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent) restorasyonlarında adeziv simantasyon önerilmektedir. Yapılan çalışmalarda, adeziv simantasyon uygulanan restorasyonların kırılma direncinin daha yüksek olduğu bulunmuştur (Baladhandayutham vd., 2015).

Lityum disilikat cam seramiklerin endikasyonları oldukça geniştir. Bunlar, inley, onley, veneer ve anterior/posterior kron restorasyonları, ikinci premolar dişlere kadar 3 üyeli sabit köprü protezleri, implant abutmentleri ve implant kronları gibi tedavi süreçlerini kapsar. Lityum disilikat restorasyonları, yüksek dayanıklılıkları sayesinde marjinal bütünlüğü korurken, yeterli optik ve mekanik özellikleri de muhafaza eder. Ayrıca, bu materyalin 0,5 mm'den daha ince kalınlıklarda üretilebilmesi, minimal invaziv ve hatta non-invaziv tedavilerde kullanımına olanak tanır. Bu özellikleri, hastaların doğal diş yapısına en az müdahale ile estetik ve fonksiyonel restorasyonlar elde etmelerini mümkün kılar (Sartori vd., 2015).

Lityum disilikat cam seramikler şu anda monolitik restorasyonlar için iyi bir seçimdir ve olağanüstü estetik ve mekanik özellikleri nedeniyle minimal invaziv prosedürlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Charoenporn vd., 2024).

Çizelge 2.1. IPS e.max CAD seramiğinin kimyasal yapısı (Ahmed 2019).

Oksitler	Kütle içerisindeki oranı, %
SiO ₂	57-80
Li ₂ O	11-19
K ₂ O	0-13
ZrO ₂	0-8
P ₂ O ₅	0-11
Renklendirici ve diğer oksitler	0-12

Çizelge 2.2. IPS e.max CAD seramiğinin mekanik özellikleri (Willard vd., 2018)

Özellik	Kısmen kristalize form	Tam kristalize form
Eğilme dayanımı	130 MPa	262–360 MPa
Kırılma tokluğu	0,9–1,25 MPa·m ^{1/2}	2–2,5 MPa·m ^{1/2}

GC Initial LiSi:

2021 yılında CAD-CAM kullanımını için geliştirilmiş lityum disilikat içeren GC Initial LiSi piyasaya sunulmuştur. GC Initial LiSi, monolitik yapıda, tam kristalize cam seramik bir bloktur. Dört farklı renk ve iki farklı translüenslik seçeneğine sahiptir. IPS e.max CAD'in yarı kristalize bloklarına kıyasla daha hızlı üretim imkanı sunar (<https://www.gc.dental/america/products/digital/cadcam/gc-initial-lisi-block>).

Yüksek estetik özelliklerinin yanı sıra, klasik lityum disilikat seramiklere kıyasla geliştirilmiş mekanik dayanım sunar. Bu sayede hem anterior hem de posterior bölgelerde kullanıma uygundur. Blok üretiminde uygulanan High Density Micronization (Yüksek Yoğunluklu Mikronizasyon) (HDM) teknolojisi, küçük boyutlu kristallerin yüksek yoğunlukta ve homojen dağılımını sağlar. Bu yapı, frezleme sonrası oluşabilecek mikroçatlak riskini azaltırken, aşınma direncini artırır ve antagonist dişlerdeki abrazyonu minimize eder. Materyal, üretici protokolüne uygun olarak önceden kristalize edildiği için, klinik uygulamalarda ilave fırınlama gerektirmez; bu durum hem zaman tasarrufu sağlar hem de restorasyonun ince bölgelerinde deformasyon riskini azaltır. GC Initial LiSi blok, yüksek

(HT) ve düşük (LT) translusensite seçenekleriyle sunulur ve VITA klasik renk skalasına uyumludur (Rohde, 2024). Laminate veneer, anterior ve posterior kron, inley, onley ve implant üstü kronlarda kullanımı endikedir (<https://www.gc.dental/america/products/digital/cadcam/gc-initial-lisi-block>).

Çizelge 2.3. GC Initial Lisi seramiğin kimyasal yapısı (Munoz vd., 2023)

Oksitler	Kütle içindeki oranı, %
SiO ₂	55-80
Li ₂ O	10-30
Diğer oksitler	5-20

Çizelge 2.4. GC Initial Lisi seramiğine ait mekanik değerleri (https://www.gc.dental/europe/sites/europe.gc.dental/files/products/downloads/initiallisiblock/manual/MAN_Initial_Lisi_Block_en.pdf)

Özellikler	Ölçü birimi	Ortalama değer
Astar termal genişleme (CTE, 25 - 500 °C)	10-6/K	10,3
İki eksenli bükülme dayanımı	MPa	408
Kimyasal çözünürlük	µg/cm ²	2,9
2 yüzeyli aşınma (materyalin)	µm	1
2 yüzeyli aşınma (karşıt yapının)	µm	6
Vickers sertliği	HV	244

CEREC Tessera:

2021 yılında, Dentsply Sirona tarafından Tessera markasıyla geliştirilmiş lityum disilikat materyali piyasaya sunulmuştur. Bu materyal, tam kronlar, inley/onley restorasyonlar ve laminate veneerler gibi tam kapsamlı restorasyonlar için özel olarak tasarlanmıştır. Yapısında hacimce %90 lityum disilikat kristali ve %5 oranında virgilit içermektedir. Yüksek estetik görünüm ve bükülme dayanımı sunarlar. Bu üstünlükler, cam matriks içerisinde yer alan iki tamamlayıcı kristal fazın zirkonya katkısı ile bir araya getirilmesi sayesinde elde edilmektedir (Biaksiyel eğilme dayanımı yaklaşık 700 MPa) (Alayad vd., 2024).

CEREC Tessera blokları, cam matriks içinde %10 oranında çözünmüş zirkonya içerir. Ayrıca yapısında iki farklı kristal faz bulunur: biri lityum disilikat, diğeri ise lityum

alüminyum silikat kristalidir. Isıtma işlemi sırasında, nano ölçekli virgilit kristalleri oluşur. Yaklaşık 0,5 µm uzunluğundaki bu iğne benzeri kristaller, zirkonya ile zenginleştirilmiş cam matriks içinde gömülü hale gelir. Bu bileşenlerin birleşimiyle, yoğun, dayanıklı bir restoratif materyal elde edilir. Üretici firma, CEREC Tessera'nın yoğun ve iç içe geçmiş kristal yapısının artan dayanımın temel sebebi olduğunu ve bu yapının mikroçatlak oluşumunu ve çatlak ilerlemesini önlediğini belirtmektedir (Al-Shahalii vd., 2025).

Çizelge 2.5. CEREC Tessera'nın kimyasal yapısı (Alayad vd., 2024).

Oksitler	Hacimce oranı, %
Li ₂ Si ₂ O ₅	90
Virgilit kristali	5

Çizelge 2.6. CEREC Tessera'nın mekanik değerleri (Alayad vd., 2024).

Özellik	Değer
Biaksiyel eğilme dayanımı	700 MPa
Kristal boyutu (virgilit)	0,5 µm
Mikroyapı tipi	İç içe geçmiş

3. Florapatit Bazlı Seramikler

Feldspatik camsı matris içinde dağılmış florapatit kristallerinden oluşmaktadır. Bu kristaller materyalin translüensliğini artırırken restorasyonun görünümüne doğallık sağlamaktadır (Yamalı vd., 2023). Hem frezelenabilir hem de preslenebilir olan lityum disilikat seramiklerle birlikte kullanılabilirler. Fakat mekanik ve optik özelliklerinin yeterli olmaması nedeniyle günümüzde kullanım oranları azalmaktadır. Bu seramiklere IPS e.max Ceram (Ivoclar Vivadent) ve IPS e.max ZirPress (Ivoclar Vivadent) örnek olarak gösterilebilir (Gracis vd., 2015).

Cam İnfiltre seramikler

Bu seramik türü "In-Ceram seramikleri" olarak bilinmekte olup, düşük viskoziteli camla infiltrasyona uğramış sinterlenmiş bir kütleden oluşur. Vita firmasının geliştirdiği In-Ceram Alumina, In-Ceram Spinell (magnezyum alüminat spinel) ve In-Ceram Zirconia bu gruba dahildir. Genel olarak, In-Ceram seramikleri tek kronlar ve ön bölgede üç üyeli sabit protezler için çekirdek materyali olarak kullanılmıştır (Warreth vd., 2020).

Alümina ile güçlendirilmiş cam infiltre seramikler, alümina ve magnezya ile güçlendirilmiş cam infiltre seramikler, alümina ve zirkonya ile güçlendirilmiş cam infiltre seramikler olmak üzere 3 alt grubu vardır. Malzemenin yapısının karmaşık, üretiminin ise zor olması; ayrıca lityum disilikat ve zirkonyanın daha fazla tercih edilmesi nedeniyle bu seramikler artık kullanılmamaktadır (Bajraktarova-Valjakova vd., 2018).

Polikristalin seramikler

Herhangi bir cam fazı içermeyen ve metalik olmayan inorganik seramik malzemelerdir. Polikristalin seramikler; alümina, stabilize zirkonya, zirkonya ile güçlendirilmiş alümina ve alümina ile güçlendirilmiş zirkonya olmak üzere dört alt gruba ayrılırlar (Gracis vd.,2015).

Stabilize Zirkonya

Saf zirkonya üç ana allotropik kristal formda bulunur. Bu formlar; oda sıcaklığı ile 1170 °C arasında monoklinik faz, 1170 °C ile 2370 °C arasında tetragonal faz ve 2370 °C'nin üzerine çıktığında kübik faza dönüşen formlardır (Stawarczy vd., 2017).

Zirkonya materyali, tetragonal fazda yarı stabil bir durumda bulunmaktadır. Bu fazda ne kadar süre kalacağı öngörülemediği için, materyal kararsız olarak değerlendirilmektedir. Gerilimin mevcut olduğu bölgelerde, bu partiküller tetragonal fazdan monolitik faza geçiş gösterir. Bu faz dönüşümü, partiküllerin hacminde yaklaşık %3 ile %5 oranında bir artışa neden olur. Hacimdeki bu genişleme ile ortaya çıkan baskı kuvvetleri, faz değişimi sonucu oluşan çatlakları ya kapatır ya da ilerlemesini engeller. Bunun sonucunda, materyalin sertliğinde ve mekanik performansında belirgin bir gelişme gözlemlenir. Zirkonyumun bu özelliği, literatürde dönüşüm sertleşmesi olarak tanımlanmaktadır (Yağcı, 2022).

Zirkonya, başlangıçta yüksek mekanik dayanımı nedeniyle tercih edilen altyapı materyali iken, günümüzde estetik beklentileri karşılamak amacıyla yapı ve optik özellikleri açısından geliştirilmiştir. Bu gelişmeler doğrultusunda, materyalin translüsensini artırmak için cam faz ilavesi, sinterleme parametrelerinin değiştirilmesi, gren boyutunun artırılması ve optik izotropiye sahip kübik fazın oranının artırılması gibi stratejiler uygulanmıştır. Zirkonya kristal olarak monoklinik, tetragonal ve kübik fazlarda bulunabilir ve bu fazların oranı, materyalin mekanik ve optik özelliklerini belirler. Klinik uygulamalarda kolaylık sağlaması adına zirkonyalar dört jenerasyonda sınıflandırılmıştır. Birinci jenerasyon (%3 mol Y_2O_3 ile stabilize edilmiş 3Y-TZP), yüksek bükülme direnci (~1000 MPa) ve opak yapısıyla dikkat çekerken, estetik beklentileri karşılamada yetersiz kalmıştır. İkinci jenerasyonda, alümina içeriği azaltılarak translüsens artırılmış, mekanik özellikler ise korunmuştur. Üçüncü jenerasyon (%5 mol Y_2O_3 , 5Y-TZP), artan kübik faz içeriğiyle yüksek translüsens sağlamış, ancak bu durum mekanik dayanımda azalmaya yol açmıştır. Dördüncü jenerasyonda (%4 mol Y_2O_3 , 4Y-TZP), translüsens ile mekanik dayanım arasında denge kurulmuştur. Günümüzde katmanlı ve gradyan yapıları zirkonya blokları, farklı jenerasyonların birleştirilmesiyle doğal diş görünümünü taklit edecek şekilde tasarlanmakta; ayrıca süper hızlı sinterleme gibi üretim sürecini kısaltmaya yönelik teknolojiler de geliştirilmektedir. Ancak bu yeni yaklaşımların klinik geçerliliği için daha fazla bilimsel veriye ihtiyaç vardır (Deniz vd., 2023).

Rezin matriks seramikler

Porselenler, camlar, seramikler ve cam-seramikleri içerebilen ağırlıklı olarak dayanıklı inorganik bileşenler içeren polimer matrikslerdir. Rezin matriks seramikler bileşimlerine göre; rezin nanoseramikler, rezin matriks cam seramikler ve rezin matriks zirkonya silika seramikler olmak üzere üç gruba ayrılırlar (Gracis vd., 2015).

Rezin Nanoseramik

Ağırlığının %80'ini nanoseramik partiküller oluşturan rezin-matriks yapısında, aralıklı silika nanopartikülleri (20 nm çapında), zirkonya nanopartikülleri (4-11 nm çapında) ve nanopartiküllerle birleşen zirkonya-silika nano tanecikleri bulunur. Bu partiküller, doldurucu partiküller arasındaki boşluğu azaltarak materyalin daha yüksek nanoseramik içeriğe ulaşmasını sağlar (Gracis vd., 2015).

Rezin Matriks Cam Seramikler

İlk hibrit materyal olarak üretilen ve dual ağ yapısıyla kompozit ile seramiğin avantajlarını bir araya getiren materyal, çift ağılı hibrit yapı olarak da adlandırılmaktadır. Materyal, ağırlıkça %86 seramik ve %14 polimerden (hacimsel olarak %75 seramik, %25 polimer) oluşur. Dentine benzer abrazyon, esneme sertliği ve elastik özellikler sergilemektedirlerdir (Gracis vd., 2015).

Rezin Matriks Zirkonya Silika Seramikler

Rezin ağ yapısında, silisyum tozu, zirkonya silikat, üretan dimetakrilat (UDMA), trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA), mikro füme silika, pigmentler ve farklı organik matrislerle özel olarak tasarlanmış; inorganik bileşimi bisfenol A-glisinil metakrilat (bisGMA), trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA), zirkonya-silika seramik partikülleri ve üçlü başlatma sisteminden oluşan bir kompozittir (Gracis vd., 2015).

2.2. Tamir Yöntemleri

Seramik restorasyonlarla yapılan rehabilitasyonlarda klinik başarısızlıklar meydana gelebilir ve bu başarısızlıkların başlıca nedeni kırılmadır. Kırılmalar; oklüzyon, laboratuvar hataları ya da klinik uygulama hataları gibi çeşitli nedenlere bağlı olabilir. Kırılan bir restorasyon, estetik ve fonksiyon açısından hastada memnuniyetsizlik yaratır. Bu tür bir kırık, ya parçanın tamamen yenilenmesiyle ya da kompozit rezinle tamir edilerek düzeltilebilir (de Souza Carvalho vd., 2022). Doğrudan tamir tekniği, klinik sürenin kısılmasını ve maliyetin azalmasını sağlar (Hakimaneh vd., 2020). Doğrudan tamir işleminde; önce kırık yüzeyin işlenmesi, ardından silan ajanı, adeziv ve kompozit rezin uygulanması gerekir. Yüzey işlemleri; frezlerle yapılan mekanik pürüzlendirme, alüminyum oksit abrazyonu gibi yöntemlerle ya da asitlerle farklı konsantrasyon ve sürede uygulanan kimyasal işlemlerle yapılabilir. Amaç, yüzeyde mikroporoziteler oluşturarak kimyasal bağlayıcı ajanlar (silan ve adeziv) aracılığıyla kompozit rezin ile restorasyon arasında güçlü bir kimyasal bağ sağlamaktır (Kumchai vd., 2020).

2.2.1. Ağız dışı tamir yöntemleri

Restorasyonun ağızdan çıkarılabildiği durumlarda, laboratuvarda kırıkların onarımı veya yenilenmesi mümkün olmaktadır (AL-Turki vd., 2020). Estetik ve dayanıklılık açısından laboratuvarda onarılan restorasyon ideal sonuçlar sunar fakat bu yöntemin dezavantajları arasında yöntemin dayanak dişlerde oluşturduğu travma, doktor, hasta ve laboratuvar için yüksek maliyetli olması ve zaman alması bulunur. Ağız içi tamir yöntemleri daha hızlı ve ekonomik olduğu için sıklıkla tercih edilmektedir (Agingu vd., 2018; Habib vd., 2021).

2.2.2. Ağız içi tamir yöntemleri

Ağız içi sabit seramik restorasyonlarda, özellikle ön bölgelerde meydana gelen kırıklar, hem estetik hem de biyolojik açıdan sorun oluşturur. Düzensiz kırık yüzeyleri mikroorganizma birikimi açısından risk taşır (Kaya vd., 2022). Ağız içi onarım işlemlerinin uygulanmasıyla, hasta mevcut restorasyonunu kullanmayı sürdürebilmekte ve bu durum hem maddi hem de ruhsal açıdan fayda sağlamaktadır. Ayrıca bu işlem, yeni bir restorasyon yapılmasına kıyasla daha kısa sürede tamamlandığından, hem hekim hem de hasta açısından zaman kazandıran bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, kırık bölgesinde oluşan düzensiz yapının giderilmesiyle, bu alanda bakteri birikiminin önüne geçilmiş olmaktadır (Tanrıku vd., 2020). Bu nedenle ağız içi tamir yöntemleri, restorasyonun tamamen yenilenmesini gerektirmeden hızlı, konforlu ve düşük maliyetli bir çözüm sunmaktadır. Küçük kırıklarda sadece polisaj yeterliyken, daha büyük kırıklarda üç farklı yöntem uygulanabilmektedir:

1. Kompozit rezinle tamir,
2. Mevcut kırık parçanın rezin simanla yapıştırılması,
3. Ölçü alınıp laboratuvarda üretilen veneer porselenin yapıştırılması.

Kompozit rezinle tamir, hızlı ve pratik olsa da uzun vadede renk stabilitesi ve dayanım açısından dezavantajlar taşıyabilir. Mevcut kırık parçanın yapıştırılması ise en az invaziv yöntem olup, uygun yüzey işlemleriyle uygulanır. Estetiğin önemli olduğu durumlarda, laboratuvar yapımı veneer porselen kullanımı en ideal sonucu sağlar. Günümüzde CAD-CAM sistemleri, restorasyon üretiminde hız, hassasiyet ve estetik avantajlarıyla yaygınlık kazanmıştır. CAD-CAM ile üretilen yüksek dayanımlı seramikler ve rezin simanlar, ağız içi tamirde etkili bir çözüm sunar. Bu sayede hem restorasyonun çıkarılması gerekmez hem de

estetik başarı sağlanır. Uzun süreli başarı için, uygulanan yöntem ne olursa olsun, rezin siman ile kırık yüzey arasında güçlü bir bağ sağlanmalı; bunun için mekanik ve kimyasal yüzey işlemleri dikkatle uygulanmalıdır (Kaya vd., 2022).

2.3. Yüzey Hazırlığı Yöntemleri

Rezin ile seramik materyaller arasındaki bağlanma dayanımını artırmak, kırılmış seramik restorasyonların işlevini iyileştirmek ve ömrünü uzatmak amacıyla mekanik veya kimyasal yüzey hazırlama yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yüzey işlemleri; frez ile yüzey pürüzlendirme, tribokimyasal silika kaplama, lazer uygulamaları, zirkonya uygulamaları, asit ile pürüzlendirme (örneğin; hidroflorik asit (HF), asitli fosfat florür (APF), fosforik asit (PA)) ve alüminyum oksit ile kumlama işlemleridir. Günümüzde piyasada, farklı yüzey hazırlama protokollerine sahip çeşitli tamir sistemleri bulunmaktadır. Bu durum, klinisyenler için en uygun sistemi seçmeyi ve güvenilir sonuç elde etmeyi zorlaştırmaktadır (Altıntaş vd., 2022).

2.3.1. Dönen aletle pürüzlendirme

Bu yüzey hazırlama yöntemi mekanik tutuculuk sağlasa da; uygulama sırasında diskler, elmas uçlar ve alüminyum oksit bazlı zımpara sistemleri kullanılmaktadır. Elmas frezlerle yapılan aşındırma işlemi sonrasında elde edilen elektron mikroskobu görüntülerinde, yüzeyde çizik izlerine rastlansa da, gözenek oluşumuna rastlanmamıştır. Ancak bu teknik, keskin kenarların oluşmasına ve yüzeyde fazla materyal kaybına neden olabilmektedir. Frezle aşındırmanın bir diğer olumsuz yönü ise, seramik yapının dayanıklılığında azalmaya yol açmasıdır. Kontrolsüz uygulandığında malzeme üzerinde mikroçatlak oluşumuna neden olabilmektedir (Tosun vd., 2024). Güngör ve diğerleri (2016) yaptıkları çalışmada yüzey işlemlerinin CAD-CAM rezin-seramik hibrit materyale tamir materyalinin bağlanma dayanımını araştırmışlardır. Bu çalışmada numunelerin yüzeylerine alüminyum oksit ile kumlama, yeşil bantlı elmas frezle pürüzlendirme ve hidroflorik asitle aşındırma işlemleri uygulanmış ve sonuçlarda yüzey işlemlerinin ve malzemelerin yüzey pürüzlülük değerleri arasında en yüksek yüzey pürüzlülüğü frezle pürüzlendirme grubunda gözlenirken, bunu alüminyum oksit ile kumlama grubu izlemiştir. Wahsh ve diğerleri (2015) yaptıkları çalışmada farklı yüzey işlemlerinin iki CAD-CAM estetik restoratif materyale uygulanan tamir rezin kompozitinin mikroklesme bağ mukavemeti (μ SBS) üzerindeki etkisini

araştırmışlardır. Seramik bloklar yüzey işlemine göre hiçbir işlem görmeyen kontrol grubu, elmas frezle pürüzlendirilen grup ve Cojet sistemiyle silika kaplanan grup olarak 3 gruba ayrılmıştır. Çalışmanın sonucunda elmas frezin Monobond plus ve Heliobond yapıştırıcı sistemiyle birlikte kullanımının test edilen tüm gruplarla karşılaştırıldığında daha yüksek μ SBS gösterdiği belirtilmiştir.

2.3.2. Asitle pürüzlendirme

Asitle yüzey pürüzlendirme işlemi, doğrudan ya da dolaylı tamir uygulamalarında kritik bir aşamadır. Bu işlem, seramik materyalin yüzey enerjisini artırarak ve rezinin seramiğe bağlanma kapasitesini yükselterek yüzeyin alanını ve ıslanabilirliğini geliştirir. Klinik ortamda, %2,5 ile %10 oranındaki hidroflorik asidin 60 saniye boyunca uygulanması kırık bölgenin tamirine hazırlanmasında en pratik yöntemlerden biridir. HF asidin, lityum disilikat içerikli cam seramikleri etkili bir şekilde pürüzlendirebildiği bilinmektedir. Bu tür silikat bazlı seramiklerde bağlantı yüzeyi oluşturmak için etkili olan tek asit HF asittir. HF, cam fazdaki silika yapısına etki ederek hekzaflorosilikat bileşiklerin oluşmasına neden olur. Böylece cam faz çözünür, kristal yapı açığa çıkar ve mikrogözenekli bir yapı meydana gelerek resin ile mikromekanik tutuculuk sağlanır. Bu yüzeylerde doymamış oksijen bağları ortaya çıkar ve bu bağlar silan ajanlarının tutunmasına olanak tanıyan kimyasal köprüler oluşturur. Bununla birlikte, Hooshmand (2008) ve Zogheib (2011) gibi araştırmacılar, asitle pürüzlendirmenin cam seramiklerin çift eksenli bükülme dayanımını önemli ölçüde düşürdüğünü rapor etmiştir. Bello ve diğerleri (2019) yaptıkları çalışmada kompozit tamir materyali ile polimer infiltre seramik ağ yapılı materyal arasındaki bağlanma dayanımına farklı yüzey işlemlerinin etkisini araştırmışlardır. Bloklar %5 hidroflorik asit uygulanan ve alüminyum oksit parçacıklarıyla kumlanan grup olarak 2 alt gruba ayrılmıştır. Çalışmanın sonucuna bakıldığında kumlama yapılan grubun Ra değeri asit uygulanan gruba göre istatistiksel olarak daha büyük bulunmuştur. Ra değeri, yüzeydeki düzensizliklerin aritmetik ortalaması olarak tanımlanır ve çoğunlukla pürüzlülük değerlendirmelerinde temel kriterdir (Filiz vd., 2023). Maawadh ve diğerleri (2020) yaptıkları çalışmada farklı yüzey işlemleri kullanılarak lityum disilikat seramik ve hibrit resin seramik yüzey topografisini ve tamir bağlanma dayanımını karşılaştırmışlardır. Bloklara düşük seviye lazer tedavisi, fotodinamik tedavi, hidroflorik asit sonrası silan ve hava aşındırma sonrası silan uygulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarında en yüksek tamir bağlanma dayanımı, hidroflorik asit sonrası silan uygulanan grupta elde edilmiştir.

2.3.3. Kumlama

Kumlama işlemi, ağız içi porselen tamirlerinde uygulandığında, yüzeyin temas alanını artırırken yüzey enerjisini de azaltır. Bu işlem hem klinik ortamda hem de laboratuvar koşullarında uygun cihazlarla gerçekleştirilebilir. Kumlama işlemi, genellikle 2–3 bar basınç altında 50 µm boyutundaki alüminyum oksit (Al_2O_3) partiküllerinin yüzeye püskürtülmesiyle yapılır. Bu uygulamanın yüzeyi temizlediği, genişlettiği ve yüzey aktivasyonunu sağladığı bildirilmektedir. Kumlama, zirkonya altyapı ile üst yapı porseleni arasında ve ayrıca altyapı ile rezin siman arasındaki bağlantı yüzeylerinde pürüzlülük oluşturarak mekanik tutuculuğu artırmak amacıyla tercih edilir. Ancak, kumlama sırasında alümina partiküllerinin yüzeye yüksek hızla çarpması yüzey hasarına yol açabilmektedir. Bu nedenle bazı araştırmacılar, özellikle zirkonya gibi kırılğan seramiklerde, keskin ve sert partiküller yerine daha yuvarlak ve yumuşak aşındırıcıların kullanılmasını önermektedir. Çünkü bu tip yüzey hasarları, seramik materyalde çatlakların başlangıç noktası olabilmektedir. Ayrıca, cam esaslı seramik yüzeylerde (silikat yapılar) kumlama işlemi önerilmemekte; bunun yerine, asit ile pürüzlendirme yöntemi, uzun dönem başarı açısından daha uygun görülmektedir (Kaya vd., 2022). Campos ve diğerleri (2016) yaptıkları çalışmada yüzey işlemlerinin ve yaşlanmanın hibrit seramikle rezin bağlanması üzerinde etkisini incelemiştir. İşlem uygulanmayan kontrol grubu, %10 hidroflorik asit, %37 fosforik asit ve silika parçacık kaplı alümina ile yüzey işlemleri uygulanmıştır. Yaşlanma uygulanmayan grupta en yüksek bağ mukavemeti alümina ile kumlanan yüzeyde gözükürken yaşlanma uygulandıktan sonra bu değerinde dramatik bir düşüş görülmüştür.

Yüzey pürüzlülüğü, bir materyalin yüzeyinde mikroskobik düzeyde görülen küçük düzensizlikleri ifade eder (Oral vd., 2022). Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek için in vitro koşullarda çeşitli analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler; taramalı elektron mikroskobu (SEM), atomik kuvvet mikroskobu (AFM), kontakt (mekanik) profilometri, optik ve lazer temassız profilometri gibi hem nitel hem de nicel ölçüm tekniklerini içerir. Özellikle profilometreler, yüzey topografisini kantitatif olarak analiz etmede yaygın olarak kullanılmakta olup Ra, Rz ve Rmax gibi parametrelerle yüzey kalitesini değerlendirmeye olanak sağlar. Literatürde, 0,2 µm eşliğinin altında kalan yüzey pürüzlülüğü değerlerinin bakteri tutunmasını anlamlı şekilde azaltmadığı, 0,25–0,5 µm aralığındaki değerlerin ise dil tarafından hissedilerek hasta rahatsızlığına yol açabileceği belirtilmektedir. Son yıllarda gelişen optik ve lazer teknolojileri, temassız ve daha hassas ölçümler yapılmasını mümkün

kılmakta olup, farklı yöntemlerle elde edilen verilerin karşılaştırılması daha güvenilir sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır (Filiz vd., 2023).

2.4. Rezin-Seramik Arasındaki Bağlantı Dayanımını Ölçmeye Yönelik Testler

In vitro simülasyonlar, klinik ortamda yaşlandıkça mekanik ve yapısal bozulma özelliklerini değerlendirerek dental materyallerin ömrünün tahmin edilmesine yardımcı olabilir. Laboratuvar testleri ve in vitro araştırmalar, klinik ortam, nem ve dişlere ve restorasyonlara uygulanan kuvvetler gibi ağız içi koşulları tamamen taklit edemese de, bunları bir dereceye kadar simüle edebilir (Alnafaiy vd., 2021).

2.4.1. Makro makaslama bağlanma dayanımı testi

Makro makaslama bağlanma dayanımı testi, iki materyal arasındaki yapışmanın kuvvet etkisiyle kopma dayanımını değerlendirmek amacıyla uygulanır. Bu testte, örnek uygun şartlarda hazırlanarak üniversal test cihazına yerleştirilir ve kuvvet, genellikle tek açılı çivi ucu, düz keski ya da tel halka aracılığıyla uygulanır. ISO standartlarına göre test hızının 0,45–1,05 mm/dk aralığında olması önerilmektedir. Kuvvet, bağın koptuğu ana kadar sabit hızda uygulanır ve en fazla kuvvet, bağlanan yüzey alanına bölünerek bağlanma dayanımı (MPa) hesaplanır. Bağlanmanın başarısız olması, iki materyal arasındaki adeziv bağın bozulmasıyla gerçekleşir. Kuvvet uygulama noktasının örnekten uzaklığı arttıkça moment artar ve bu da gerilme kuvvetini etkiler. Uygulama aparatının şekli (çivi ucu, tel halka, keski) gerilme dağılımını değiştirerek test sonucunu etkiler. Ayrıca testte kullanılan örneklerle kompozit silindir arasındaki elastik modül farkı da sonucu etkileyebilir (Elmas vd., 2021).

2.4.2. Mikro makaslama bağlanma dayanımı testi

Mikro makaslama bağlanma dayanımı testi, 2002 yılında bilim insanlarının kullanımına sunulmuştur. Mikro makaslama bağ dayanımı testi; bir tel ya da özel bir aparat yardımıyla, diş yapısına ya da farklı bir materyal yüzeyine yerleştirilen numunelerin bağlantı kuvvetlerinin değerlendirildiği bir test yöntemidir (Elmas vd., 2021). Bağlantı alanı 2 mm²'den daha küçük olan örnek boyutlarıyla gerçekleştirilen, klasik makaslama testine benzer bir uygulama yöntemidir. Daha büyük örneklerdeki boşlukların ve stres oluşturu faktörlerin olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla tasarlanmıştır (Andrade vd., 2010).

2.4.3. Gerilim (tensile) testi

Sıklıkla üst ve alt yapı arasındaki bağlanma dayanımını ölçmek için tercih edilen test yöntemidir. Test sırasında üst yapı seramiğinin dış yüzeyinde çatlak oluşması ayrıca örneklerin hazırlanmasının zorluğu gibi dezavantajları vardır. Gerilim dağılımlarının dağınık olması seramikte koheziv kırıklar oluşturabilir (Braga vd., 2010).

2.4.4. Mikrogerilim (microtensile) testi

Diş hekimliği alanında mikrogerilim test yöntemi ilk kez 1994 yılında Sano ve diğerleri (1994) tarafından uygulanmıştır. Sano, hem mineralize hem de demineralize dentinin elastikiyet katsayısını ve bağ dayanımını incelemiştir. Bu test yöntemi, adeziv bağlantının değerlendirilmesinde çok yönlü analiz imkanı sunmuştur. Mikrogerilim bağlanma dayanımı testi, geleneksel makro testlerin sunmadığı bazı üstünlükler sağlamaktadır. Laboratuvar ortamında küçük boyutlarda hazırlanan numunelerle yapılan ölçümler, bağ dayanımının daha hassas değerlendirilmesine olanak tanımakta ve aynı zamanda dişe özgü yapısal farkların ayrıntılı biçimde analiz edilmesini mümkün kılmaktadır (Tekçe vd., 2015).

2.5. Yapay Yaşlandırma Yöntemleri

2.5.1. Termal yaşlandırma

Ağız içi sıcaklık değişimleri rutin yeme, içme ve solunum gibi günlük aktivitelerle meydana gelebilir ve bu termal stresler iki şekilde patojenik olabilir. Klinik çalışmaların maliyetli ve zaman alıcı olması nedeniyle, klinik hizmetin laboratuvar ortamında simülasyonu sıklıkla yapılmaktadır. Termal siklus, bu simülasyonlarda in vivo süreci temsil etmek için sıkça kullanılmaktadır. Bulguların karşılaştırılabilirliğini sağlamak için koşulların standartlaştırılması gerekmektedir (Gale vd., 1999).

Laboratuvar koşullarında termal döngü uygulayan cihazlarda, farklı sıcaklıklarda sıvı içeren ve bu sıvıları sabit ısıda tutabilen iki ayrı banyo haznesi bulunur. Numunelerin yerleştirildiği bir sepet ile bu sepeti belirli aralıklarla tanklara batırıp çıkaran bir taşıma mekanizması yer almaktadır. Termal döngü işlemi sırasında üç temel parametrenin belirlenmesi gereklidir: banyolardaki sıcaklık değeri, numunelerin bekletilme süresi ve uygulanacak döngü sayısı. Ağız içindeki sıcaklık dalgalanmalarının ortalama olarak 0°C ile 70°C arasında değiştiği

bildirilmektedir. Genellikle ısı değişiminin 5-55°C aralığında olduğu kabul edilmekte ve ISO 11405 standardına göre bu değerler esas alınarak uygulama yapılmaktadır. Her ne kadar sıcaklık aralığı konusunda genel bir görüş birliği sağlanmış olsa da, literatürde döngü sayısı ve daldırma süresi ile ilgili kesin bir standart bulunmamaktadır (Kanpalta, 2020).

2.5.2. NaOCl solüsyonunda saklama yöntemi

Bağ dayanımını değerlendirmek amacıyla kullanılan yöntemlerden biri, örneklerin %10'luk sodyum hipoklorit (NaOCl) çözeltisine maruz bırakılmasıdır. NaOCl, hibrit tabakadaki tam infiltre olamayan kolajen fibrilleri deproteinizasyona uğratarak organik bileşenlerin bozulmasını hızlandırır. Özellikle 5 saatlik uygulamalarda bağ dayanımında belirgin azalma gözlenmiştir. Ancak bu yöntem yalnızca organik matrisin kimyasal bozulmasını simüle eder, reçine bileşenlerinin su emilimine bağlı bozulmasını yansıtmaz. Bu nedenle, tek başına klinik dayanımı öngörmede yetersizdir; uzun süreli su depolama ile birlikte değerlendirilmesi önerilir (Amaral vd., 2007).

2.5.3. Okluzal yükleme ile yaşlandırma yöntemi

Ağız içi ortamda restorasyonlar çiğneme, brüksizm ve yutma gibi fonksiyonel kuvvetlere sürekli maruz kalır. Bu stresleri laboratuvar ortamında taklit etmek amacıyla okluzal yükleme testleri uygulanmaktadır. Ancak literatürde mekanik yüklemenin bağ dayanımı üzerindeki etkisi konusunda çelişkili sonuçlar mevcuttur (Tekçe vd., 2013).

Monticelli ve diğerleri (2007) %10 NaOCl ile kimyasal yaşlandırmanın bağ dayanımını düşürdüğünü, ancak mekanik yüklemenin anlamlı bir etki yaratmadığını bildirmiştir. Abdalla ve diğerleri (2007) ise termal ve mekanik yaşlandırmanın bazı adezivlerde bağ dayanımını azalttığını, ancak bu etkinin adezive bağlı değiştiğini belirtmiştir. Nikaido ve diğerleri (2002) ile Castro ve diğerleri (2004) da yalnızca mekanik yüklemenin bağ dayanımı üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığını bildirmiştir. Bu nedenle, mekanik yükleme genellikle termal siklus ile birlikte kombine edilerek yaşlandırma protokolü oluşturulmaktadır (Tekçe vd., 2013).

2.5.4. pH Siklusu ile yaşlandırma

Ağız ortamındaki pH seviyesi; dentin sıvısındaki asidik içerik, mikrobiyal faaliyetler, tükürüğün özellikleri ve bireyin beslenme düzenine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Asidik ve bazik çözeltilerin kullanıldığı uygulamalar, bu pH değişimlerini simüle etmeyi ve bu dalgalanmaların bağlanma yüzeyindeki etkilerini değerlendirmeyi hedefler (Deng vd., 2014). Bu test protokolünde, restoratif materyaller önce belirlenmiş bir pH değerine sahip asidik bir solüsyona yerleştirilir; ardından bazik (tampon) çözelti içerisinde belirli bir süre bekletilir. Bu işlem birkaç kez yinelenerek materyal belirli sayıda döngüden geçirilir. Bu döngüler sonucunda, materyalin kimyasal ve fiziksel niteliklerinde değişiklikler oluşabilir; dayanıklılık, mikrosızıntı ve renk değişmezliği gibi kriterler değerlendirilir (Čulina vd., 2022).

Bu tez çalışmasında, farklı lityum disilikat içerikli CAD-CAM seramiklerinde farklı yüzey işlemlerinin ve seramik çeşidinin seramiklerin tamir materyaline bağlanma dayanımının değerlendirilmesi amaçlandı. Bu amaçla çalışmanın sıfır hipotezi (H_0), “lityum disilikat türlerinin, uygulanan yüzey işlemlerinin ve yaşlandırma uygulanma durumunun, tamir materyaline bağlanma dayanımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi yoktur” şeklindedir.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Farklı yüzey işlemleri uygulanan lityum disilikat seramiklerin tamir materyaline bağlanma dayanımının değerlendirildiği bu tez çalışması, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından TDH-2023-8943 nolu proje ile desteklendi. Çalışma Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda ve Ankara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.

Bu çalışma;

1. Seramik örneklerin hazırlanması,
2. Seramik örneklerin polisajlanma işlemi,
3. Termal yaşlandırma uygulaması,
4. Seramik örneklere yüzey işlemlerinin uygulanması,
5. Ultrasonik cihazda örnek yüzeylerinin temizlenmesi,
6. Yüzey işlemi uygulanan örneklerin yüzey pürüzlülüğünün profilometre ile ölçümü,
7. Örneklerin yüzeyine tamir materyalinin uygulanması,
8. Her gruptan rastgele seçilen örneklerin yarısına suda termal yaşlandırma uygulaması,
9. Makaslama bağlanma dayanımı testi,
10. Başarısızlık tiplerinin stereomikroskop ile incelenmesi aşamalarından oluşmaktadır.

3.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Çalışma, üç farklı lityum disilikat CAD-CAM seramiği üzerinde in vitro olarak yürütüldü. Bu amaçla IPS e.max CAD, GC Initial Lisi ve CEREC Tessera bloklarından (Resim 1-2-3), 14x12 mm boyutlarında ve 1,5 mm kalınlığında her birinden 60 adet olacak şekilde toplam 180 adet seramik örnek hazırlandı. Kullanılan materyallerin içerikleri ve üretici firmaları Çizelge 3.1.'de gösterildi.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan materyallere ait özellikler

Materyal	Kimyasal Kompozisyon	Marka ve Üretici Firma
Lityum disilikat seramik (Prekristalize)	Ağırlıkça % SiO ₂ %5-80 Li ₂ O %11-19 K ₂ O %0-13 P ₂ O ₅ %0-11 ZrO ₂ %0-8 ZnO %0-8 Al ₂ O ₃ %0-5 MgO %0-5	IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn)
Geliştirilmiş lityum disilikat cam-seramik	Li ₂ Si ₂ O ₅ %90 Li ₃ PO ₄ %5 Li _{0,5} Al _{0,5} Si _{2,5} O ₆ %5	CEREC Tessera (Dentsply Sirona, York, PA, Amerika Birleşik Devletleri)
Kristalize formda lityum disilikat seramik	SiO ₂ %55–80 Li ₂ O %10–30 Diğer oksitler: %5–20 P ₂ O ₅ K ₂ O Al ₂ O ₃ TiO ₂ CeO ₂	GC Initial LiSi Block (GC, Tokyo, Japonya)



Resim 3.1. Çalışmada kullanılan seramik örnekler (a. IPS e.max CAD, b. CEREC Tessera ve c. GC Initial LiSi)6

3.1.1. Seramik örneklerin hazırlanması

Örneklerin istenilen kalınlıkta hazırlanması için A2 rengindeki seramik bloklar, su soğutması eşliğinde doğrusal hassas kesim cihazı (Metkon Sulu Kesim Micracut Hassas Kesit Alma Cihazı; Metkon, Bursa, Türkiye) kullanılarak kesildi (Resim 3.2.).



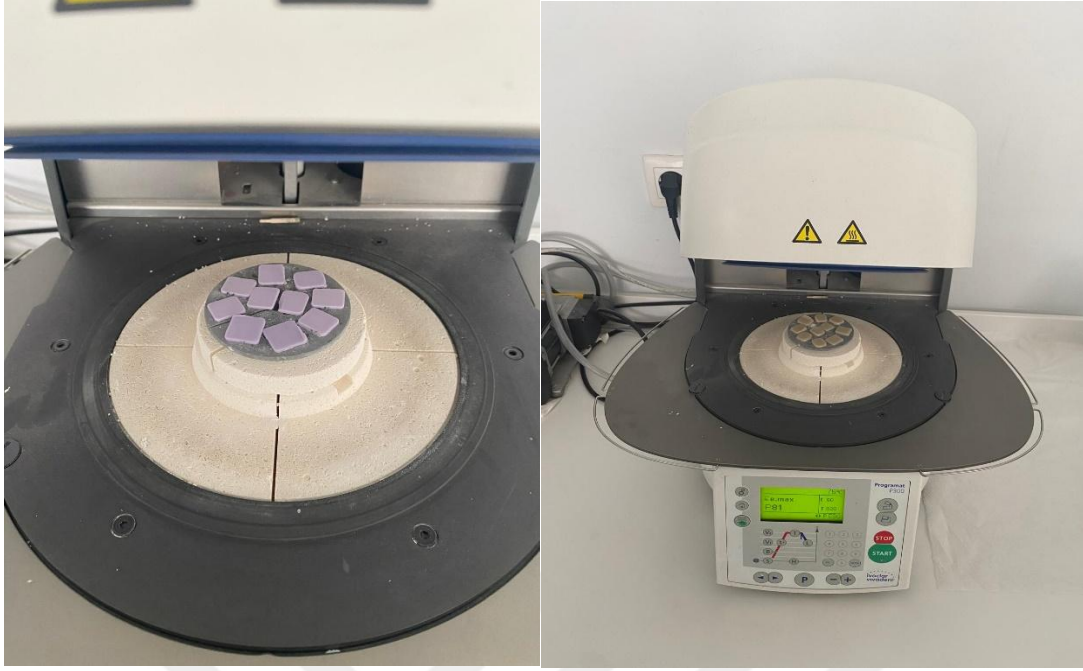
Resim 3.2. Hassas kesim cihazında seramik blokların kesilmesi

Kesme işlemi tamamlandıktan sonra, örneklerin kalınlıkları dijital kumpas yardımıyla ölçüldü (Resim 3.3.).



Resim 3.3. Örneklerin kalınlıklarının dijital kumpas ile ölçülmesi

Daha sonra, prekristalize formdaki lityum disilikat örnekler (EMAX), üretici firmanın talimatlarına uygun şekilde kristalizasyon işlemine tabi tutuldu (Resim 3.4.).



Resim 3.4. Prekristalize formdaki lityum disilikat seramiğin kristalizasyon işlemi

GC ve CEREC örneklere herhangi bir ısıl işlem uygulanmadı. Elde edilen seramik yüzeyleri polisaj diskleriyle polisajlanarak standardize edildi (EVE Diasynt Plus-Diapol HP-310; EVE Dental, Almanya) (Resim 3.5.).



Resim 3.5. Polisaj seti

Polisajlanmış seramik örnekler öncelikle ultrasonik temizleme cihazında yıkayıp (Resim 3.6.), yağsız hava ile kurutuldu.



Resim 3.6. Örnek yüzeylerinin temizliğinde kullanılan ultrasonic temizleme cihazı

3.1.2. Termal yaşlandırma işlemi

Hazırlanan örnekler, ağız içi termal yaşlanmanın taklit edilmesi amacıyla termal siklus cihazında (Sd Mechatronic Thermocycler, Seelback, Almanya) $+5^{\circ}\text{C}$ / $+55^{\circ}\text{C}$ 'lik su banyolarında, her bir banyoda 30 sn kalacak şekilde 10000 kez termal eskitme işlemine tabi tutuldu (Resim 3.7.).



Resim 3.7. Kullanılan termal siklus cihazı

3.1.3. Tam seramik örneklerin akrilik kalıp içerisine yerleştirilmesi

Örnekler, dikdörtgenler prizması şeklindeki kalıbın tam merkezine yerleştirildi. Üretici firmanın önerdiği oranlarda karıştırılan kimyasal olarak polimerize olan akrilik rezin, kalıbın içine döküldü. Sertleşen akrilik rezin, kalıptan çıkarılarak örnek grupları oluşturuldu (Resim 3.8.).



Resim 3.8. Kullanılan dikdörtgenler prizması kalıp ve akrilik rezin içine gömülen örnek

3.1.4. Deney gruplarının oluşturulması

Yaşlandırma işlemine tabi tutulan her bir materyal grubuna ait 60'ar örnek tamir materyali bağlanacak yüzeylerine farklı yüzey işlemleri uygulanmak üzere rastgele 3 alt gruba ayrıldı (n=20).

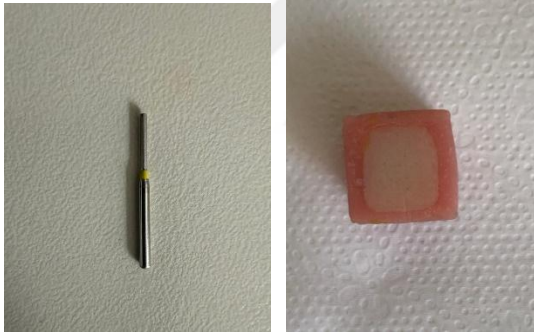
- 1-Hidroflorik asitle (%5) pürüzlendirme (HF).
- 2-Frezle pürüzlendirme,
- 3-Alüminyum oksit partikülleri ile kumlama

Seramik yüzeylerine hidroflorik asit jeli (5% IPS etchant gel (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn)) 20 sn süre ile uygulandı. Daha sonra örnekler su ile iyice yıkandı, asit kalıntıları uzaklaştırıldı ve hava ile kurutuldu (Resim 3.9.).



Resim 3.9. Seramik yüzeyine uygulanan hidroflorik asidin uygulanişı ve uygulandıktan sonraki seramik yüzeyi

Frezle pürüzlendirme, ekstra fine grit (sarı bantlı) 25 µm grenli fissur frezlerle parmak basıncı altında 20 sn süre ile yapıldı. Her bir seramik grubu yeni frez kullanıldı (Resim 3.10.).



Resim 3.10. Sarı bant frez ve frez ile pürüzlendirilmiş seramik yüzeyi

Kumlama işlemleri 50 µm boyutlarındaki Al_2O_3 partikülleri ile 2 bar basınç altında 20 mm mesafeden ve yaklaşık 10 sn süre ile yapıldı (Resim 3.11.).



Resim 3.11. Kumlama cihazı ve kumlama yapılmış seramik yüzeyi

Grup 1: EMAX seramik yüzeyine hidroflorik (HF) asit uygulanması

Grup 2: EMAX seramik yüzeyine elmas frez ile pürüzlendirilmesi

Grup 3: EMAX seramik yüzeyine alüminyum oksit ile kumlama uygulanması

Grup 4: GC seramik yüzeyine HF asit uygulaması

Grup 5: GC seramik yüzeyine elmas frez ile pürüzlendirme

Grup 6: GC seramik yüzeyine alüminyum oksit ile kumlama

Grup 7: CEREC seramik yüzeyine HF asit uygulaması

Grup 8: CEREC seramik yüzeyine elmas frez ile pürüzlendirme

Grup 9: CEREC seramik yüzeyine alüminyum oksit ile kumlama

3.2. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Yüzey işlemi uygulanan seramik örnekler, ilk olarak ultrasonik temizleyicide yıkanarak arındırıldı ve ardından hava ile kurutuldu. Örneklerin yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri, profilometre cihazı (MarSurf M 300C; Mahr GmbH, Göttingen, Almanya) ile ölçüldü. Cihaz, her grup ölçümünden önce kalibre edildi. Ölçüm esnasında, probun yüzeye paralel konumlandırılmasına ve temas eden ucun yüzeye dik şekilde yerleştirilmesine özen

gösterildi. Deney grupları belirlendikten sonra her örnekten üç ayrı ölçüm yapıldı ve elde edilen verilerden ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değeri hesaplandı (Resim 3.12.).



Resim 3.12. Profilometre ile yüzey pürüzlülüğü ölçümü

3.3. Tamir Materyalinin Seramik Yüzeylerine Uygulanması

Seramik örneklere, üretici firmanın talimatları doğrultusunda Monobond Plus (Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lihtenştayn) hafif hava akımı ile inceltilerek uygulandı ve 60 sn beklenildi. Heliobond (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) ise yüzeye uygulandıktan sonra 20 sn LED ışık cihazı (Valo cordless, Ultradent Product Inc., ABD) polimerize edildi. Tamir materyallerinin örneklerle bağlanmasını standardize etmek için, çapı 4 mm ve yüksekliği 2 mm olan içi boş plastik kalıplar kullanıldı. Plastik kalıp sabitlendikten sonra Tetric N Ceram (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lihtenştayn) kompozit seramik yüzeyine bağlanarak polimerizasyon işlemi LED ışık cihazı (Valo cordless; Ultradent Product Inc., ABD) ile her yüzeye 20 sn olacak şekilde toplam 60 sn süreyle gerçekleştirildi. Daha sonra tamir materyalinin yerleştirildiği kalıp çıkarıldı (Resim 3.13.).



Resim 3.13. Akrilik blok içerisinde örneklere tamir materyali uygulanmış hali

3.4. Tekrar Termal Yaşlandırma İşlemi

Tamir materyali bağlanmış her gruptan rastgele olacak şekilde 10'ar adet örnek tekrar ağız içi termal yaşlanmanın taklit edilmesi amacıyla termal siklus cihazında (Sd Mechatronic Thermocyclers, Seelback, Almanya) +5°C /+55°C'lik su banyolarında, her bir banyoda 30 sn kalacak şekilde 10000 kez termal eskitme işlemine tabi tutuldu.

3.5. Makaslama Bağlanma Testinin Uygulanması

Makaslama bağlantı testi, Ankara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Araştırma Laboratuvarında bulunan üniversal test cihazı (Lloyd Instruments, Ametek Inc, Florida, ABD) (Resim 3.14.) kullanılarak gerçekleştirildi. Örnekler kopma oluncaya kadar 1 mm/dk yükleme hızıyla kuvvet uygulandı. Test cihazının keski biçimindeki ucu, örneklerin siman bağlantı noktasına dik şekilde konumlandırıldı ve kırılma gerçekleşene kadar kuvvet uygulandı. Kopma anındaki kuvvet Newton (N) biriminde tespit edildi. Elde edilen değerleri, bağlantı alanına bölerek aşağıdaki formüle göre megapaskal (MPa) birimiyle bağlanma dayanımı (σ) hesaplandı.

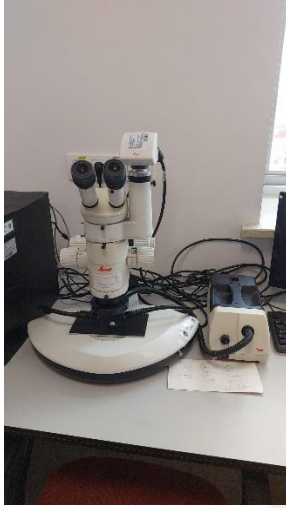
$$\sigma = P/A \quad P: \text{Kopma anındaki kuvvet N (Newton)} \quad A: \text{Bağlantı alanı (mm}^2\text{)}$$



Resim 3.14. Örnekler üniversal test cihazı kullanılarak makaslama bağlanma dayanımı testi uygulanması

3.6. Başarısızlık Tiplerinin Stereomikroskop ile İncelenmesi

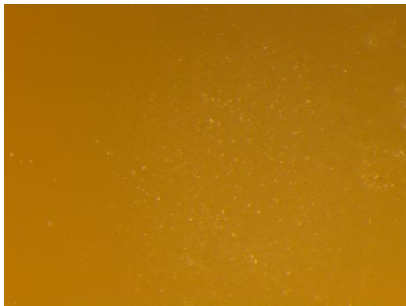
Makaslama bağlanma dayanımı testi sonrasında, örnekler stereomikroskop (Leica MZ12, Leica Microsystems Ltd., Heerbrugg, İsviçre) kullanılarak 1,6 büyütme ile incelenmiş ve oluşan başarısızlık türleri değerlendirilmiştir (Resim 3.15.).



Resim 3.15. Örnek yüzeylerinin incelendiği mikroskop

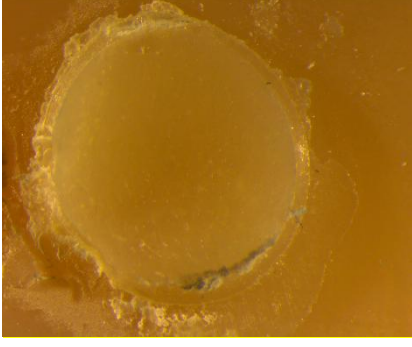
Seramik yüzeyler ile tamir materyali arasındaki başarısızlık türleri üç farklı grup altında sınıflandırılmıştır.

Tip 1: Materyal yüzeyinde siman tabakası yok (Adeziv ayrılma) (Resim 3.16)



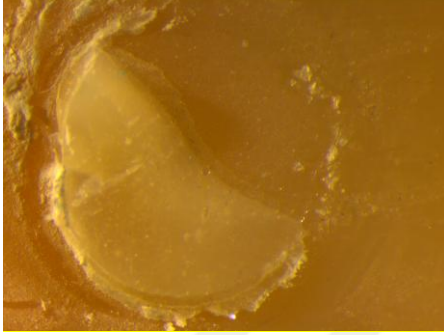
Resim 3.16. Adeziv ayrılma

Tip 2: Materyalin kendi içinde kopma var (Koheziv ayrılma) (Resim 3.17.)



Resim 3.17. Koheziv ayrılma

Tip 3: Materyalin bir kısmında simanla birlikte ayrılma (Karma ayrılma) (Resim 3.18.)



Resim 3.18. Karma ayrılma

3.7. Elde Edilen Verilerin İstatistiksel Analizi

Çalışmanın veri analizi IBM SPSS ver 23.0, JASP ver 0.12 istatistiksel paket programları ve RStudio: Integrated Development Environment for R (ver. 2021.09.0) programı kullanılarak yapıldı. Tanımlayıcı istatistikler, sayısal değişkenler için ortalama \pm standart sapma ($ort \pm ss$), ortanca, çeyreklik değerler (Q_1 ve Q_3) ile küçük ve en büyük değerler; kategorik değişkenler için ise sayı ve yüzde (%) olarak sunuldu. Seramik türü ve yüzey işlemlerinin Ra ölçüm değeri üzerindeki etkisi iki yönlü faktöriyel ANOVA ile, seramik türü, yüzey işlemleri ve yaşlandırma uygulanma durumunun makaslama bağlanma dayanımı üzerindeki etkisi üç yönlü faktöriyel ANOVA ile incelendi. Faktöriyel ANOVA'nın varsayımı olan verilerin, çok değişkenli normal dağılıma uyum gösterip göstermediği RStudio'da yer alan "mvn" kütüphanesi kullanılarak; diğer varsayımı olan varyansların homojenliği varsayımı ise Levene testi ile incelendi. Yapılan faktöriyel ANOVA sonucunda farklılık bulunması halinde farklılığı yaratan gruplar, Bonferroni çoklu karşılaştırma testi ile araştırıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi olarak $P < 0,05$ alındı.

4. BULGULAR

4.1. Deney Gruplarının Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) Değerlerine Ait Bulgular

Farklı lityum disilikat seramiklerden elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistiklere göre, GC ve CEREC seramiklerde ortalama Ra değeri 0,855 μm olarak ölçüldü, EMAX seramikte ise bu değer 0,694 μm olarak kaydedildi. GC seramik için değerler 0,198 ile 1,768 μm arasında değişirken, CEREC bloğu için 0,260 ile 1,567 μm ve EMAX bloğu için ise 0,140 ile 1,418 μm arasında olduğu belirlendi. Bu bulgular, EMAX seramiğin diğer bloklara kıyasla daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerine sahip olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.1.) (n=60).

Çizelge 4.1. Farklı seramik bloklardan elde edilen Ra ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	Seramik Çeşidi		
	GC	CEREC	EMAX
Ort \pmSS	0,855 \pm 0,436	0,855 \pm 0,355	0,694 \pm 0,402
Ortanca (Q₁-Q₃)	0,766 (0,447-1,217)	0,692 (0,611-1,231)	0,614 (0,313-1,094)
Enk-Enb	0,198-1,768	0,260-1,567	0,140-1,418

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Q₁: 1 çeyreklik, Q₃:3. çeyreklik; Enk: En küçük değer; Enb: En büyük değer

Uygulanan yüzey işlemlerine göre değerlendirildiğinde, HF asidi uygulanan yüzeylerde ortalama Ra değeri 0,448 μm olarak tespit edildi. Bu değer 0,140 ile 0,906 μm arasında değiştiği belirlendi. Frez ile pürüzlendirme uygulanan yüzeylerde ortalama Ra değeri 0,665 μm olup, ölçümler 0,324 ile 1,042 μm arasında değişkenlik gösterdi. En yüksek ortalama Ra değeri 1,290 μm ile Al₂O₃ partikülleri ile kumlanmış yüzeylerde ölçüldü ve bu gruptaki değerler 0,760 ile 1,768 μm arasında yer aldı. Yüzey işlemleri değerlendirildiğinde, HF asidi en düşük pürüzlülüğü sağlarken, kumlama işlemi en yüksek pürüzlülüğe neden oldu (Çizelge 4.2) (n=60).

Çizelge 4.2. Farklı yüzey işlemlerinden elde edilen Ra ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	Yüzey İşlemi		
	Asit	Frez	Kumlama
Ort \pmSS	0,448 \pm 0,216	0,665 \pm 0,164	1,290 \pm 0,182
Ortanca (Q₁-Q₃)	0,388 (0,260-0,648)	0,637 (0,565-0,746)	1,297 (1,192-1,418)
Enk-Enb	0,140-0,906	0,324-1,042	0,760-1,768

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Q₁: 1 çeyreklik, Q₃:3. çeyreklik; Enk: En küçük değer; Enb: En büyük değer

Seramik ve yüzey işleme etkileşimine göre yapılan ortalama Ra değerlendirmelerinde, GC ve EMAX seramiklerde en düşük yüzey pürüzlülüğü HF asidi uygulanan örneklerde gözlemlendi. Ancak CEREC seramikte frezlemenin, HF asidinden daha düşük ortalama Ra değerlerine neden olduğu tespit edildi, Al₂O₃ ile kumlanan yüzeylerin ise en yüksek pürüzlülüğü oluşturduğu görüldü. Bu sonuçlar, seramik türü ve yüzey işleme türünün yüzey pürüzlülüğü üzerinde birlikte etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Çizelge 4.3) (n=20).

Çizelge 4.3. Farklı lityum disilikat seramikler ve yüzey işlemlerinden elde edilen Ra ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Seramik Çeşidi	Yüzey İşlemi			
	Asit	Frez	Kumlama	
GC	Ort ±SS	0,394 ±0,157	0,816 ±0,416	1,354 ±0,236
	Ortanca (Q ₁ -Q ₃)	0,347 (0,292-0,447)	0,785 (0,722-0,974)	1,391 (1,217-1,531)
	Enk-Enb	0,198-0,772	0,569-1,042	0,760-1,768
CEREC	Ort ±SS	0,673 ±0,163	0,578 ±0,075	1,316 ±0,144
	Ortanca (Q ₁ -Q ₃)	0,669 (0,617-0,765)	0,601 (0,502-0,619)	1,323 (1,231-1,428)
	Enk-Enb	0,260-0,906	0,433-0,693	1,012-1,567
EMAX	Ort ±SS	0,279 ±0,091	0,603 ±0,143	1,201 ±0,117
	Ortanca (Q ₁ -Q ₃)	0,240 (0,233-0,332)	0,614 (0,506-0,698)	1,243 (1,094-1,295)
	Enk-Enb	0,140-0,516	0,324-0,845	1,016-1,418

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Q₁: 1 çeyreklik, Q₃:3. çeyreklik; Enk: En küçük değer; Enb: En büyük değer

Farklı seramik türleri ve uygulanan yüzey işlemlerinin yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla iki yönlü faktöriyel ANOVA analizi yapıldı. İki yönlü faktöriyel ANOVA sonuçlarına göre, hem seramik tipi hem de yüzey işleme türü, Ra değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler gösterdi. Seramik tipinin Ra üzerindeki etkisi anlamlı bulundu ($F(2,171)=23,616$; $P<0,001$), yüzey işleme değişkeni ise çok daha yüksek düzeyde anlamlılık gösterdi ($F(2,171)=524,803$; $P<0,001$). Ayrıca, seramik ve yüzey işleme etkileşimi de istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($F(4,171)=17,688$; $P<0,001$). Bu bulgular, yüzey pürüzlülüğü değerlerinin yalnızca kullanılan seramik materyal veya yüzey işleminden değil, aynı zamanda bu iki değişkenin bir arada gösterdiği etkiden de önemli ölçüde etkilendiğini ortaya koymaktadır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Farklı seramiklerin ve yüzey işlemlerinin Ra ölçüm değerleri üzerindeki etkisine ait faktöriyel ANOVA sonuçları

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Seramik Çeşidi (SÇ)	1,032	2	0,516	23,616	<0,001
Yüzey İşlemi (Yİ)	22,924	2	11,462	524,803	<0,001
SÇ * Yİ	1,545	4	0,386	17,688	<0,001
Hata	3,735	171	0,022	---	---
Toplam	29,236	179	---	---	---

S=0,148; R²=%87,2; Düzeltilmiş R²=%86,6

4.2. Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

4.2.1. Seramiklere ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları

İki yönlü faktöriyel ANOVA sonucunda seramik türü değişkeninin istatistiksel olarak anlamlı bir fark yarattığı belirlendi. Bu farkın hangi gruplar arasında oluştuğunu belirlemek amacıyla Bonferroni çoklu karşılaştırma testi uygulandı.

Analiz sonuçlarına göre, GC ve CEREC seramik gruplarının ortalama Ra değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmadı ($P=1,000$). Ancak EMAX seramik, hem GC ($P<0,001$) hem de CEREC ($P<0,001$) seramiğe kıyasla istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük ortalama Ra değerleri gösterdi. Bu sonuçlar, EMAX seramiğe uygulanan yüzey işlemlerine daha düşük yüzey pürüzlülüğü ile yanıt verdiğini ortaya koymaktadır. İlgili verilere Çizelge 4.5'te yer verildi (n=60).

Çizelge 4.5. Seramiklere ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Seramik Çeşidi		
	GC	CEREC	EMAX
Ort ±SS	0,855 ±0,436 ^a	0,855 ±0,355 ^a	0694 ±0,402 ^b

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

*Ortak küçük harfe sahip seramik türleri arasında ortalama Ra ölçüm değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

4.2.2. Yüzey işlemlerine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Farklı yüzey işlemlerinin yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla uygulanan Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.6'da sunuldu. Elde edilen bulgulara göre, tüm yüzey işlem grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edildi ($P<0,001$). HF asidi ile işlem görmüş yüzeyler, ortalama 0,448 µm ile en düşük Ra

değerlerine sahipken; frez ile pürüzlendirilen yüzeylerde bu değer 0,665 μm 'ye yükseldi. En yüksek yüzey pürüzlülüğü ise ortalama 1,290 μm ile Al_2O_3 ile kumlanmış yüzeylerde gözlemlendi (n=60).

Çizelge 4.6. Yüzey işlemlerine ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Yüzey İşlemi		
	Asit	Frez	Kumlama
Ort \pmSS	0,448 \pm 0,216 ^a	0,665 \pm 0,164 ^b	1,290 \pm 0,182 ^c

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

*Ortak küçük harfe sahip yüzey işlemleri arasında ortalama Ra ölçüm değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

4.2.3. Seramik bloklar ve yüzey işlemlerinin birlikte etkisine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Seramik türü ile yüzey işlemi türünün birlikte etkisini incelemek amacıyla gerçekleştirilen Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.7'de verildi. GC seramik grubu içerisinde yapılan Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, HF asidi uygulanan yüzeylerin Ra değeri, frez ile pürüzlendirilen yüzeylerden anlamlı derecede düşük bulundu ($P<0,001$). Benzer şekilde, HF asidi uygulanan yüzeyler ile Al_2O_3 ile kumlanan yüzeyler karşılaştırıldığında da anlamlı fark saptandı ($P<0,001$). Ayrıca, frez ile işlem gören yüzeyler ile kumlama uygulanan yüzeyler arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($P<0,001$). Bu bulgular, GC seramik yüzeyine uygulanan her üç işlem türünün yüzey pürüzlülüğü üzerinde belirgin farklılıklara yol açtığını ortaya koymaktadır.

CEREC seramik için yapılan değerlendirmede, HF asidi uygulanan yüzey ile frez ile pürüzlendirilen yüzey arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($P=1,000$). Ancak, HF asidi uygulanan yüzeyler ile Al_2O_3 ile kumlanan yüzeyler arasında anlamlı fark gözlemlendi ($P<0,001$). Aynı şekilde, frezle pürüzlendirilen yüzeyler ile kumlama uygulanmış yüzeyler arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu belirlendi ($P<0,001$). Bu sonuçlar, CEREC seramikte asit ve frez işlemlerinin benzer pürüzlülük düzeyleri oluşturduğunu, kumlamanın ise daha yüksek Ra değerine yol açtığını göstermektedir.

EMAX seramik içerisinde yapılan karşılaştırmalarda, HF asidi ile işlem gören yüzeyler frez ile pürüzlendirilen yüzeylerden anlamlı düzeyde daha düşük Ra değerine sahip bulundu ($P<0,001$). Ayrıca, HF asidi uygulanan yüzeyler ile kumlanan yüzeyler arasında da anlamlı fark

saptandı ($P<0,001$). Frez ile işlenen yüzeyler ile Al_2O_3 ile kumlanan yüzeyler karşılaştırıldığında da Ra değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edildi ($P<0,001$). Bu bulgular, EMAX seramik yüzeyinde uygulanan her üç işlemin de birbirinden farklı düzeyde yüzey pürüzlülüğü oluşturduğunu göstermektedir.

Ayrıca, her bir yüzey işlemi türü içinde farklı seramikler arasında da istatistiksel karşılaştırmalar yapıldı. HF asidi uygulanan gruplar arasında GC ile CEREC ve CEREC ile EMAX seramikleri arasında anlamlı fark saptandı ($P<0,001$), GC ile EMAX arasında ise fark bulunmadı ($P=0,557$). Frez ile pürüzlendirilen yüzeyler incelendiğinde, GC ile her iki seramik (CEREC ve EMAX) arasında anlamlı fark bulunurken ($P<0,001$), CEREC ile EMAX grupları arasında fark görülmedi ($P=1,000$). Al_2O_3 ile kumlanan yüzeyler açısından değerlendirildiğinde ise, seramik grupları arasında anlamlı bir fark bulunmadı ($P>0,05$) ($n=20$).

Çizelge 4.7. Seramiklere ve yüzey işlemlerine ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Seramik çeşidi		Yüzey İşlemi		
		Asit	Frez	Kumlama
GC	Ort \pm SS	0,394 \pm 0,157 ^{a,A}	0,816 \pm 0,416 ^{b,A}	1,354 \pm 0,236 ^{c,A}
CEREC	Ort \pm SS	0,673 \pm 0,163 ^{a,B}	0,578 \pm 0,075 ^{a,B}	1,316 \pm 0,144 ^{b,A}
EMAX	Ort \pm SS	0,279 \pm 0,091 ^{a,A}	0,603 \pm 0,143 ^{b,B}	1,201 \pm 0,117 ^{c,A}

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

*Aynı seramik grubu içinde ortak küçük harfe sahip yüzey işlemleri arasında ortalama Ra ölçüm değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

**Aynı yüzey işlemi grubu içinde ortak büyük harfe sahip seramik blokları arasında ortalama Ra ölçüm değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

4.3. Farklı Seramik Çeşidi, Yüzey İşlemi ve Yaşlandırma Uygulanma Durumuna Ait Makaslama Bağlanma Dayanımı Ölçüm Değerlerinin İncelenmesi

Bu çalışmada farklı seramik türüne, yüzey işlemlerine ve yaşlandırma uygulanma durumlarına göre elde edilen makaslama bağlanma dayanımı değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel bulgular değerlendirildi.

GC seramikten ($n=60$) elde edilen değerlerin 0,889 ile 28,517 MPa arasında değiştiği belirlendi ve ortalama makaslama dayanımı 10,093 \pm 7,401 MPa olarak hesaplandı. CEREC seramikte ($n=58$) bu değerler 1,311–25,490 MPa arasında değişti ve ortalama 8,804 \pm 5,887 MPa olarak ölçüldü. EMAX seramikte ($n=59$) ise makaslama bağlanma dayanımı 0,470 ile 29,940 MPa arasında değişti ve ortalama değer 8,165 \pm 7,160 MPa olarak bulundu (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Farklı seramik çeşitlerinden elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	Seramik Çeşidi		
	GC	CEREC	EMAX
Ort ±SS	10,093 ±7,401	8,804 ±5,887	8,165 ±7,160
Ortanca (Q₁-Q₃)	8,488 (4,254-17,172)	8,167 (3,248-12,539)	6,109 (1,684-14,098)
Enk-Enb	0,889-28,517	1,311-25,490	0,470-29,940

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Q₁: 1 çeyreklik, Q₃:3. çeyreklik; Enk: En küçük değer; Enb: En büyük değer

Yüzey işlemlerine göre değerlendirildiğinde, HF aside uygulanan yüzeylerde (n=60) makaslama bağlanma dayanımı 1,617-29,940 MPa aralığında olup ortalama 13,148±6,397 MPa olarak hesaplandı. Frez ile pürüzlendirilen yüzeylerde (n=59) bu değerler 0,470–28,517 MPa arasında değişmektedir ve ortalama 8,571 ±7,633 MPa olarak ölçüldü. Al₂O₃ ile kumlanan yüzeylerde (n=58) ise makaslama bağlanma dayanımı 0,889–24,531 MPa aralığında olup ortalama değer 6,069 ±4,406 MPa'dır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Farklı yüzey işlemlerinden elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	Yüzey İşlemi		
	Asit	Frez	Kumlama
Ort ±SS	13,148 ±6,397	8,571 ±7,633	6,069 ±4,406
Ortanca (Q₁-Q₃)	13,573 (7,773-17,881)	6,198 (2,312-14,414)	5,221 (2,818-8,108)
Enk-Enb	1,617-29,940	0,470-28,517	0,889-24,531

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Q₁: 1 çeyreklik, Q₃:3. çeyreklik; Enk: En küçük değer; Enb: En büyük değer

Yaşlandırma uygulanma durumuna göre elde edilen sonuçlar incelendiğinde, yaşlandırma uygulanmayan gruplarda (n=90) makaslama bağlanma dayanımı 2,911–29,940 MPa arasında değişmekte olup ortalama 13,421 ±6,289 MPa olarak belirlendi. Yaşlandırma uygulanan gruplarda ise (n=87) bu değerler 0,470–20,297 MPa arasında değişti ve ortalama makaslama bağlanma dayanımı 5,043 ±4,575 MPa olarak ölçüldü (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Yaşlandırma uygulanma durumuna göre elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

	Yaşlandırma Uygulanma Durumu	
	Kontrol	Yaşlandırma
Ort ±SS	13,421 ±6,289	5,043 ±4,575
Ortanca (Q₁-Q₃)	13,061 (8,108-17,677)	3,254 (1,891-7,585)
Enk-Enb	2,911-29,940	0,470-20,297

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Q₁: 1 çeyreklik, Q₃:3. çeyreklik; Enk: En küçük değer; Enb: En büyük değer

Seramikler ile yüzey işlemlerinin birlikte değerlendirildiği analizlerde, GC seramik grubunda en yüksek makaslama bağlanma dayanımı HF asidi uygulanan grupta (13,988 ±6,531 MPa) (n=20), en düşük değer ise kumlanan grupta (6,866 ±5,546 MPa) (n=20) gözlemlendi. CEREC seramikte yine HF uygulaması en yüksek ortalamayı sağladı (10,796 ±5,307 MPa) (n=20), kumlama işlemiyle elde edilen değerler daha düşüktür (6,926 ±4,240 MPa) (n=18). EMAX seramikte ise en yüksek ortalama HF uygulanan grupta ölçüldü (14,660 ±6,876 MPa) (n=20), frezleme ve kumlama ile elde edilen değerler sırasıyla 5,272 ±5,955 (n=20) ve 4,374 ±2,554 MPa'dır (n=19) (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Farklı seramik çeşitleri ve yüzey işlemlerinden elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Seramik Çeşidi	Yüzey İşlemi			
	Asit	Frez	Kumlama	
GC	Ort ±SS	13,988 ±6,531	11,856 ±8,280	6,866 ±5,546
	Ortanca (Q₁-Q₃)	14,516 (7,818-18,838)	12,035 (3,721-17,172)	5,886 (3,152-8,488)
	Enk-Enb	2,618-24,406	1,585-28,517	0,889-24,531
CEREC	Ort ±SS	10,796 ±5,307	8,585 ±7,338	6,926 ±4,240
	Ortanca (Q₁-Q₃)	11,365 (7,247-13,859)	4,626 (2,702-12,539)	7,518 (2,830-11,233)
	Enk-Enb	1,617-22,357	1,344-25,490	1,311-13,700
EMAX	Ort ±SS	14,660 ±6,876	5,272 ±5,955	4,374 ±2,554
	Ortanca (Q₁-Q₃)	15,556 (10,753-18,169)	2,493 (0,797-7,826)	4,975 (1,684-6,109)
	Enk-Enb	3,823-29,940	0,470-21,363	1,119-9,560

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Q₁: 1 çeyreklik, Q₃:3. çeyreklik; Enk: En küçük değer; Enb: En büyük değer

Seramiklere uygulanan yaşlandırmanın makaslama bağlanma dayanımı üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde, tüm bloklarda yaşlandırma sonrası makaslama bağlanma dayanımının azaldığı gözlemlendi. GC seramiğinde yaşlandırma öncesi ortalama değer 16,230 ±6,160 MPa iken (n=30), yaşlandırma sonrası bu değer 5,577 ±3,848 MPa'ya düştü (n=30). CEREC seramikte ise yaşlandırmasız grupta ortalama 12,877 ±4,835 MPa iken (n=30), yaşlandırılan grupta 4,440 ±3,141 MPa ölçüldü (n=28). Benzer şekilde, EMAX grubunda yaşlandırma öncesi ortalama değer 11,155 ±6,804 MPa iken (n=30), yaşlandırma sonrası bu değer 5,072 ±6,226 MPa olarak belirlendi (n=29) (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Farklı seramik çeşitleri ve yaşlandırma uygulanma durumundan elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Seramik Çeşidi	Yaşlandırma Uygulanma Durumu		
	Kontrol	Yaşlandırma	
GC	Ort ±SS	16,230 ±6,160	5,577 ±3,848
	Ortanca (Q ₁ -Q ₃)	16,558 (12,400-20,766)	4,254 (2,618-7,762)
	Enk-Enb	5,944-28,517	0,889-18,517
CEREC	Ort ±SS	12,877 ±4,835	4,440 ±3,141
	Ortanca (Q ₁ -Q ₃)	12,400 (10,308-14,846)	3,251 (2,452-6,340)
	Enk-Enb	2,911-25,490	1,311-13,659
EMAX	Ort ±SS	11,155 ±6,804	5,072 ±6,226
	Ortanca (Q ₁ -Q ₃)	8,064 (6,109-15,334)	1,684 (1,181-4,975)
	Enk-Enb	3,327-29,940	0,470-20,297

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Q₁: 1 çeyreklik, Q₃:3. çeyreklik; Enk: En küçük değer; Enb: En büyük değer

Yüzey işlemi ile yaşlandırma etkileşimi değerlendirildiğinde; HF uygulanan ve yaşlandırma yapılmayan gruplarda makaslama bağlanma dayanımı en yüksek seviyede ölçüldü (17,104 ±4,935 MPa) (n=30), yaşlandırma uygulandığında bu değer 9,191 ±5,149 MPa'ya düştü (n=30). Frezle pürüzlendirilen örneklerde ise yaşlandırmasız grup ortalama 14,125 ±6,748 MPa makaslama bağlanma dayanımına sahip iken (n=30), yaşlandırılan grupta 2,825 ±2,506 MPa olarak ölçüldü (n=29). Kumlama grubunda ise benzer şekilde yaşlandırmasız örneklerde ortalama 9,033 ±4,128 MPa (n=30), yaşlandırılan örneklerde 2,894±1,573 MPa olarak belirlendi (n=28) (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Farklı yüzey işlemleri ve yaşlandırma uygulanma durumundan elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

Yüzey İşlemi	Yaşlandırma Uygulanma Durumu		
	Kontrol	Yaşlandırma	
Asit	Ort ±SS	17,104 ±4,935	9,191 ±5,149
	Ortanca (Q ₁ -Q ₃)	17,038 (13,649-20,058)	7,818 (5,519-12,762)
	Enk-Enb	6,187-29,940	1,617-20,297
Frez	Ort ±SS	14,125 ±6,748	2,825 ±2,506
	Ortanca (Q ₁ -Q ₃)	14,256 (8,465-18,871)	2,312 (1,207-3,248)
	Enk-Enb	3,327-28,517	0,470-11,108
Kumlama	Ort ±SS	9,033 ±4,128	2,894 ±1,573
	Ortanca (Q ₁ -Q ₃)	7,886 (6,109-11,233)	2,805 (1,784-3,585)
	Enk-Enb	2,911-24,531	0,889-8,066

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Q₁: 1 çeyreklik, Q₃:3. çeyreklik; Enk: En küçük değer; Enb: En büyük değer

Son olarak, seramik türü, yüzey işlemi ve yaşlandırma değişkenlerinin üçlü kombinasyonlarına ait değerler incelendiğinde; en yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanımı, yaşlandırmasız GC seramikte HF asidi uygulanmasıyla elde edildi (19,232 ±3,360

MPa) (n=10). Özellikle EMAX seramikte frez ile pürüzlendirme sonrası yaşlandırılan grupta ortalama makaslama bağlanma dayanımı en düşük değerde ölçüldü (0,908 ±0,402 MPa) (n=10). Yaşlandırmanın tüm yüzey işlemleri ve seramik çeşitleri için makaslama bağlanma dayanımını belirgin şekilde azalttığı gözlemlendi (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Farklı seramik çeşitleri, yüzey işlemleri ve yaşlandırma uygulanma durumundan elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler

		Yaşlandırma Uygulanma Durumu					
Seramik Yüzey Çeşidi	İşlemi	Kontrol			Yaşlandırma		
		Ort ±SS	Ortanca (Q ₁ -Q ₃)	Enk-Enb	Ort ±SS	Ortanca (Q ₁ -Q ₃)	Enk-Enb
GC	Asit	19,232 ±3,360	18,764 (17,677- 22,673)	13,963- 24,406	8,745 ±4,204	7,818 (6,676- 10,442)	2,618- 18,517
	Frez	18,850 ±5,117	17,172 (14,610- 21,064)	12,963- 28,517	4,861 ±3,134	3,721 (2,372- 7,578)	1,585- 11,108
	Kuylama	10,607 ±5,659	8,488 (6,921- 12,400)	5,944- 24,531	3,126 ±1,350	3,152 (2,215- 3,900)	0,889- 5,827
CEREC	Asit	14,661 ±3,443	13,854 (13,246- 16,015)	10,308- 22,357	6,930 ±3,796	7,247 (3,290- 8,203)	1,617- 13,659
	Frez	13,888 ±6,395	12,401 (9,128- 18,871)	4,299- 58,490	2,694 ±0,975	2,702 (1,948- 3,248)	1,344- 4,626
	Kuylama	10,083 ±3,036	10,974 (9,555- 11,466)	2,911- 13,700	3,419 ±1,943	2,830 (2,501- 3,867)	1,311- 8,066
EMAX	Asit	17,420 ±6,601	17,038 (13,160- 20,058)	6,187- 29,940	11,899 ±6,269	13,867 (4,075- 16,262)	3,823- 20,297
	Frez	9,636 ±5,690	7,826 (6,198- 14,098)	3,327- 21,363	0,908 ±0,402	0,797 (0,575- 1,207)	0,470- 1,659
	Kuylama	6,409 ±1,424	6,097 (5,294- 7,159)	4,788- 9,560	2,112 ±1,209	1,684 (1,345- 2,050)	1,119- 4,975

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma, Q₁: 1 çeyreklik, Q₃:3. çeyreklik; Enk: En küçük değer; Enb: En büyük değer

Farklı seramik çeşitleri, yüzey işlemleri ve yaşlandırma uygulanma durumunun makaslama bağlanma dayanımı ölçüm değerleri üzerindeki etkisi üç yönlü faktöriyel ANOVA ile incelendi. Bu analiz öncesinde çok değişkenli normal dağılım ve varyansların homojenliği varsayımları değerlendirildi. Verilerin çok değişkenli normal dağılıma uyup uymadığı RStudio'da yer alan 'mvn' kütüphanesi kullanılarak test edildi, Henze-Zirkler testi sonucunda normal dağılıma uyum gösterdiği belirlendi ($P>0,05$). Varyansların homojenliği ise Levene testi ile incelendi ve gruplar arasında varyansların homojen olduğu tespit edildi ($P>0,05$).

Analiz sonuçlarına göre; seramik türünün makaslama bağlanma dayanımı değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu belirlendi ($F(2,159)=8,002$, $P<0,001$). Benzer şekilde, yüzey işlemi değişkeninin de ölçüm değerleri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görüldü ($F(2,159)=46,628$, $P<0,001$). Yaşlandırma uygulanma durumu da makaslama bağlanma dayanımı değerlerini anlamlı düzeyde etkiledi ve uygulanan gruplarla uygulanmayanlar arasında fark olduğu saptandı ($F(1,159)=187,144$, $P<0,001$).

İkili etkileşim analizleri incelendiğinde; seramik türü ile yüzey işlemi arasındaki etkileşim anlamlı bulundu ($F(4,159)=6,175$, $P<0,001$). Ayrıca seramik ile yaşlandırma durumu etkileşimi de istatistiksel olarak anlamlıdır ($F(2,159)=4,402$, $P=0,014$). Yüzey işlemi ile yaşlandırma durumu etkileşimi de anlamlı bulundu ($F(2,159)=5,955$, $P=0,003$). Ayrıca seramik, yüzey işlemi ve yaşlandırma durumunun üçlü etkileşimi anlamlı bulunmadı ($F(4,159)=0,959$, $P=0,973$). Bu sonuçlara ilişkin detaylı veriler Çizelge 4.15'te sunulmaktadır.

Çizelge 4.15. Farklı seramik çeşitleri, yüzey işlemleri ve yaşlandırma uygulanma durumunun makaslama bağlanma dayanımı değerleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı faktöriyel ANOVA sonuçları

Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Seramik Çeşidi (SÇ)	270,081	2	135,041	8,002	<0,001
Yüzey İşlemi (Yİ)	1573,746	2	786,873	46,628	<0,001
Yaşlandırma Durumu (YD)	3158,182	1	3158,182	187,144	<0,001
SÇ * Yİ	416,806	4	104,201	6,175	<0,001
SÇ * YD	148,569	2	74,284	4,402	0,014
Yİ * YD	200,978	2	100,489	5,955	0,003
SÇ * Yİ* YD	8,407	4	2,102	0,125	0,973
Hata	2683,233	159	16,876	---	---
Toplam	8425,275	176	---	---	---

S=4,108; $R^2=0,682$; Düzeltilmiş $R^2=0,647$

4.3.1. Çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Seramiklere ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Üç yönlü faktöriyel ANOVA sonuçlarına göre, istatistiksel olarak anlamlı bulunan ve ikiden fazla kategoriye sahip değişkenler için gruplar arasındaki farkın hangi ikili gruplardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla Bonferroni çoklu karşılaştırma testi uygulandı. Bu kapsamda, seramik türlerine ilişkin çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.16'da sunuldu.

Bonferroni testi sonuçlarına göre, GC seramiğin (n=60) ortalama makaslama bağlanma dayanımı değeri, CEREC (n=58) ve EMAX (n=59) seramiklere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek bulundu ($P=0,009$ ve $P<0,001$). Buna karşın, CEREC ile EMAX seramik grupları arasında anlamlı bir farklılık saptanmadı ($P=1,000$). Ortalama \pm standart sapma değerleri sırasıyla GC için $10,093 \pm 7,401$, CEREC için $8,804 \pm 5,887$ ve EMAX için $8,165 \pm 7,160$ olarak hesaplandı. Aynı harfle işaretlenen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı. Bu veriler Çizelge 4.16'da ayrıntılı olarak gösterildi.

Çizelge 4.16. Seramik çeşitlerine ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Seramik Çeşidi		
	GC	CEREC	EMAX
Ort \pmSS	$10,093 \pm 7,401^a$	$8,804 \pm 5,887^b$	$8,165 \pm 7,160^b$

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

*Ortak küçük harfe sahip seramik grupları arasında ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

Yüzey işlemlerine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Farklı yüzey işlemlerine ilişkin gruplar arasında makaslama bağlanma dayanımı değerleri bakımından ortaya çıkan farklılıkları değerlendirmek amacıyla Bonferroni çoklu karşılaştırma testi uygulandı. Elde edilen bulgulara göre, yüzey işlem türleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu belirlendi. Bu sonuçlar Çizelge 4.17.'de ayrıntılı şekilde sunuldu.

HF asidi ile pürüzlendirilen yüzeylerin ortalama makaslama bağlanma değeri (13,148 ±6,397) (n=60), frez ile pürüzlendirilen yüzeylere göre (n=59) anlamlı derecede yüksektir ($P<0,001$). Aynı şekilde, HF asit uygulaması ile Al_2O_3 kumlama yöntemi (n=58) karşılaştırıldığında da HF grubunun makaslama bağlanma dayanımı anlamlı şekilde daha yüksektir ($P<0,001$). Frez ile pürüzlendirilen yüzeyler ile kumlanan yüzeyler arasında da anlamlı bir fark gözlemlendi ve frez grubu daha yüksek ortalamaya sahip oldu ($P=0,004$). Yüzey işlemleri sıralandığında, makaslama bağlanma dayanımı açısından en yüksek değerin HF grubunda, en düşük değerin ise kumlama grubunda olduğu görülmektedir. Aynı harfle işaretlenen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı belirtildi (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Yüzey işlemlerine ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Yüzey İşlemi		
	Asit	Frez	Kumlama
Ort ±SS	13,148 ±6,397 ^a	8,571 ±7,633 ^b	6,069 ±4,406 ^c

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

*Ortak küçük harfe sahip yüzey işlemleri arasında ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

Seramik çeşitleri ve yüzey işlemlerinin birlikte etkisine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Farklı seramik çeşitleri ve yüzey işlemlerinin makaslama bağlanma dayanımı değerleri üzerindeki etkileşimini değerlendirmek amacıyla uygulanan Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.18’de sunuldu.

GC seramik grubu içinde; HF asidi uygulanmış yüzey ile frez ile pürüzlendirilen yüzey arasında anlamlı bir fark bulunmadı ($P=1,000$). Ancak HF ile kumlanan yüzeyler karşılaştırıldığında anlamlı bir fark tespit edildi ($P<0,001$). Frez ile pürüzlendirilen yüzey ile kumlanan yüzeyler arasında da anlamlı fark vardır ($P=0,006$) (n=20).

CEREC seramik grubu içinde; HF (n=20)-frez (n=19) ($P=1,000$), HF (n=20)-kumlama (n=19) ($P=0,090$) ve frez (n=19)-kumlama (n=19) ($P=1,000$) karşılaştırmalarında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmedi.

EMAX seramik için; HF (n=20) ile frez (n=20) ($P<0,001$) ve HF (n=20) ile kumlama (n=19) ($P<0,001$) grupları arasında anlamlı fark bulunurken, frez ile kumlama arasında anlamlı fark bulunmadı ($P=1,000$).

Yüzey işlemleri kendi içinde değerlendirildiğinde; HF uygulaması altında GC, CEREC ve EMAX seramikleri arasında anlamlı fark saptanmadı ($P>0,05$) (n=20). Frez ile pürüzlendirme uygulanan gruplarda GC ile EMAX arasında anlamlı fark bulunurken ($P<0,001$) (n=20), diğer karşılaştırmalarda anlamlı fark yoktur ($P>0,05$). Kumlama uygulanan gruplarda ise tüm seramik çiftleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($P=1,000$) (GC: n=20, CEREC: n=19, EMAX: n=19).

Bu bulgular, yüzey işlemi ve seramik çeşitleri etkileşiminin bazı kombinasyonlarda makaslama bağlanma dayanımını anlamlı düzeyde etkilediğini, ancak tüm kombinasyonlar için bu etkinin geçerli olmadığını göstermektedir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Seramik bloklara ve yüzey işlemlerine ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Seramik Çeşidi		Yüzey İşlemi		
		Asit	Frez	Kumlama
GC	Ort ±SS	13,988 ±6,531 ^{a,A}	11,856 ±8,280 ^{a,A}	6,866 ±5,546 ^{b,A}
CEREC	Ort ±SS	10,796 ±5,307 ^{a,A}	8,585 ±7,338 ^{a,AB}	6,926 ±4,240 ^{a,A}
EMAX	Ort ±SS	14,660 ±6,876 ^{a,A}	5,272 ±5,955 ^{b,B}	4,374 ±2,554 ^{b,A}

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

*Aynı seramik çeşidi içinde ortak küçük harfe sahip yüzey işlemleri arasında ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

**Aynı yüzey işlemi içinde ortak büyük harfe sahip seramik blokları arasında ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

Seramik çeşidi ve yaşlandırma durumunun birlikte etkisine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Farklı seramik çeşidinin ve yaşlandırma uygulanma durumunun birlikte etkisine ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.19’te sunulmaktadır.

GC seramik grubunda, yaşlandırma uygulanan ve uygulanmayan gruplar arasında ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri açısından anlamlı fark bulundu ($P<0,001$). Benzer şekilde, CEREC seramik ($P<0,001$) ve EMAX seramik ($P<0,001$) içinde de yaşlandırma

uygulamasının makaslama bağlanma dayanımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalmaya neden olduğu belirlendi.

Yaşlandırma uygulanmayan örnekler karşılaştırıldığında; GC ile CEREC ($P=0,028$) ve GC ile EMAX ($P<0,001$) seramikleri arasında anlamlı fark bulundu. Ancak CEREC ile EMAX arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi ($P=1,000$) ($n=30$).

Yaşlandırma uygulanan gruplar karşılaştırıldığında ise; GC ($n=30$), CEREC ($n=28$) ve EMAX ($n=29$) seramikleri arasında makaslama bağlanma dayanımı açısından anlamlı fark bulunmadı ($P=1,000$).

Bu bulgular, yaşlandırma uygulamasının her seramik çeşidine makaslama bağlanma dayanımını anlamlı ölçüde azalttığını, ancak yaşlandırılan gruplar arasında seramik tipine göre fark oluşmadığını göstermektedir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Seramik çeşidine ve yaşlandırma uygulanma durumuna ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Seramik Çeşidi		Yaşlandırma Uygulanma Durumu	
		Kontrol	Yaşlandırma
GC	Ort \pm SS	16,230 \pm 6,160 ^{a,A}	5,577 \pm 3,848 ^{b,A}
CEREC	Ort \pm SS	12,877 \pm 4,835 ^{a,B}	4,440 \pm 3,141 ^{b,A}
EMAX	Ort \pm SS	11,155 \pm 6,804 ^{a,B}	5,072 \pm 6,226 ^{b,A}

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

* Aynı seramik çeşidi içinde ortak küçük harfe sahip yaşlandırma durumları arasında ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

** Aynı yaşlandırma durumu içinde ortak büyük harfe sahip seramik blokları arasında ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

Yüzey işlemleri ve yaşlandırma durumunun birlikte etkisine ilişkin çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Farklı yüzey işlemleri ve yaşlandırma uygulanma durumunun makaslama bağlanma dayanımı değerleri üzerindeki birlikte etkisine ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.20’de sunulmaktadır.

Her yüzey işlemi türü içinde yaşlandırma uygulanıp uygulanmaması karşılaştırıldığında; HF asit uygulama ($P<0,001$), frez ile pürüzlendirme ($P<0,001$) ve Al_2O_3 ile kumlama ($P<0,001$)

işlemleri için yaşlandırma uygulamasının makaslama bağlanma dayanımı değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir düşüşe neden olduğu belirlendi.

Yaşlandırma uygulanmayan örneklerde yüzey işlemleri karşılaştırıldığında; HF asidi uygulanan yüzey ile frezle pürüzlendirilen yüzey arasında anlamlı fark bulunmadı ($P=0,084$). HF uygulaması ile kumlama arasında ($P<0,001$) ve frez ile kumlama arasında ($P<0,001$) istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ($n=30$).

Yaşlandırma uygulanan örneklerde yüzey işlemleri karşılaştırıldığında ise; HF ($n=30$) ile frez ($n=29$) ($P<0,001$) ve HF ($n=30$) ile kumlama ($n=28$) ($P<0,001$) uygulamaları arasında anlamlı fark bulundu. Ancak frez ile kumlama karşılaştırmasında anlamlı fark saptanmadı ($P=1,000$).

Bu bulgular, her üç yüzey işlemi için de yaşlandırma uygulamasının makaslama bağlanma dayanımı üzerinde anlamlı düzeyde azaltıcı etkisi olduğunu, ayrıca yaşlandırma durumu dikkate alındığında yüzey işlemleri arasında da bazı gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20. Yüzey işlemleri ve yaşlandırma uygulanma durumuna ilişkin Bonferroni çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Yüzey İşlemi		Yaşlandırma Uygulanma Durumu	
		Kontrol	Yaşlandırma
Asit	Ort \pm SS	17,104 \pm 4,935 ^{a,A}	9,191 \pm 5,149 ^{b,A}
Frez	Ort \pm SS	14,125 \pm 6,748 ^{a,A}	2,825 \pm 2,506 ^{b,B}
Kumlama	Ort \pm SS	9,033 \pm 4,128 ^{a,B}	2,894 \pm 1,573 ^{b,B}

Ort: Ortalama, SS: Standart sapma

*Aynı yüzey işlemi içinde ortak küçük harfe sahip yaşlandırma durumları arasında ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

**Aynı yaşlandırma durumu içinde ortak büyük harfe sahip yüzey işlemleri arasında ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($P>0,05$).

4.4. Başarısızlık Tiplerinin Dağılımına İlişkin Bulgular

Farklı seramik çeşidine göre elde edilen başarısızlık tiplerinin dağılımı Çizelge 4.21’te sunulmaktadır. GC seramikte ($n=60$) %65 oranında adeziv, %30 oranında karma ve %5 oranında koheziv tipinde başarısızlık gözlemlendi. CEREC seramikte ($n=58$) en sık karşılaşılan başarısızlık tipi %55,2 oranı ile adeziv olup bunu %41,4 oranla karma ve %3,4 oranla

koheziv başarısızlık takip etmektedir. EMAX seramikte (n=59) ise %71,2 oranında adeziv ve %28,8 oranında karma tipte başarısızlık saptandı, koheziv başarısızlık izlenmedi.

Çizelge 4.21. Farklı seramik çeşidinde görülen başarısızlık tiplerinin sayı ve yüzde dağılımı

Seramik Blok	Başarısızlık Tipleri					
	Karma		Adeziv		Koheziv	
	Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹
GC	18	30	39	65	3	5
CEREC	24	41,4	32	55,2	2	3,4
EMAX	17	28,8	42	71,2	---	---

¹Yüzdeler, seramik bloklar içindeki başarısızlık tiplerinin dağılımını göstermektedir.

Farklı yüzey işlemleri açısından değerlendirildiğinde, HF asidi uygulanmış örneklerde (n=60) %56,7 oranında karma ve %43,3 oranında adeziv başarısızlık tespit edildi ve koheziv başarısızlığa rastlanmadı. Frez ile pürüzlendirilen yüzeylerde (n=59) ise %71,2 oranında adeziv, %22,0 oranında karma ve %6,8 oranında koheziv başarısızlık gözlemlendi. Al₂O₃ ile kumlanmış yüzeylerde (n=58) ise başarısızlık tipleri sırasıyla %77,6 adeziv, %20,7 karma ve %1,7 koheziv olarak belirlendi (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Farklı yüzey işlemlerinde görülen başarısızlık tiplerinin sayı ve yüzde dağılımı

Yüzey İşlemi	Başarısızlık Tipleri					
	Karma		Adeziv		Koheziv	
	Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹
Asit	34	56,7	26	43,3	---	---
Frez	13	22	42	71,2	4	6,8
Kumlama	12	20,7	45	77,6	1	1,7

¹Yüzdeler, yüzey işlemleri içindeki başarısızlık tiplerinin dağılımını göstermektedir.

Yaşlandırma uygulanma durumuna göre başarısızlık tipi dağılımı Çizelge 4.23'te verildi. Yaşlandırma uygulanmayan gruplarda %50 oranında karma, %44,4 oranında adeziv ve %5,6 oranında koheziv başarısızlık tespit edildi (n=90). Yaşlandırma uygulanan gruplarda ise %83,9 oranında adeziv ve %16,1 oranında karma başarısızlık görüldü; koheziv başarısızlık gözlenmedi (n=87).

Çizelge 4.23. Yaşlandırma uygulanma durumuna göre görülen başarısızlık tiplerinin sayı ve yüzde dağılımı

Yaşlandırma Uygulanma Durumu	Başarısızlık Tipleri					
	Karma		Adeziv		Koheziv	
	Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹
Kontrol	45	50	40	44,4	5	5,6
Yaşlandırma	14	16,1	73	83,9	---	---

¹Yüzdeler, yaşlandırma uygulanma durumu içindeki başarısızlık tiplerinin dağılımını göstermektedir.

Farklı seramik çeşidi ve yüzey işlemlerine göre başarısızlık tiplerinin dağılımı Çizelge 4.24'te gösterildi. GC seramikte HF asidi uygulanan yüzeylerde %60 oranında karma, %40 oranında adeziv başarısızlık gözlemlendi; koheziv başarısızlık saptanmadı (n=20). Frezle pürüzlendirilme işlemi uygulanan GC seramikte %20 karma, %65 adeziv ve %15 koheziv başarısızlık görüldü (n=20). Kumlanmış GC seramikte ise %10 karma ve %90 adeziv başarısızlık saptandı ve koheziv tipte başarısızlık izlenmedi (n=20).

CEREC seramikte HF asidi uygulanan grupta (n=20) %55 karma ve %45 adeziv; frezle pürüzlendirilen grupta (n=19) %31,6 karma, %63,2 adeziv ve %5,3 koheziv; kumlama uygulanan grupta (n=19) ise %36,8 karma, %57,9 adeziv ve %5,3 koheziv başarısızlık gözlemlendi.

EMAX seramikte ise HF asidi uygulanan yüzeylerde (n=20) %55 karma ve %45 adeziv; frezle pürüzlendirilen yüzeylerde (n=20) %15 karma ve %85 adeziv; kumlama uygulanan yüzeylerde (n=19) %15,8 karma ve %84,2 adeziv başarısızlık saptandı.

Çizelge 4.24. Farklı seramik çeşitleri ve yüzey işlemlerinde görülen başarısızlık tiplerinin sayı ve yüzde dağılımı

Seramik Blok	Yüzey İşlemi	Başarısızlık Tipleri					
		Karma		Adeziv		Koheziv	
		Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹
GC	Asit	12	60	8	40	---	---
	Frez	4	20	13	65	3	15
	Kumlama	2	10	18	90	---	---
CEREC	Asit	11	55	9	45	---	---
	Frez	6	31,6	12	63,2	1	5,3
	Kumlama	7	36,8	11	57,9	1	5,3
EMAX	Asit	11	55	9	45	---	---
	Frez	3	15	17	85	---	---
	Kumlama	3	15,8	16	84,2	---	---

¹Yüzdeler, aynı seramik blok ve yüzey işlemleri içindeki başarısızlık tiplerinin dağılımını göstermektedir.

Farklı seramik çeşidine ve yaşlandırma uygulanma durumuna göre başarısızlık tiplerinin dağılımı Çizelge 4.25'te sunulmaktadır. Yaşlandırma uygulanmayan GC seramikte %46,7 karma, %43,3 adeziv ve %10,0 koheziv başarısızlık izlenirken (n=30); yaşlandırma uygulanan örneklerde (n=30) %13,3 karma ve %86,7 adeziv başarısızlık saptandı. CEREC seramikte yaşlandırma uygulanmayan örneklerde (n=30) %66,7 karma, %26,7 adeziv, %6,7 koheziv; yaşlandırılma uygulanan örneklerde (n=28) %14,3 karma ve %85,7 adeziv başarısızlık görüldü. EMAX seramikte ise yaşlandırma uygulanmayan grupta (n=30) %36,7 karma, %63,3 adeziv; yaşlandırılmış grupta (n=29) %20,7 karma ve %79,3 adeziv başarısızlık saptandı.

Çizelge 4.25. Farklı seramik çeşidine ve yaşlandırma uygulanma durumuna göre görülen başarısızlık tiplerinin sayı ve yüzde dağılımı

Seramik Blok	Yaşlandırma Uygulanma Durumu	Başarısızlık Tipleri					
		Karma		Adeziv		Koheziv	
		Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹
GC	Kontrol	14	46,7	13	43,3	3	10,0
	Yaşlandırma	4	13,3	26	86,7	---	---
CEREC	Kontrol	20	66,7	8	26,7	2	6,7
	Yaşlandırma	4	14,3	24	85,7	---	---
EMAX	Kontrol	11	36,7	19	63,3	---	---
	Yaşlandırma	6	20,7	23	79,3	---	---

¹Yüzdeler, aynı seramik blok ve yaşlandırma uygulanma durumu içindeki başarısızlık tiplerinin dağılımını göstermektedir.

Yüzey işlemi ve yaşlandırma durumunun başarısızlık tipi dağılımı üzerindeki etkisi Çizelge 4.26'da gösterilmektedir. Yaşlandırma uygulanmayan HF grubunda (n=30) %70 karma, %30 adeziv; yaşlandırma uygulanan HF grubunda ise (n=30) %43,3 karma ve %56,7 adeziv başarısızlık görüldü. Frez grubunda yaşlandırma uygulanmayan örneklerde (n=30) karma, adeziv ve koheziv tipler %43,3, %43,3 ve %13,3 oranında görülürken; yaşlandırılmış örneklerde (n=29) yalnızca adeziv tip başarısızlık gözlemlendi. Kumlama uygulanan gruplarda yaşlandırma uygulanmayan örneklerde (n=30) %36,7 karma, %60 adeziv ve %3,3 koheziv; yaşlandırma uygulanan grupta (n=28) ise %3,6 karma ve %96,4 adeziv başarısızlık gözlemlendi.

Çizelge 4.26. Farklı yüzey işlemlerine ve yaşlandırma uygulanma durumuna göre görülen başarısızlık tiplerinin sayısı ve yüzde dağılımı

Yüzey İşlemi	Yaşlandırma Uygulanma Durumu	Başarısızlık Tipleri					
		Karma		Adeziv		Koheziv	
		Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹
Asit	Kontrol	21	70	9	30	---	---
	Yaşlandırma	13	43,3	17	56,7	---	---
Frez	Kontrol	13	43,3	13	43,3	4	13,3
	Yaşlandırma	---	---	29	100	---	---
Kumlama	Kontrol	11	36,7	18	60	1	3,3
	Yaşlandırma	1	3,6	27	96,4	---	---

¹Yüzdeler, aynı yüzey işlemi ve yaşlandırma uygulanma durumu içindeki başarısızlık tiplerinin dağılımını göstermektedir.

Üç değişkenin birlikte değerlendirildiği Çizelge 4.27 incelendiğinde; yaşlandırma uygulanmayan HF asidi uygulanan GC seramikte %80 karma ve %20 adeziv başarısızlık; yaşlandırma uygulanan örneklerde %40 karma ve %60 adeziv başarısızlık gözlemlendi (n=10). Frezle pürüzlendirilen GC seramikte yaşlandırma öncesinde tüm başarısızlık tipleri gözlemlenmişken (%40 karma, %30 adeziv, %30 koheziv), yaşlandırma uygulanan örneklerde yalnızca adeziv başarısızlık görüldü (n=10). Kumlama uygulanan GC seramikte yaşlandırma öncesi %20 oranında karma ve %80 oranında adeziv tipinde başarısızlık gözlemlenirken, yaşlandırma sonrası yine yalnızca adeziv başarısızlık saptandı (n=10).

CEREC seramikte, yaşlandırma yapılmayan HF grubunda %80 karma, %20 adeziv; yaşlandırma yapılan HF grubunda %30 karma ve %70 adeziv başarısızlık görülmüştür (n=10). Frezle pürüzlendirilen grupta yaşlandırma öncesinde %60 karma, %30 adeziv ve %10 koheziv başarısızlık gözlemlenirken (n=10); yaşlandırma sonrası sadece adeziv başarısızlık gözlemlendi (n=9). Kumlama ile pürüzlendirilen CEREC gruplarında da yaşlanma öncesi grupta %60 oranında karma, %30 oranında adeziv ve %10 oranında koheziv tipinde başarısızlık gözlemlendi (n=10). Yaşlandırma uygulanan grupta ise %11,1 oranında karma ve %88,9 oranında adeziv tipte başarısızlık gözlemlendi (n=9).

EMAX seramikte, HF grubunda yaşlandırma öncesinde başarısızlık oranları eşit olarak dağılırken (%50 karma, %50 adeziv), yaşlandırma yapılan örneklerde %60 karma ve %40 adeziv başarısızlık gözlemlenmiştir (n=10). Yaşlandırma uygulanmayan ve frez ile pürüzlendirilen EMAX seramikte %30 oranında karma ve %70 oranında adeziv tipte başarısızlık gözlemlenirken (n=10), yaşlandırma uygulanmayan ve Al₂O₃ ile kumlama yapılan EMAX seramikte (n=10) %30 oranında karma ve %70 oranında adeziv tipte başarısızlık

gözlendi. Frezle pürüzlendirme (n=10) ve kumlama (n=9) uygulanan EMAX gruplarında ise yaşlandırma sonrası yalnızca adeziv tipte başarısızlık tespit edilmiştir (Çizelge 4.27) (n=10).

Çizelge 4.27. Farklı seramik çeşidine, yüzey işlemlerine ve yaşlandırma uygulanma durumuna göre görülen başarısızlık tiplerinin sayısı ve yüzde dağılımı

Seramik Blok	Yüzey İşlemi	Yaşlandırma Uygulanma Durumu	Başarısızlık Tipleri					
			Karma		Adeziv		Koheziv	
			Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹	Sayı	Yüzde ¹
GC	Asit	Kontrol	8	80,0	2	20,0	---	---
		Yaşlandırma	4	40,0	6	60,0	---	---
	Frez	Kontrol	4	40,0	3	30,0	3	30,0
		Yaşlandırma	---	---	10	100,0	---	---
	Kumlama	Kontrol	2	20,0	8	80,0	---	---
		Yaşlandırma	---	---	10	100,0	---	---
CEREC	Asit	Kontrol	8	80,0	2	20,0	---	---
		Yaşlandırma	3	30,0	7	70,0	---	---
	Frez	Kontrol	6	60,0	3	30,0	1	10,0
		Yaşlandırma	---	---	9	100,0	---	---
	Kumlama	Kontrol	6	60,0	3	30,0	1	10,0
		Yaşlandırma	1	11,1	8	88,9	---	---
EMAX	Asit	Kontrol	5	50,0	5	50,0	---	---
		Yaşlandırma	6	60,0	4	40,0	---	---
	Frez	Kontrol	3	30,0	7	70,0	---	---
		Yaşlandırma	---	---	10	100,0	---	---
	Kumlama	Kontrol	3	30,0	7	70,0	---	---
		Yaşlandırma	---	---	9	100,0	---	---

¹Yüzdeler, aynı seramik blok, yüzey işlemi ve yaşlandırma uygulanma durumu içindeki başarısızlık tiplerinin dağılımını göstermektedir.

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, farklı lityum disilikat içerikli CAD-CAM seramiklerinde farklı yüzey işlemlerinin ve seramik çeşidinin seramiklerin tamir materyaline makaslama bağlanma dayanımının değerlendirilmesi amaçlandı. Bu amaçla çalışmanın sıfır hipotezi (H_0), “lityum disilikat türlerinin, uygulanan yüzey işlemlerinin ve yaşlandırma uygulanma durumunun, tamir materyaline makaslama bağlanma dayanımı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi yoktur” şeklindedir. Elde edilen bulgular doğrultusunda hem seramik türüne, hem uygulanan yüzey işlemine, hem de yaşlandırma uygulanıp uygulanmamasına bağlı olarak makaslama bağlanma dayanımlarında anlamlı düzeyde farklılıklar gözlemlendi. Özellikle HF asidi ile işlem gören gruplarda, yaşlandırma uygulanmayan örneklerde tüm seramik türleri için en yüksek makaslama bağlanma dayanımları elde edildi. Bununla birlikte, frez ile pürüzlendirilen ve kumlama uygulanan örneklerde, yaşlandırma sonrası makaslama bağlanma dayanımı değerlerinde belirgin düşüş görüldü. Bununla birlikte bazı gruplarda makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin klinik eşik değerlerinin altına düştüğü belirlendi. Bu durum, test edilen faktörlerin (seramik türü, yüzey işlemi ve yaşlandırma) makaslama bağlanma dayanımı üzerinde anlamlı etki oluşturduğunu ortaya koydu. Bu nedenle, çalışmanın sıfır hipotezi reddedildi.

Son yıllardaki teknolojik gelişmeler doğrultusunda sabit protetik tedaviler, klasik yöntemlerden uzaklaşarak diş dokusunda daha az kayba yol açan koruyucu yaklaşımlara evrilmiş ve farklı restoratif seçenekler sunulmuştur. Bu konservatif yaklaşım, mümkün olan en az invaziv işlemle hastanın mevcut sağlıklı diş yapısını muhafaza etmeyi hedefleyen ve koruyucu/önleyici uygulamaları esas alan bir tedavi modelidir. Yapıştırma sistemlerinde yaşanan gelişmeler ve koruyucu diş hekimliğine duyulan ilginin artmasıyla birlikte, pulpa boşluğu ve kavite sınırlarına sabitlenen, bütüncül yapıda tasarlanan monolitik restorasyonlara dayalı yeni nesil tedavi yöntemleri ortaya konmuştur (Güdül vd., 2024).

Hastaların estetik beklentilerinin artması ve diş hekimliğinde CAD-CAM teknolojilerinin kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, biyoyumluluk, estetik ve fonksiyon açısından üstün özelliklere sahip birçok yeni restoratif materyal üretilmiştir. Lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramik restorasyonlar, optik özelliklerinden dolayı özellikle ön bölge restorasyonlarında tercih edilmektedir. Ancak bu restorasyonların en önemli dezavantajı düşük kırılma dayanımlarıdır. 2005 yılında, %40 oranında lityum metasilikat ve lityum

disilikat kristal çekirdekleri içeren, kristalleşmemiş IPS e.max CAD blokları üretilmiştir (Özel vd., 2023). IPS e.max CAD bloklar, uzun dönemli başarıları ve stabiliteyi nedeniyle tercih edilmiştir. Kısmi kristalleşme, blokların CAD/CAM sistemleriyle kolayca işlenebilmesine olanak tanır. Bu süreçte lityum metasilikat kristalleri oluşmakta ve bu kristaller işlenebilirlik, dayanım ve kenar stabilitesine katkı sağlamaktadır. Frezleme işlemi sonrası yapılan ısıtma işlemi birlikte, blokta lityum disilikat kristalleri oluşmakta ve bu da restorasyonun nihai renk ve yüksek mekanik dayanımını kazandırmaktadır. Ayrıca, bu seramiklerin cam fazında kristallerin dağılmış olması ve asit ile pürüzlendirilebilmesi, yüzeyde düzensizlik oluşturarak adeziv sistemlerle güçlü bağ oluşumuna imkân sağlar (Elsayed vd., 2020). Lityum disilikat cam seramik, piyasaya sürüldüğünden bu yana önemli ölçüde popülerlik kazanmış ve cam matrisli seramikler arasında en çok tercih edilen materyal haline gelmiştir (Lubauer vd., 2022; Hassan vd., 2025). Ancak buna rağmen dental materyal piyasasında sürekli olarak yeni materyaller geliştirilmeye devam etmektedir. Bu yeniliklerden biri, geliştirilmiş lityum disilikat materyalidir ve bu materyal, cam matrisi içerisinde lityum alüminyum silikat kristalleri olan virjilit kristallerini içermektedir (Hassan vd., 2025). 2021 yılında, CAD-CAM uyumlu CEREC Tessera materyali piyasaya sunulmuştur. Bu materyal, hızlı işlenebilmesi sayesinde hem hekimin hem de hastanın zamanını verimli kullanmasını sağlar ve %32'ye varan bükülme dayanımı ile dikkat çeker. Tessera blokları, protetik diş tedavisi alanına kazandırılmış yeni nesil lityum disilikat CAD-CAM seramikleridir. Tessera'nın endikasyonları arasında ön ve arka bölgelerde kron, inlay, onley ve veneer restorasyonlar yer almaktadır (Mohammed vd., 2025).

2021 yılında, tam kristalize yapıya sahip lityum disilikat bazlı bir blok olan GC Initial LiSi satışa sunulmuştur. Bu materyalin kullanım alanı, diğer lityum disilikat temelli ürünlerle büyük ölçüde örtüşmektedir (Al-Johani vd., 2024). Initial LiSi Block, üretici firmanın açıklamasına göre pişirme işlemi gerektirmeden optimal fiziksel ve estetik özellikler sunan, tam kristalize bir lityum disilikat materyalidir. Bu blok, GC firmasına ait yüksek yoğunluklu mikronizasyon teknolojisini içermektedir. Bu teknoloji sayesinde materyalin yüksek aşınma direnci, pürüzsüz marjinler ve yüksek estetik özellikler sağladığı bildirilmektedir (<https://www.gc.dental/america/products/digital/cadcam/gc-initial-lisi-block>). Lityum disilikat, cam yapılı matris ve lityum bazlı kristal fazı sayesinde ışığın geçişi sırasında kırılma ve yansımanın en aza indirilmesiyle öne çıkan üstün estetik özellikleriyle bilinmektedir (Reid vd., 2023).

Tam seramik restorasyonların kırılmaya eğilimli olduğu bilinmektedir. Seramiklerin monolitik ya da çift katmanlı olarak kullanımı, karşılaşılan mekanik komplikasyonlarla ilişkili olabilmektedir. Kırıkların nasıl meydana geldiğine dair veriler net olmamakla birlikte küçük çaplı kırılmalar, tam seramik restorasyonların en sık karşılaşılan başarısızlık nedenlerindedir (Ataol vd., 2018). Seramik restorasyonlarda oluşan küçük kırıklar veya çatlaklar, özellikle hasar yüzeyel düzeydeyse ve restorasyonun genel bütünlüğünü etkilemiyorsa (örneğin, ön dişlerin bukkal yüzeyinde), kompozit rezinlerle klinikte onarılabilir (Muhetaer vd., 2024). Yapılan literatür incelemesinde, IPS e.max CAD, GC Initial LiSi ve CEREC Tessera materyallerinin bir arada kullanılarak farklı yüzey işlemleri ve termal yaşlandırmanın tamir materyalinin seramik yüzeyine bağlanma dayanımına etkisini değerlendiren bir çalışmaya rastlanmadı. Bu nedenle, bu çalışma da farklı yüzey işlemleri uygulanan üç farklı kimyasal kompozisyona sahip lityum disilikat esaslı CAD-CAM cam seramik materyalin tamir materyaline makaslama bağlanma dayanımı değerlendirildi ve deney örneklerinde meydana gelen başarısızlık tipleri belirlendi. Ayrıca yüzey işlemlerinin materyalin yüzeyinde yüzey pürüzlülüğü değerleri ölçüldü.

Neis ve diğerleri (2015)'nin çalışmalarında; üç farklı dental seramik türünde (lityum disilikat takviyeli, lösit takviyeli ve feldspatik) uygulanan çeşitli yüzey pürüzlendirme işlemlerinin, restoratif kompozit onarımının mikrogerilim bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada kullanılan seramiklere elmas frez, hidroflorik asit % 10 ve silika kaplı alüminyum oksit partikülleri ile tribokimyasal işlem uygulanmıştır. Al-Thagafi ve diğerleri (2016)'nin çalışmalarında CAD-CAM zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat seramiğin onarılabilirliği üzerine yüzey işlemi protokollerinin etkisini, lityum disilikat cam seramik ile karşılaştırarak değerlendirmişlerdir. Yüzey pürüzlendirme işlemi olarak %5lik hidroflorik asit ya da CoJet sistemi ile tribokimyasal silika kaplama yapmışlardır. Alanazi ve diğerleri (2025)'nin çalışmalarında lityum disilikat seramiğin renk değişimi, yüzey pürüzlülüğü ve bağlanma dayanımı üzerine farklı yüzey hazırlığı işlemlerinin etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla, örneklere HF asidi, kumlama, Ti-Sapphire lazeri ve düşük düzey lazer tedavisi ile aktive edilmiş riboflavin fotosensitizeri yüzey ön işlemleri uygulanmıştır. Yüzey pürüzlülüğü analizini profilometre kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da lityum disilikat seramik yüzeylerine hidroflorik asit, alüminyum oksitle kumlama ve frezle pürüzlendirme işlemi uygulandı. Yüzey işlemi uygulanan seramik örneklerin yüzey pürüzlülüğü değerlerini profilometre cihazı ile ölçüldü. Cihaz, her grup ölçümünden önce kalibre edildi. Ölçüm

esnasında, probun yüzeye paralel konumlandırılmasına ve temas eden ucun yüzeye dik şekilde yerleştirilmesine özen gösterildi. Deney grupları belirlendikten sonra her örnekten üç ayrı ölçüm yapıldı ve elde edilen verilerden ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri hesaplandı.

Silan bağlayıcı ajanlar, porselen yüzeyi ile kompozit malzeme arasında kimyasal bir bağlantı kurmak amacıyla kullanılmaktadır. Silanlar, kompozit rezinlerin fiziksel ve mekanik performansını artırırken, porselen yüzeyinin ıslanabilirliğini de yükseltmektedir. Bu ajanlar hem organik hem de inorganik yüzeylerle etkileşim kurabilmektedir. Porselen yüzeye uygulandığında silan, hidroliz yoluyla porselen ile kimyasal bir bağ oluşturmaktadır. Elde edilen metakrilat grupları ise kompozit materyalin metakrilat yapılarıyla reaksiyona girerek güçlü bir adeziv bağlantı meydana getirmektedir (Kaya vd., 2022).

Seramik restorasyonların yüzey hazırlığında, literatürde önerilen yüzey işlemleri doğrultusunda çalışmamızda yüzey işlemleri sonrasında silan uygulaması gerçekleştirildi. Seramik materyallerin yapısında silana bağlanabilir bileşenlerin bulunması, silan bağlayıcı ajanların uygulanmasını simantasyon sürecinde önemli kılmaktadır. Silan ajanları, seramiğin inorganik fazı ile rezin simanın organik fazı arasında kimyasal bağ oluşturarak adezyonu arttırmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda silan uygulamasına yer verildi.

Fathpour ve diğerleri (2023), evrensel adeziv sistemlerin ve farklı yüzey hazırlama protokollerinin, kompozit rezin materyallerin lityum disilikat seramiklere makaslama bağlanma dayanımı (SBS) üzerindeki etkilerini karşılaştırmalı olarak değerlendirmiştir. Bu amaçla IPS e.max CAD blokları farklı yüzey işlemlerine tabi tutularak altı deney grubu oluşturulmuştur. Elde edilen bulgulara göre, en düşük SBS değeri sadece kumlama yapılan grupta, en yüksek değer ise çoklu yüzey işlemleri ve silan uygulaması içeren grupta gözlemlenmiştir. Duzyol ve diğerleri (2016), farklı yüzey işlem protokollerinin üç farklı CAD-CAM restoratif materyali olan CEREC blok (feldspatik seramik), IPS e. max CAD (lityum çdisilikat ile güçlendirilmiş seramik) ve Lava Ultimate (rezin nano seramik) ile kompozit rezin arasındaki mikrogerilme bağlanma dayanımına etkilerini araştırmıştır. Her materyalden hazırlanan numuneler dört yüzey işlem alt grubuna ayrılmış ve yüzey işlemleri sonrası silan ve universal adeziv ajanlar uygulanarak kompozit rezin ile tamir edilmiştir. Tüm örnekler mikrogerilme bağlanma dayanımı testine tabi tutulmuş, bazı örneklerde kırılma tipleri incelenmiştir. Sonuçlarda, lityum disilikat seramiklerde, HF ile işlem gören

gruplar en yüksek bağlanma dayanımını sergilemiştir. Lityum disilikat seramiklerde HF uygulaması, feldspatik seramiklere göre ve rezin nano seramiklere göre anlamlı olarak daha yüksek bağlanma dayanımı sağlamıştır. Bulgular, CAD-CAM restoratif materyallerin yüzey özelliklerine uygun yüzey hazırlık protokolü seçilmesinin, tamir başarısını doğrudan etkilediğini göstermektedir. Bizim çalışmamızda da üç farklı lityum disilikat seramik türü (GC, CEREC ve EMAX) değerlendirildiğinde, HF asit uygulanmış grupların ortalama bağlanma dayanımı değerleri, hem frezleme hem de kumlama gruplarına göre belirgin şekilde daha yüksek bulundu. Özellikle EMAX seramiğinde HF asit uygulanan grupta elde edilen ortalama SBS değeri, frez ve kumlama gruplarına kıyasla üstündü. Bu durum, HF asidin seramik yüzeyinde oluşturduğu mikroporozite sayesinde kompozit rezinin mekanik tutuculuğunun arttığını gösterdi. Aynı eğilim GC ve CEREC gruplarında da gözlenmiş olup, her iki seramikte de asit grubunda elde edilen SBS değerleri, diğer yüzey işlemleriyle karşılaştırıldığında daha yüksek bulundu. Bu bulgular, Fathpour ve Duzyol'un çalışmalarıyla uyumlu şekilde, HF asit uygulamasının lityum disilikat seramiklerin tamirinde bağlanma başarısını artıran en etkili yüzey hazırlık yöntemi olduğunu ortaya koydu.

Nayee ve diğerleri (2022)'nin çalışmalarında dört farklı lityum disilikat CAD-CAM seramiği (IPS e.max CAD, Amber Mill, CEREC Tessera ve tam kristalize LiSi Block) %5 HF ile üç farklı pürüzlendirme protokolüne tabi tutarak (60 saniyelik sabit uygulama (60s), çift HF uygulaması (Double), üretici önerisine uygun süre (IFU)) bağlanma dayanımını değerlendirmişlerdir. En yüksek bağlanma dayanımı LiSi Block-60s grubunda, en düşük ise Tessera-IFU ve Amber Mill-IFU gruplarında ölçülmüştür. Benzer şekilde, bizim çalışmamızda da yaşlandırılmayan asit uygulanmış gruplar karşılaştırıldığında, en yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanımı GC seramiğinde elde edildi. Bu grubu sırasıyla EMAX ve CEREC takip etti. GC seramiğinin, Nayee'nin çalışmasındaki tam kristalize LiSi Block'a yapısal olarak benzerlik göstermesi ve HDM teknolojisiyle üretilmesi, yüzeyin HF'ye karşı daha duyarlı olmasına ve buna bağlı olarak mikromekanik tutuculuğun daha etkin oluşmasına katkı sağlamış olabilir. Bu bağlamda, bizim çalışmamızda %5 HF'nin yalnızca 20 saniye süreyle uygulanmasına rağmen GC seramiğin yüksek bağlanma dayanımı göstermesi, mikrostrüktürel uygunluğun bağ başarısında ne denli belirleyici olduğunu ortaya koydu. Öte yandan, hem Nayee'nin çalışmasında hem de bizim çalışmamızda asitle pürüzlendirilen CEREC seramiği diğer seramiklere göre daha düşük bağlanma dayanımı sergiledi. Bu durum, CEREC seramiğin içeriğindeki virgilit kristalleri, zirkonya katkısı ve

farklı kristal faz yapısının, HF uygulamasına olan cevabını sınırlayabileceğini düşündürdü. Bu bağlamda, literatürde bildirilen bağlanma dayanımı sıralaması ile çalışmamızdaki bulgular genel anlamda örtüşmekte, ancak uygulama süresi sabit tutulmasına rağmen GC seramiğin öne çıkması, materyalin mikroyapısal yanıtlarının bağ başarısını doğrudan etkilediğini gösterdi.

Issa ve diğerleri (2023)'nin çalışmalarında, iki farklı CAD-CAM blok materyali (GC Initial LiSi ve Cerasmart 270) ile yapılan simantasyon işlemlerinde primer uygulamasının, diş yapısına makaslama bağlanma dayanımı (SBS) ve kırılma tipleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Çekilmiş dişler periferik dentin seviyesine kadar kesilmiş ve silindirik şekilli CAD-CAM örnekleri dişlere simante edilmiştir. Primer uygulanma durumuna göre dört gruba ayrılmıştır: A1 (LiSi, primersiz), A2 (LiSi + primer), B1 (Cerasmart, primersiz), B2 (Cerasmart + primer). Tüm silindirik şekilli örnekler üreticiye uygun şekilde %5 hidroflorik asitle pürüzlendirilmiş, A2 ve B2 örnek gruplarındaki diş yüzeylerine primer uygulanmıştır. Bağlanma dayanımı sonuçlarına göre, en yüksek ortalama SBS değeri Grup A2'de, en düşük Grup B1'de gözlemlenmiştir. Kırılma tipi analizine göre, primer uygulanmayan gruplarda (A1 ve B1) kırılmaların çoğu dentin ve rezin siman arasındaki adeziv tipte gerçekleşmiştir. Primer uygulanan gruplarda ise A2 grubunda kırıkların %60'ı dentin içinde, %40'ı siman içinde koheziv olarak gerçekleşirken, B2 grubunda %20 dentin içi, %40 adeziv ve %40 siman içi koheziv kırılma gözlenmiştir. Hiçbir grupta CAD-CAM örneği ile siman arasında adeziv kırılma ya da örnek içinde koheziv kırık saptanmamıştır. Bu bulgular, primer kullanımının bağlanma kalitesini artırarak koheziv kırılmalara neden olduğunu göstermektedir. Sonuçlar, primer uygulamasının hem bağlanma dayanımını artırdığını hem de kırılma modunu olumlu yönde değiştirdiğini ortaya koymuştur. Primer kullanılan gruplarda dentin içinde koheziv kırılma oranının artması, bağlanma başarısının daha sağlam bir arayüzey oluşturduğunu göstermektedir. Bizim çalışmamızda, tüm örneklerde sabit protokol olarak silan uygulaması yapıldı. Issa'nın çalışmasındaki bulgularla paralel şekilde, bu protokolda çalışmamızda bağlanma kalitesini arttırılması hedeflendi.

Alsulimani ve diğerleri (2024)'nin çalışmalarında, IPS e.max CAD ve Initial LiSi olmak üzere iki farklı lityum disilikat CAD-CAM seramiğinin kompozit yüzeye olan çekme bağlanma dayanımlarını 500 döngülük termal yaşlandırma öncesinde ve sonrasında karşılaştırmışlardır. Tüm örnekler %9,5 HF ile asitlenmiş ve silan ajanı uygulanmıştır. Termal yaşlandırma öncesinde Initial LiSi grubunun bağlanma dayanımı, IPS e.max CAD'e

göre daha yüksek bulunmuştur, ancak yaşlandırma sonrasında her iki materyalde de benzer bağlanma dayanımı elde edilmiştir. Benzer şekilde, bizim çalışmamızda da GC seramiğinde yaşlandırma öncesi asit grubunda en yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanımı değeri elde edildi. Ancak yaşlandırma sonrası bu değer azaldı. Ayrıca bizim çalışmamızda da benzer şekilde yaşlandırma sonrasında GC seramikte bağlanma dayanımında EMAX seramiğe kıyasla daha belirgin bir azalma görüldü. Bu bulgular, hem materyal tipinin hem de termal yaşlandırmanın bağlanma dayanımı üzerinde etkili olduğunu gösterdi. Ayrıca Initial LiSi'nin yaşlandırmaya karşı daha hassas olabileceği ancak her iki materyalin de klinik anlamda benzer performans gösterebileceği izlenimini verdi. Alsulimani'nin çalışmasında bağlanma dayanımı testi sonucunda karışık başarısızlık tipi tüm gruplarda baskın olarak görülmüştür. Buna karşılık, bizim çalışmamızda %5'lik HF asit uygulanan GC seramiğinde yaşlandırılmayan grupta karma kırık oranı yüksek (%80) olmasına rağmen, yaşlandırma sonrası bu oran %40'a düştü, adeziv kırık oranı %60'a yükseldi. Bu farklılık, HF asit konsantrasyonunun seramik yüzeyinde oluşturduğu mikroporozite derinliği ve pürüzlülük düzeyiyle ilişkilendirilebilir. Daha yüksek HF konsantrasyonu, cam fazın daha fazla çözünmesine neden olarak daha derin ve geniş tutuculuk alanları oluşturur; bu da bağ arayüzeyinin mikromekanik stabilitesini artırarak karma kırıkların baskın kalmasına olanak tanıyabilir. Buna karşın %5'lik HF ile oluşturulan daha yüzeyel pürüzlenmenin, silan tabakasının termal yaşlandırma ile hidrolize uğraması sonucu bağ arayüzeyini zayıflattığı ve bu nedenle kırıkların daha çok adeziv karakter kazandığı düşünülebilir. Öte yandan, EMAX seramiğinde yaşlandırma sonrası karma kırık oranının artmış olması (%50'den %60'a), bu seramiğin yaşlandırmaya karşı bağ stabilitesini daha iyi koruyabildiğini gösterdi. Bu durum, EMAX'in yüksek kristal içerikli ve daha az cam fazı barındıran yapısıyla açıklanabilir. Kristalin fazların HF asitle sınırlı etkileşimi nedeniyle, bağ tamamen cam faz üzerinden oluşmakta; ancak bu yapı, yaşlandırma sonrası yüzey bozulmalarına karşı daha kontrollü bir çözülme davranışı sergileyerek, bağın bir kısmını koruyabilmektedir. Ayrıca, EMAX'in daha düşük poroziteye sahip yoğun mikrostrüktürü, yaşlandırma sonrası bile seramik-kompozit arayüzeyinde tutunmanın devam etmesini sağlayabilir. Bu da, kopmaların net bir sınırdan ziyade hem seramik hem kompozit tarafına yayılan karma karakterli kırıklar olarak gözlenmesine neden olmuş olabilir. Dolayısıyla, EMAX seramiğinde yaşlandırma sonrası karma kırık oranının artması, hem seramiğin yapısal dayanımı hem de bağ arayüzeyinin mikromekanik özelliklerinin yaşlanmaya karşı daha dirençli olduğunu gösterdi.

Lu ve diğeri (2024)'nin çalışmalarında, geleneksel (IPS e.max CAD) ve ileri teknoloji lityum disilikat seramiklerin (CEREC Tessera), farklı yüzey işlemleri ve rezin simanlarla olan bağlanma dayanımları karşılaştırmışlardır. Çalışmadaki kırık analizlerinde, çoğunlukla adeziv ve karışık tip kırıklar gözlenmiş; CEREC Tessera grubunda nadir de olsa koheziv seramik kırıklarına rastlanmıştır. Benzer şekilde, bizim çalışmamızda da yaşlandırılmamış CEREC seramiğinde koheziv kırık gözlendi. Bu durum, literatürde nadir bildirilen ancak bağlanma kuvvetinin seramik iç yapısını zorlayacak düzeye ulaştığı durumlarda ortaya çıkabilen bir kırık modudur. CEREC seramiğin içerdiği virgilit kristalleri ve cam matris fazı, asit saldırısına karşı farklı bir yüzey morfolojisi oluşturmakta ve bazı durumlarda bağ kuvveti, seramik matrisin çekme dayanımını aşabilmektedir. Lu'nun çalışmasında olduğu gibi, bizim çalışmamızda da bu kırık tipinin gözlenmesi, yüzey işlemine verilen cevabın materyale özgü olduğunu ve bağ kalitesinin yalnızca arayüzey değil, aynı zamanda seramiğin iç yapısal dayanımıyla da ilişkili olduğunu gösterdi. Ayrıca Lu'nun çalışmasında uygulanan farklı yüzey işlemlerine bağlı olarak seramik örneklerin Ra değerlerinde belirgin farklılıklar gözlenmiştir. En yüksek Ra değeri, CEREC Tessera (ALD) grubunda kumlama (Sb) işlemi sonrasında ölçülmüş, bunu IPS e.max CAD (LD) kumlama grubu takip etmiştir. Buna karşın, hidroflorik asitle 20 saniye ve 30 saniye (Hf20, Hf30) aşındırılan gruplarda Ra değerleri oldukça düşüktür ve 0,04–0,06 µm aralığında ölçülmüştür. Bu sonuçlar, kumlama işleminin yüzey pürüzlülüğünü en fazla artıran yöntem olduğunu göstermiştir. Çalışmamızda GC seramiğinde kumlama sonrası Ra değeri 1,354 ±0,236 µm, CEREC seramiğinde 1,316 ±0,144 µm ve EMAX seramiğinde 1,201 ±0,117 µm olarak ölçüldü. Bu bulgular, Lu'nun çalışmasındaki LD ve ALD seramiklerde kumlama sonrası bildirilen 1,43 ±0,10 µm (LD Sb) ve 2,50 ±0,25 µm (ALD Sb) Ra değerleriyle benzerlik gösterdi. Elde edilen sonuçlar, kumlama işleminin seramik yüzeyinde oluşturduğu mekanik düzensizliklerin pürüzlülüğü anlamlı derecede artırdığını ortaya koydu. Çalışmamızda asit uygulamasıyla elde edilen Ra değerleri (GC: 0,394 µm; CEREC: 0,673 µm; EMAX: 0,279 µm), Lu'nun çalışmasında bildirilen oldukça düşük Ra değerlerine göre (örneğin LD Hf20: 0,06 µm, ALD Hf20: 0,04 µm) daha yüksek bulundu. Bu farklılık, kullanılan hidroflorik asidin konsantrasyonu, uygulama süresi, ölçüm cihazının çözünürlüğü veya yüzeyin asit ile etkileşim kapasitesi gibi parametrelerden kaynaklanmış olabilir.

Hoeller ve diğeri (2022), farklı ön yüzey işlem yöntemlerinin, simüle edilmiş oral koşullar (arttırılmış sıcaklık ve nem) altında cam-seramik restorasyonların kompozit rezin ile tamirinde bağlanma dayanımı üzerine etkilerini araştırmıştır. Bu amaçla, lityum disilikat

cam-seramik (IPS e.max CAD) dikdörtgenler prizması numuneleri, laboratuvar koşulları, simüle edilmiş rubber-dam koşulları ve ağız içi koşulları altında hazırlanarak üç farklı yüzey işlem grubuna ayrılmıştır: Kumlama, Monobond Etch & Prime ve kontrol grubu. Numunelerin bir kısmı termal siklusa (5000 döngü, 5°C–55°C) tabi tutulmuş ve çekme bağlanma dayanımı (TBS) testine alınmıştır. Elde edilen bulgulara göre, Monobond Etch & Prime ön işlemi, her üç çevresel koşul ve her iki depolama protokolü altında kumlama uygulamasına kıyasla anlamlı derecede daha yüksek TBS değerleri sağlamıştır ($P < 0,025$). Sonuç olarak, Monobond Etch & Prime uygulaması, hem bağlanma etkinliği hem de termal yaşlandırmaya karşı dayanım açısından kumlama uygulamasına kıyasla üstün performans göstermiştir. Bizim çalışmamızda da bu sonuçları destekler nitelikte bulgular elde edildi. Özellikle kumlama işlemi uygulanan gruplarda, hem yaşlandırma öncesi hem de sonrası bağlanma dayanımı değerleri tüm seramik türlerinde asit uygulanan gruplara göre daha düşük bulundu. Ayrıca kumlama grubunda yaşlandırma sonrası tüm seramiklerde çok yüksek oranda adeziv kırık gözlenmesi bağ arayüzeyinin termal stres altında mekanik olarak zayıf kaldığını düşündürdü. Bu da, Hoeller'in çalışmasındaki termal yaşlandırma sonrası bile Monobond Etch & Prime'in güçlü bağlanma sağladığı bulgusuyla örtüştü. Ayrıca kullanılan Monobond Etch & Prime, hidroflorik asit ve silanı aynı şişede birleştiren bir sistem olup, yüzey pürüzlendirmeyi hem kimyasal hem de fonksiyonel olarak sağlayabilmektedir. Çalışmamızda her ne kadar ayrı HF ve silan uygulaması yapılmış olsa da, bu protokol yine kimyasal bağlanma esastır ve sonuçlar, kumlamaya göre üstün bağlanma dayanımı sağladı. Bu paralellik, kimyasal yüzey işlemlerinin cam-seramik yüzeylerde mekanik işlemlerden daha etkili ve termal yaşlanmaya karşı daha dayanıklı bir bağ arayüzeyi oluşturduğunu gösterdi. Sonuç olarak, hem Hoeller'in çalışması hem de bizim çalışmamız, kumlama işleminin lityum disilikat seramiklerde optimal bağlanma için yetersiz kaldığını ve kimyasal yüzey işlemlerinin daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgular, intraoral tamir başarısını artırmak için mekanik yerine kimyasal pürüzlendirmeye dayalı protokollerin tercih edilmesi gerektiğini desteklemektedir.

Prado ve diğerleri (2018) farklı yüzey işlemlerinin bağlanma dayanımına olan etkisini kıyaslamayı amaçlamışlardır. Bu çalışmada, IPS e.max CAD (lityum disilikat) ve VITABLOCS Mark II (feldspatik) seramik örneklerine %5 hidroflorik asitle asitleme sonrası silan ve Monobond Etch & Prime olacak şekilde iki farklı yüzey işlemi uygulanmıştır. Örneklerin yarısı 37°C'de distile suda saklanmış, diğer yarısı ise termal döngüye tabi tutulmuştur ve ardından 37°C'de distile suda 70 gün süreyle saklanmıştır. Her iki seramikte

ve yaşlandırma durumunda baskın kopma tipi, siman ile seramik arasındaki adeziv kopma olup, bunu karışık (adeziv/koheziv) kopmalar takip etmiştir. Buna karşın, çalışmamızda asit uygulanmış EMAX seramiğinde yaşlandırılmayan grupta karma ve adeziv kırık tipinin eşit oranda görülmesi ayrıca yaşlandırma sonrası karma kırık oranının artması, literatürde bildirilen eğilimle tam olarak örtüşmedi. Bu durum, bağ arayüzeyinin yaşlandırmaya rağmen tam olarak zayıflamadığını, hatta bazı örneklerde kompozit ya da seramik materyal içinde kopmalarla sonuçlanacak kadar sağlam kalabildiğini gösterdi. Bu farklılık, aynı yüzey işlem protokolünün her çalışmada benzer kırık modlarıyla sonuçlanmayabileceğini ve seramik yapısı, adeziv sistemin kimyasal içeriği, yaşlandırma parametreleri (termal döngü sayısı, sıcaklık aralığı) gibi faktörlerin bağ kalitesini ve kırık tipini önemli ölçüde etkileyebileceğini gösterdi. Dolayısıyla, bu grupta yaşlandırma sonrası bile karma kırıkların arttığının gözlenmesi, çalışmamızda oluşturulan bağ arayüzeyinin bazı örneklerde siman veya seramik iç dayanımını aşabilecek düzeye ulaştığını düşündürmekte ve bu yönüyle Prado'nun çalışmasından farklı bir sonuç ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda, farklı CAD/CAM seramik bloklara uygulanan çeşitli yüzey işlemlerinin ardından elde edilen makaslama bağlanma başarısızlık türleri değerlendirildi. Bulgular, yüzey işlemine ve yaşlandırma durumuna bağlı olarak kırık tiplerinin değiştiğini ortaya koydu. Elde edilen bulgular Prado ve diğerleri (2018) gibi literatürle kısmen paralellik gösterdi. GC seramikte, hidroflorik asit uygulanan ve yaşlandırılmayan grupta %80 oranında karma, %20 adeziv kırık gözlenirken, yaşlandırılan grupta bu oranlar sırasıyla %40 karma, %60 adeziv olarak değişti. Bu durum, yaşlandırmanın karma kırıkları azaltıp adeziv başarısızlıkları artırdığını ortaya koydu. Frez ile pürüzlendirme sonrası yaşlandırılmayan grupta karma, adeziv ve koheziv kırıklar dengeli şekilde gözlendi, yaşlandırma sonrası ise yalnızca adeziv kırıklar gözlendi. Al_2O_3 ile kumlanmış gruplarda yaşlandırma öncesinde karma ve adeziv kırıklar görülürken, yaşlandırma sonrası yalnızca adeziv kırıklar gözlendi. CEREC seramikte, yaşlandırma uygulanmayan HF grubu %80 karma, %20 adeziv iken; yaşlandırma sonrası %30 karma, %70 adeziv kırık oluştu. Frez ve Al_2O_3 ile kumlama ile pürüzlendirme sonrasında da benzer şekilde yaşlandırmanın ardından adeziv kırıkların baskın hale geldiği görüldü. Özellikle frez + yaşlandırma kombinasyonunda %100 oranında adeziv kırık elde edildi. EMAX seramikte, yaşlandırma yapılmayan HF grubunda kırıkların %50'si karma, %50'si adeziv tipte iken; yaşlandırma sonrası karma oranı artarak %60'a çıktı. Ancak frez ve Al_2O_3 kumlama ile pürüzlendirilen gruplarda yaşlandırma sonrası yalnızca adeziv başarısızlıklar gözlendi. Bu bulgu, bazı yüzey işlemleri sonrası

yaşlandırmanın karma kopmaları elimine ederek daha zayıf bağ yüzeyinde adeziv kopmalara neden olduğunu gösterdi.

Genel olarak, bu çalışmanın bulguları, literatürde bildirilen sonuçlarla uyumlu şekilde yaşlandırmanın bağ arayüzünde adeziv kırık oranını artırdığını, özellikle frez ve alüminyum oksit kumlama gibi mekanik yüzey işlemlerinde bu etkinin daha belirgin olduğunu ortaya koydu. Koheziv ve karma kırıkların özellikle yaşlandırma uygulanmayan örneklerde daha sık görülmesi, bu bölgelerdeki bağ bütünlüğünün daha yüksek olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca, seramik bloğun mikroyapısal özelliklerinin de kırık tipine etki eden önemli bir faktör olduğu sonucuna ulaşıldı. Çalışmamızın sonucunda, yaşlandırma uygulanan HF ile pürüzlendirilmiş EMAX seramik örneklerinde karma tip kırık oranının arttığı gözlemlendi. Bu durum, HF asidi ile oluşturulan gözenekli yüzey yapısının, yaşlandırma sonrasında silan bağları zayıflasa dahi mikromekanik tutuculuğunu tamamen kaybetmemesiyle açıklanabilir. Bu nedenle, çatlak oluşumu arayüzde başlasa bile bağın tamamen kopmaması, kırılmanın seramik veya kompozit materyal içinde ilerlemesine yol açarak kırık tipinin karma karakter kazanmasına neden olabilir.

Dental materyallerin bağlanma performansı, ağız ortamını taklit eden koşullarda değerlendirilmelidir. Bu nedenle çalışmamızda, tüm örneklere standartlara uygun şekilde 10,000 termal döngü uygulandı. Termal döngüleme, biyomalzemelerin klinik ortamda zamanla maruz kalacağı fizyolojik yaşlanmayı taklit etmek amacıyla sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu işlem, rezin ile diş dokusu arasındaki bağlantı bölgesinde sürekli olarak gerçekleşen ısıya bağlı genleşme ve büzülme kaynaklı gerilimlerin oluşmasına neden olur. Numunelerin sıcak suya daldırılması, yalnızca termal genleşmeye yol açmakla kalmaz; aynı zamanda tam olarak sertleşmemiş adeziv rezin monomerlerinin yüzeye çıkmasına da neden olabilir (Karadaş vd., 2018). Bu durum, termal stresin bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerinin materyal türü ve yüzey hazırlık protokolüne bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda, EMAX seramik bloklarında farklı yüzey işlemlerinin (hidroflorik asit (HF) uygulaması, frez ile pürüzlendirme ve Al_2O_3 ile kumlama) makaslama bağlanma dayanımı üzerindeki etkileri değerlendirildi. Elde edilen bulgularda, EMAX seramiğinde HF asidi ile pürüzlendirilmiş yüzeylerde, hem frezle pürüzlendirilmiş hem de Al_2O_3 ile kumlanmış yüzeylere kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek makaslama bağlanma dayanımı elde edildi ($P<0,001$). Ancak frez ve kumlama işlemleri arasında makaslama

bağlanma dayanımı açısından anlamlı bir fark gözlenmedi ($p=1,000$). EMAX seramikte yaşlandırmanın makaslama bağlanma dayanımı üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu gözlemlendi. Bu seramikte yaşlandırma uygulanmayan gruplar arasında en yüksek makaslama bağlanma dayanımı ortalaması, HF asidi uygulanan örneklerde gözlemlendi. Bu durum, HF asidinin seramik yüzeyde mikroretansiyon sağlayarak bağlanma yüzey alanını artırması ve ardından uygulanan silan ile kimyasal bağların oluşmasına olanak tanınmasıyla açıklanabilir. Frez ile pürüzlendirme yöntemi, HF aside kıyasla daha düşük bir ortalama makaslama bağlanma değeri gösterdi ($9,636 \pm 5,690$ MPa). Bu yöntem seramik yüzeyini mekanik olarak pürüzlendirse de, yeterli mikroretansiyon sağlamada yetersiz kalmış olabilir. Al_2O_3 ile kumlama yöntemi ise yaşlandırma uygulanmayan gruplar arasında en düşük ortalamaya sahipti, bu da lityum disilikat seramiklerin cam fazına mekanik zarar verebileceği ve bağlanma açısından dezavantaj oluşturabileceğini düşündürmektedir.

Örneklerde yaşlandırma uygulandığında, tüm yüzey işlemlerinin makaslama makaslama bağlanma değerlerinde düşüş gözlemlendi. Özellikle frez ile pürüzlendirilen yaşlandırılma uygulanan grupta makaslama bağlanma dayanımı değeri azaldı. Bu, termal yaşlandırmanın yüzey enerjisini düşürerek veya mikroskobik çatlaklar oluşturarak bağlanmayı olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir. HF uygulanan yaşlandırılmış grupta ise ortalama makaslama bağlanma değeri, yaşlandırılmamış HF grubuna göre düşmüş olsa da, diğer yaşlandırılmış yüzey işlemleriyle karşılaştırıldığında en yüksek değeri gösterdi. Bu bulgular ışığında, yaşlandırma etkisi göz önünde bulundurulduğunda dahi, HF asit uygulamasının EMAX örneklerde en etkili yüzey işlemi olduğu ve makaslama bağlanma dayanımını en yüksek seviyede tuttuğu görüldü. Termal yaşlandırma, makaslama bağlanma dayanımını genel olarak azaltmakla birlikte, HF uygulaması bu etkiyi kısmen tolere edebildi. Dolayısıyla, özellikle uzun dönem klinik başarı hedeflenen durumlarda, HF asit ile yüzey pürüzlendirmesi ve sonrasında silan uygulaması, EMAX restorasyonların ağız içi tamiri öncesinde tercih edilmesi gereken yüzey işlemi olarak önerilmektedir. Çalışmamız GC seramik bloklarında uygulanan farklı yüzey işlemlerinin ve yaşlandırma etkisinin bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini ortaya koydu. GC bloklarında en yüksek bağlanma dayanımı, yaşlandırma uygulanmayan ve HF asidi ile yüzey işlemi yapılan örneklerde gözlemlendi. Bu sonuç, cam seramik yapısına sahip bu materyalin HF ile yüzey aktivasyonu ve silan uygulamasına iyi yanıt verdiğini gösterdi. Frezle yapılan yüzey işlemi de benzer yüksek değerler üretti; ancak kumlama işlemi hem kontrol hem de yaşlandırma gruplarında en düşük dayanımla sonuçlandı. Yaşlandırma tüm yüzey işlem gruplarında bağlanma dayanımını

düşürdü. Bu bulgular, klinik uygulamalarda GC için HF asidi ve silan kombinasyonunun tercih edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. HF uygulaması en etkili yüzey işlemi olarak öne çıkarken, özellikle yaşlandırma sonrası performansın sürdürülebilirliği açısından işlem süresi, materyal tipi ve adeziv sistemin uyumu birlikte değerlendirilmelidir. Çalışmamız CEREC seramiklerinde uygulanan farklı yüzey işlemlerinin ve yaşlandırma etkisinin bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini ortaya koydu. CEREC seramikte, en yüksek bağlanma dayanımı yaşlandırma uygulanmamış ve HF asidi ile yüzey işlemi yapılmış örneklerde elde edildi. Bu sonuç, virgilit kristalleri ve zirkonya katkısı içeren cam-matriks yapısına sahip bu gelişmiş lityum disilikat seramiğin, HF ile oluşturulan mikromekanik pürüzlenme ve silan uygulamasına olumlu yanıt verdiğini göstermektedir. Frez ile yapılan yüzey işlemi, kontrol grubunda kabul edilebilir bağlanma dayanımı sağlamış olmasına rağmen, yaşlandırma sonrası bu değer belirgin biçimde azaldı ve frez grubunun bağlanma dayanımı kumlama grubunun da altına düştü. Bu bulgu, Tessera'nın yüzey morfolojisinin aşındırıcı işlemlere karşı daha duyarlı olabileceğini düşündürmektedir. Yaşlandırma tüm yüzey işlem gruplarında bağlanma dayanımını azalttı, özellikle frez grubunda bu azalma daha belirgin oldu. Ayrıca frez ve kumlama gruplarında nadir de olsa koheziv kırıkların gözlenmiş olması, bazı örneklerde bağ arayüzeyinin seramik iç dayanım düzeyine ulaşabildiğini göstermektedir. Bu bulgular, klinik uygulamalarda CEREC için HF asidi ve silan kombinasyonunun en uygun yüzey işlem protokolü olduğunu desteklemektedir. Tessera'nın özel kristal yapısı nedeniyle HF uygulamasına verdiği yanıt sınırlı olsa da, kontrollü uygulama ile etkili bir bağ arayüzeyi oluşturulabildiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, hem Duzyol ve diğerleri (2016) gibi literatür bulguları, hem de tez bulguları, CAD-CAM cam-seramik restorasyonlarda yüzey işlem protokolünün bağlanma başarısı üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir. HF uygulaması, Tessera için de en etkili yüzey işlemi olarak öne çıkarken, yaşlandırma sonrası performansın korunabilmesi açısından yüzey işlem süresi, materyal tipi ve bağ sisteminin uyumu birlikte değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular literatürle genel olarak uyumlu olsa da bazı sınırlamalar göz önünde bulundurulmalıdır. Çalışmada yalnızca termal döngü ile yaşlandırma uygulandı oklüzal kuvvetleri ve çiğneme basıncını taklit eden mekanik yaşlandırma yöntemlerine yer verilmedi. Bu durum, restorasyonların ağız içi dinamik yüklemelere karşı uzun dönem performansını değerlendirmede sınırlılık oluşturmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü oluşturmak amacıyla yalnızca hidroflorik asit, frez ile aşındırma ve alüminyum oksit partikülleriyle kumlama yöntemleri kullanıldı. Bu nedenle kullanılan sınırlı sayıdaki yüzey işlem

protokolü, farklı tekniklerin makaslama bağlanma başarısına etkisini kıyaslama olanağını kısıtlamaktadır. Çalışmaya yalnızca üç farklı CAD-CAM seramik materyali (GC Initial LiSi Block, CEREC Tessera ve IPS e.max CAD) dahil edildi, piyasada sıklıkla kullanılan diğer materyaller dışarıda bırakıldı. Bu durum da elde edilen sonuçların genellenebilirliğini sınırlamaktadır. Çalışmada kullanılan CEREC Tessera seramiklere firma tarafından milleden sonrasında glaze fırınlanması önerilmektedir. Fırınlamanın mekanik dayanımı arttırdığı ancak tanecik boyutunda herhangi bir değişikliğe neden olmadığı bildirilmektedir (Phark vd., 2022). Bu çalışmada bütün örnekler milleden ile değil hassas kesim cihazı ile üretildi ve deney gruplarında standardizasyonu sağlamak için tüm örnek yüzeylerine mekanik polisaj işlemi yapıldı. Bu nedenlerle CEREC Tessera örneklere herhangi bir ısıtma işlemi uygulanmadı. CEREC Tessera seramiğine ilişkin sonuçlar değerlendirilirken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır. Bununla birlikte, frez veya Al_2O_3 ile yüzey işlemi uygulanmış örneklerde bağ yüzeyinde mikroskopik çatlaklar oluşabileceği bilinmektedir; ancak bu yapısal bozulmalar bu çalışmada değerlendirilmedi. Bu da kırık tiplerine ilişkin yorumların daha sınırlı yapılmasına neden olabilir. Ayrıca bazı örneklerde makaslama testi uygulanmadan önce seramikten ayrılma meydana geldi ve bu örnekler analiz dışı bırakıldı. Kırık tiplerinin sınıflandırılması yalnızca stereomikroskop altında gerçekleştirildi. Bu yöntem sınırlı büyütme ve yüzey derinliği sunmakta olup, kırıkların başlangıç noktası ve ilerleyişi hakkında detaylı bilgi sağlamamaktadır. Daha yüksek çözünürlük sunan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) gibi görüntüleme yöntemleri kullanılsaydı, kırık yüzey morfolojisine ve arayüz ilişkisinin daha ayrıntılı analizine olanak tanınabilirdi. Bununla birlikte, çalışmanın in vitro olması nedeniyle elde edilen bulgular doğrudan klinik koşullara genellenemez; ancak seramik tamirinde yüzey işlem seçiminin makaslama bağlanma dayanımını belirleyen kritik bir faktör olduğu görülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Güncel dental tedavilerde yaygın olarak kullanılan lityum silikat içerikli farklı CAD-CAM seramiklere uygulanan yüzey işlemlerinin makaslama bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini incelemiş olduğumuz çalışmamızın sınırları dahilinde aşağıdaki sonuçlara ulaşıldı:

1. GC seramik grubunda, yaşlandırma uygulanmayan örneklerde en yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanımı, HF asidi ile yüzey işleminde gözlemlendi ($19,232 \pm 3,360$ MPa). GC grubunda frezle pürüzlendirme işlemi de benzer şekilde yüksek makaslama bağlanma dayanımı sağladı ($18,850 \pm 5,117$ MPa); ancak kumlama işleminde elde edilen makaslama bağlanma değeri belirgin şekilde düşüktür ($10,607 \pm 5,659$ MPa).
2. CEREC grubunda, yaşlandırma uygulanmayan örneklerde en yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanımı yine HF grubunda elde edildi ($14,661 \pm 3,443$ MPa), bunu frez ($13,888 \pm 6,395$ MPa) ve kumlama ($10,083 \pm 3,036$ MPa) pürüzlendirme grupları izledi.
3. EMAX grubunda da benzer şekilde HF asidiyle yüzey işleminden sonra en yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanımı elde edildi ($17,420 \pm 6,601$ MPa). Frez ($9,636 \pm 5,690$ MPa) ve kumlama ($6,409 \pm 1,424$ MPa) daha düşük dayanım gösterdi.
4. Tüm seramik türlerinde yaşlandırma uygulanması sonrası, makaslama bağlanma dayanımında anlamlı düşüş gözlemlendi.
5. Yaşlandırılma uygulanan gruplar arasında en yüksek makaslama bağlanma dayanımı EMAX–HF grubunda elde edilmiştir ($11,899 \pm 6,269$ MPa), bunu GC–HF ($8,745 \pm 4,204$ MPa) ve CEREC–HF ($6,930 \pm 3,796$ MPa) grupları takip etti.
6. Yaşlandırılma uygulanan GC, CEREC ve EMAX gruplarında frez ile pürüzlendirilen yüzeyler, makaslama bağlanma dayanımı açısından yetersiz kaldı (sırasıyla $4,861 / 2,694 / 0,908$ MPa).
7. Kumlama işlemi, her üç seramik materyalde de yaşlandırma uygulanmayan gruplar arasında en düşük makaslama bağlanma dayanımını gösterdi. Yaşlandırılan CEREC ve EMAX seramiklerinde ise en düşük makaslama bağlanma değerleri frez ile yüzey işleminde gözlemlendi ($2,694 \pm 0,975$ MPa ve $0,908 \pm 0,402$ MPa). Bu bulgu, frezle pürüzlendirme işleminin yaşlandırma sonrası bağlanma performansını ciddi şekilde düşürdüğünü ortaya koymaktadır.

8. Elde edilen veriler, HF asit ile yapılan yüzey pürüzlendirme işleminin, yaşlandırmaya karşı en dayanıklı ve en stabil bağlanma sağlayan yüzey işlemi olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın bulguları doğrultusunda, lityum disilikat esaslı CAD-CAM seramiklerin ağız içi tamirinde hidroflorik asit ile yüzey pürüzlendirmesi ve ardından silan uygulaması yapılması, makaslama bağlanma dayanımını artırmak açısından en etkili protokol olarak önerilmektedir. Yaşlandırma işlemi, her üç seramik blokta da makaslama bağlanma dayanımını azaltmış olmakla birlikte, HF uygulanan gruplarda bu azalma nispeten daha sınırlı kaldı. Bu nedenle, uzun süre ağız ortamında kalmış restorasyonların tamirinde, yaşlandırma etkisinin dikkate alınarak yüzey hazırlığının titizlikle yapılması gerektiği düşünülmektedir. Özellikle EMAX ve CEREC seramiklerde yaşlandırma sonrası frez ile yapılan yüzey işlemi yetersiz makaslama bağlanma dayanımı ile sonuçlandı; bu durum frez işleminin tek başına yeterli olmadığını ve kimyasal pürüzlendirme ile desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, kumlama işleminin hem kontrol hem de yaşlandırılmış örneklerde makaslama bağlanma dayanımını düşürdüğü görüldü, bu nedenle lityum disilikat seramiklerde kumlama yüzey işlemi olarak önerilmemektedir. Çalışmada elde edilen bulgulara göre, yaşlandırma sonrası dahi kabul edilebilir düzeyde makaslama bağlanma sağlayan GC seramiği, klinik uygulamalarda onarım başarısı açısından avantajlı bir seçenek olabilir. Bu sebeple ilerleyen çalışmalarda, termomekanik yaşlandırma, çigneme simülasyonu gibi klinik koşulları daha iyi temsil eden testlerin uygulanması ve farklı siman sistemleri ile silan ajanlarının değerlendirilmesi önerilmektedir. Böylece, seramik tamirine yönelik daha kalıcı ve dayanıklı bağlanma sistemleri geliştirilmesi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdalla, A. I., El Zohairy, A. A., Aboushelib, M. M., and Feilzer, A. J. (2007). Influence of thermal and mechanical load cycling on the microtensile bond strength of self-etching adhesives. *American Journal of Dentistry*, 20(4), 250.
- Agingu, C., Zhang, C. Y., Jiang, N. W., Cheng, H., Özcan, M., and Yu, H. (2018). Intraoral repair of chipped or fractured veneered zirconia crowns and fixed dental prosthesis: Clinical guidelines based on literature review. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 32(15), 1711-1723.
- Ahmed, M. M. (2019). *Effect of firing cycle and etching condition on resin cement tensile bond strength of Li2O-SiO2 system glass ceramics*, Doctoral dissertation, Boston University.
- Alanazi, A. M., Khan, N. A., Khan, A., Ansari, Z., Shabbir, T., and Leemani, M. J. (2025). Lithium disilicate ceramics surface pre-treatment using low-level laser therapy-activated riboflavin, and Ti: Al2O3 laser on the colour change, surface roughness, and shear bond strength to adhesive cement: An in vitro SEM valuation. *Ceramics–Silikaty*, 69(1), 93-100.
- Alayad, A. S., Aldabeeb, D. S., Algoblan, G. M., Aldawsari, M. H., Alghamdi, R. A., and Alqahtani, S. M. (2024). Flexural strength of recently advanced lithium disilicate glass-ceramic CEREC Tessera: An in-vitro study. *Journal of Clinical & Diagnostic Research*, 18(3). 21-24.
- Al-Johani, H., Haider, J., Satterthwaite, J., and Silikas, N. (2024). Lithium silicate-based glass ceramics in dentistry: A narrative review. *Prosthesis*, 6(3), 478-505.
- Alnafaiy, S., Labban, N., Maawadh, A., Alshehri, H., and Albaijan, R. (2021). Repair bond strength of composite resin to aged resin and glass-matrix cad/cam ceramic materials using two different repair systems. *Coatings*, 11(11), 1331.
- Al-Shahalii, A. A., Hussein, S., and AboElhassan, R. G. (2025). Evaluation of biaxial flexural strength and shear bond strength of a novel chair-side cad/cam pre-crystallized zirconia reinforced lithium silicate: An in vitro study. *Alexandria Dental Journal*, 50(1), 175-181.
- Alsulimani, O. A., Alhaddad, A. J., AlSaggaf, A. U., Altassan, M., Alghamdi, M., Abuzinadah, S. H., and Abuzinadah, S. (2024). Comparative in vitro testing of the tensile bond strength under artificial aging between different lithium disilicate ceramics to composite substrate: A novel methodology. *Cureus*, 16(8).
- Al-Thagafi, R., Al-Zordk, W., and Saker, S. (2016). Influence of surface conditioning protocols on reparability of cad/cam zirconia-reinforced lithium silicate ceramic. *Journal of Adhesive Dentistry*, 18(2), 1-5.
- Altıntaş, E., Ayna, E., and Izgi, A. D. (2022). Evaluation of repair bond strength of different repair methods and systems to zirconia based ceramics. *Firat Tıp Dergisi*, 27(2).

- AL-Turki, L., Merdad, Y., Abuhaimeed, T. A., Sabbahi, D., Almarshadi, M., and Aldabbagh, R. (2020). Repair bond strength of dental computer-aided design/computer-aided manufactured ceramics after different surface treatments. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(7), 726-733.
- Amaral, F. L., Colucci, V., Palma-Dıbb, R. G., and Corona, S. A. (2007). Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: a critical review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 19(6), 340-353.
- Andrade, A. M. D., Moura, S. K., Reis, A., Loguercio, A. D., Garcia, E. J., and Grande, R. H. M. (2010). Evaluating resin-enamel bonds by microshear and microtensile bond strength tests: effects of composite resin. *Journal of Applied Oral Science*, 18, 591-598.
- Atala, M. H. (2024). *Protetik Diş Tedavisi Alanında araştırmalar ve değerlendirmeler*. (Birinci Baskı) Ankara: Gece Kitaplığı, 4-8.
- Ataol, A. S., and Ergun, G. (2018). Repair bond strength of resin composite to bilayer dental ceramics. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, 10(2), 101-112.
- Ayvaz, İ. (2024). *Farklı protetik materyallerin tamirinde kullanılan tek-renkli kompozit rezinlerin optik özelliklerinin değerlendirilmesi*, Uzmanlık Tezi, Pamukkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Pamukkale.
- Bajraktarova-Valjakova, E., Korunoska-Stevkovska, V., Kapusevska, B., Gigovski, N., Bajraktarova-Misevska, C., and Grozdanov, A. (2018). Contemporary dental ceramic materials, a review: chemical composition, physical and mechanical properties, indications for use. *Open access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 6(9), 1742.
- Baladhandayutham, B., Lawson, N. C., and Burgess, J. O. (2015). Fracture load of ceramic restorations after fatigue loading. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 114(2), 266-271.
- Bedran-De-Castro, A. K., Pereira, P. N., and Pimenta, L. A. (2004). Long-term bond strength of restorations subjected to thermo-mechanical stresses over time. *American Journal of Dentistry*, 17(5), 337-341.
- Bello, Y. D., Di Domenico, M. B., Magro, L. D., Lise, M. W., and Corazza, P. H. (2019). Bond strength between composite repair and polymer-infiltrated ceramic-network material: Effect of different surface treatments. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(3), 275-279.
- Braga, R. R., Meira, J. B., Boaro, L. C., and Xavier, T. A. (2010). Adhesion to tooth structure: a critical review of "macro" test methods. *Dental Materials*, 26(2), e38-e49.
- Campos, F., Almeida C. S., Rippe M. P., De Melo R. M., Valandro L. F., and Bottino M. A. (2016). 'Resin bonding to a hybrid ceramic: effects of surface treatments and aging', *Operative Dentistry*, 41: 171-78.

- Charoenporn, W., Sornsuan, T., Sae-Lee, D., Amornvit, P., Chaijareenont, P., and Rungsiyakull, P. (2024). Evaluating fatigue resistance in occlusal veneers: a comparative study of processing techniques and material thickness of lithium disilicate (IPS e.max Press vs. IPS e.max CAD). *BMC Oral Health*, 24(1), 1542.
- Čulina, M. Z., Rajić, V. B., Šalinović, I., Klarić, E., Marković, L., and Ivanišević, A. (2022). Influence of pH cycling on erosive wear and color stability of high-viscosity glass ionomer cements. *Materials*, 15(3), 923.
- Çetindağ, M. T., ve Meşe, A. (2016). Diş hekimliğinde kullanılan cad/cam (bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim) sistemleri ve materyaller. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26(3), 524-533.
- de Souza Carvalho, C., de Assis, F. S., Rosa, A., Silva, A. T. C., Guiraldo, R. D., and Tonetto, M. R. (2022). Repair techniques in cad/cam system ceramics: a literature review. *Journal of Health Sciences*, 24(1), 12-16.
- Deng, D., Yang, H., Guo, J., Chen, X., Zhang, W., and Huang, C. (2014). Effects of different artificial ageing methods on the degradation of adhesive–dentine interfaces. *Journal of Dentistry*, 42(12), 1577-1585.
- Deniz, D., ve Aktaş, G. (2023). Güncel Zirkonya Jenerasyonları: Klinik İpuçları. *Acta Odontologica Turcica*, 40(3).
- Domaniç, F. K. Y. (2021). İmplantüstü restorasyonlarda kullanılan üst yapı materyalleri, *Diş Hekimliğinde Tıbbi Tani Ve Tedavi Yöntemleri-II*, 45.
- Duymuş, Zeynep Yeşil, ve Alper Özdoğan. (2015). Lityum disilikat ile güçlendirilmiş cam seramikler, *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 26(1), 193-196.
- Duzyol, M., Sagsoz, O., Polat Sagsoz, N., Akgul, N., and Yildiz, M. (2016). The effect of surface treatments on the bond strength between CAD/CAM blocks and composite resin. *Journal of Prosthodontics*, 25(6), 466-471.
- Elmas, M. S., Başaran, E. G., ve İzgi, A. D. (2021). Diş hekimliğinde kullanılan bağlanma dayanımı test metotları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 31(2), 283-288.
- Elsaka, S. E. (2015). Repair bond strength of resin composite to a novel CAD/CAM hybrid ceramic using different repair systems. *Dental Materials Journal*, 34(2), 161-167.
- Elsayed, M., Sherif, R., and El-khodary, N. (2020). Fracture resistance of Vita suprinity versus IPS e.max CAD vonlays restoring premolars: An in vitro study. *International Journey of Applied Dental Sciences*, 6(3), 734-41.
- Ergün, G. (2016). New approaches in ceramic repair systems. *Cumhuriyet Dental Journal*, 19(1), 87-110.
- Esquivel-Upshaw, J., Rose, W., Oliveira, E., Yang, M., Clark, A. E., and Anusavice, K. (2013). Randomized, controlled clinical trial of bilayer ceramic and metal-ceramic crown performance. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*, 22(3), 166-173.

- Fathpour, K., Astaraki, E., Zandian, A., Fathi, A., and Mirmohammadi, H. (2023). Shear bond strength of composite resins to lithium disilicate ceramics using universal bonding and different methods of surface preparation. *Dental Research Journal*, 20(1), 82.
- Filiz, H., Avunduk, A. T. E., ve Yanardağ, E. C. (2023). Diş hekimliğinde yüzey pürüzlülüğü araştırma yöntemleri: Derleme makalesi. *Uşak Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2(2), 28-35.
- Flury, S., Diebold, E., Peutzfeldt, A., and Lussi, A. (2017). Effect of artificial toothbrushing and water storage on the surface roughness and micromechanical properties of tooth-colored cad-cam materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(6), 767-774.
- Gale, MS, and BW Darvell. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations, *Journal of Dentistry*, 27; 89-99.
- Gracis, Stefano, Van P Thompson, Jonathan L Ferencz, Nelson RFA Silva, and Estevam A Bonfante. (2015). 'A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials', *International Journal of prosthodontics*, 28.
- Güdül, A. B. Ç., Geduk, Ş. E., ve Sağlam, G. (2024). Minimal İnvaziv Protetik Tedavilerde CAD-CAM Kullanımı: İki Olgu Sunumu. *Journal of International Dental Sciences (Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi)*, 10(3), 167-173.
- Güngör, M. B., Nemli, S. K., Bal, B. T., Ünver, S., and Doğan, A. (2016). Effect of surface treatments on shear bond strength of resin composite bonded to CAD/CAM resin-ceramic hybrid materials. *The journal of Advanced Prosthodontics*, 8(4), 259-266.
- Habib, S. R., Bajunaid, S., Almansour, A., AbuHaimed, A., Almuqrin, M. N., Alhadlaq, A., and Zafar, M. S. (2021). Shear bond strength of veneered zirconia repaired using various methods and adhesive systems: A comparative study. *Polymers*, 13(6), 910.
- Hakimaneh, S. M. R., Shayegh, S. S., Ghavami-Lahiji, M., Chokr, A., and Moraditalab, A. (2020). Effect of silane heat treatment by laser on the bond strength of a repair composite to feldspathic porcelain. *Journal of Prosthodontics*, 29(1), 49-55.
- Hassan, A. S., Mohamed, A. H., and Mohsen, A. M. (2025). The Effect of two Crystallization Speeds on optical properties of two Lithium Disilicate Ceramics. *Cuestiones de Fisioterapia*, 54(4), 6255-6262.
- Hoeller, B., Belli, R., Petschelt, A., Lohbauer, U., and Zorzin, J. I. (2022). Influence of simulated oral conditions on different pretreatment methods for the repair of glass-ceramic restorations. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 24, b2701717.
- Hooshmand, Tabassom, Shaghayegh Parvizi, and Alireza Keshvad. (2008). Effect of surface acid etching on the biaxial flexural strength of two hot-pressed glass ceramics, *Journal of prosthodontics*, 17: 415-19.
- Issa, Moamin I, Marwah Ismael Abdulazeez, and Abdalbseet A Fatalla. (2023). Effect of adhesive primer application on shear bond strength of self-adhesive cement to tooth structure and two different CAD/CAM milled blocks, *Brazilian Dental Science*, 26.

- İnternet: GC Initial LiSi Block. Web: <https://www.gc.dental/america/products/digital/cadcam/gc-initial-lisi-block> adresinden 14 Aralık 2024'te alınmıştır.
- İnternet: GC Initial LiSi Block. Web: https://www.gc.dental/europe/sites/europe.gc.dental/files/products/downloads/initia llisiblock/manual/MAN_Initial_Lisi_Block_en.pdf adresinden 1 Temmuz 2025'te alınmıştır.
- İşisağ, Özer, Onur Şahin, ve Ayşegül Köroğlu. (2016). Diş hekimliğinde tam seramik sistemler, *Journal of International Dental Sciences (Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi)*: 19-25.
- Kanpalta, B. (2020). *Yapay yaşlandırmanın farklı sinterizasyon derecelerindeki monolitik zirkonya materyallerinin translusensisi üzerine etkisi*, Uzmanlık Tezi, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul, 48-49.
- Karadaş, M., Hatipoğlu, Ö., ve Ateş, S. M. (2018). Ünlversal adezivlerin mineye bağlanma dayanımının değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 28(2), 204-209.
- Kaya, E., ve Saraç, D. (2022). Ağız içi porselen tamir sistemlerinde güncel yaklaşımlar, *Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi*, 1(3), 125-34.
- Kimyai, S., Oskoe, S.S., Mohammadi N., Rikhtegaran S., Bahari M., Oskoe, P.A., and Vahedpour, H. (2015). Effect of different mechanical and chemical surface treatments on the repaired bond strength of an indirect composite resin, *Lasers in medical science*, 30, 653-59.
- Kökat, A. M., and Kökat, A. D. (2021). Monolithic cad/cam restorations—esthetic zone applications. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, 38(3s), 180-187.
- Kumchai, H., Juntavee, P., Sun, A. F., and Nathanson, D. (2020). Comparing the repair of veneered zirconia crowns with ceramic or composite resin: An in vitro study. *Dentistry journal*, 8(2), 37.
- Kutluk, A., ve Öngül, D. (2023). Monolitik cad-cam seramik materyallerinin yapay yaşlandırma sonrası aşınma ve kırılma dayanımlarının araştırılması. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Diş Hekimliği Dergisi*, 5(1), 1-9.
- Kürkçüoğlu, I., Tuna, S. H., Tozun, F., ve Kürkçüoğlu, M. E. (2016). Feldspatik dental seramiklerde doz hızı ölçümleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 7(3), 1-7.
- Lu, Y., Bierman, T. E., Dal Piva, A. M. D. O., Tribst, J. P. M., Feilzer, A. J., and Kleverlaan, C. J. (2024). Effect of surface treatment and resin cement on the bond strength of an advanced lithium disilicate. *European Journal of Dentistry*, 18(03), 869-876.
- Lubauer, J., Belli, R., Peterlik, H., Hurle, K., and Lohbauer, U. (2022). Grasping the lithium hype: insights into modern dental lithium silicate glass-ceramics. *Dental Materials*, 38(2), 318-332.

- Maawadh, A. M., Almohareb, T., Al-Hamdan, R. S., Al Deeb, M., Naseem, M., Alhenaki, A. M., and Abduljabbar, T. (2020). Repair strength and surface topography of lithium disilicate and hybrid resin ceramics with LLLT and photodynamic therapy in comparison to hydrofluoric acid. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 18, 2280800020966938.
- Mohammed, M. F., Elguindy, J. F., and Mohamed, A. A. (2025). Effect of storage media on the marginal adaptation and elemental analysis of peek and tessera vonlays. *Egyptian Dental Journal*, 71(2), 1577-1591.
- Monticelli, F., Osorio, R., Pisani-Proença, J., and Toledano, M. (2007). Resistance to degradation of resin–dentin bonds using a one-step HEMA-free adhesive. *Journal of Dentistry*, 35(2), 181-186.
- Mounajjed, R., Layton, D. M., and Azar, B. (2016). The marginal fit of e.max Press and e.max CAD lithium disilicate restorations: A critical review. *Dental Materials Journal*, 35(6), 835-844.
- Muhetaer, A., Tang, C., Anniwaer, A., Yang, H., and Huang, C. (2024). Advances in ceramics for tooth repair: From bench to chairside. *Journal of Dentistry*, 105053.
- Munoz, A., Zhao, Z., Paolone, G., Louca, C., and Vichi, A. (2023). Flexural strength of CAD/CAM Lithium-based Silicate Glass–Ceramics: A narrative review. *Materials*, 16(12), 4398.
- Nayee, M. C. (2022). *Effect of etch time on sbs of machinable lithium disilicate glass ceramics using variolink esthetic lc*, Master's thesis, The University of Alabama at Birmingham.
- Neis, C. A., Albuquerque, N. L. G., Albuquerque, I. D. S., Gomes, E. A., Souza-Filho, C. B. D., Feitosa, V. P., and Bacchi, A. (2015). Surface treatments for repair of feldspathic, leucite-and lithium disilicate-reinforced glass ceramics using composite resin. *Brazilian Dental Journal*, 26(2), 152-155.
- Nikaido, T., Kunzelmann, K. H., Ogata, M., Harada, N., Yamaguchi, S., Cox, C. F., and Tagami, J. (2002). The in vitro dentin bond strengths of two adhesive systems in class I cavities of human molars. *Journal of Adhesive Dentistry*, 4(1), 31-39.
- Oral, F., ve Biçer, A. Z. Y. (2022). Dental seramiklerde yüzey pürüzlülüğü. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 11(1), 103-107.
- Ordu, Ü., ve Cengiz, S. (2015). Klinikte kullanılan cad/cam sistemlerinin güncel materyalleri. *Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi*, (1), 9-12.
- Özel, G. S., ve Kara, Ö. (2023). Farklı asitleme işlemlerinin lityum disilikat seramik sistemlerin yüzey pürüzlülüğü ve bağlanma dayanımı üzerine etkileri. *Selcuk Dental Journal*, 7(2), 206-212.
- Özel, H. B. U., Aslan, Y. U., and Sancaklı, E. (2023). Optical properties of newly developed monolithic cad/cam materials after aging. *Clinical and Experimental Health Sciences*, 13(3), 645-651.

- Phark, J. H., and Duarte Jr, S. (2022). Microstructural considerations for novel lithium disilicate glass ceramics: A review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 34(1), 92-103.
- Pieger, S., Salman, A., and Bidra, A. S. (2014). Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(1), 22-30.
- Prado, M., Prochnow, C., Marchionatti, A. M. E., Baldissara, P., Valandro, L. F., and Wandscher, V. F. (2018). Ceramic surface treatment with a single-component primer: Resin adhesion to glass ceramics. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 20(2), 99-105.
- Preis, V., Behr, M., Hahnel, S., and Rosentritt, M. (2015). Influence of cementation on in vitro performance, marginal adaptation and fracture resistance of cad/cam-fabricated ZLS molar crowns. *Dental materials*, 31(11), 1363-1369.
- Reich, S. (2015). Tooth-colored cad/cam monolithic restorations. *International Journal of Computerized Dentistry*, 18(2), 131-146.
- Reid, D. A., Matis, J. I., Lien, W., Raimondi, C. J., Arnason, S. C., DuVall, N. B., and Vandewalle, K. S. (2023). Optical and mechanical properties of new ceramic cad/cam materials. *Operative Dentistry*, 48(4), 425-434.
- Rohde, J. (2024). Dental Product Test Drive: GC America's Precrystallized CAD/CAM Blocks Save Time Without Compromise.
- Sano, H., Shono, T., Sonoda, H., Takatsu, T., Ciucchi, B., Carvalho, R., and Pashley, D. H. (1994). Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength—evaluation of a micro-tensile bond test. *Dental Materials*, 10(4), 236-240.
- Sartori, N., Tostado, G., Phark, J. H., Takanashi, K., Lin, R., and Duarte Jr, S. (2015). Cad/cam high-strength glass-ceramics. *Quintessence of Dental Technology (QDT)*, 38, 39-54
- Sen, N., ve Tuncelli, B. (2017). Cad/cam restorasyonlarının üretimi için kullanılan materyaller. *Türkiye Klinikleri. Dishekimligi Bilimleri Dergisi*, 23(2), 109.
- Solá-Ruiz, M. F., Lagos-Flores, E., Román-Rodríguez, J. L., Del Rio Highsmith, J., Fons-Font, A., and Granell-Ruiz, M. (2013). Survival rates of a lithium disilicate-based core ceramic for three-unit esthetic fixed partial dentures: A 10-year prospective study. *International Journal of Prosthodontics*, 26(2).
- Stawarczyk, B., Keul, C., Eichberger, M., Figge, D., Edelhoff, D., and Lümke, N. (2017). Three generations of zirconia: From veneered to monolithic. Part I. *Quintessence International*, 48(5), 369-380.
- Sulaiman, T. A. (2020). Materials in digital dentistry—A review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(2), 171-181.
- Şengün, E., Çömlekoğlu, M. E., ve Yılmaz, G. (2017). Lamina venerlerin final rengine etki eden faktörler. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 23(1), 48-55.

- Tanrikut, Ö. O., ve Kavut, İ. (2020). Lazer ile pürüzlendirme yönteminin güncel cad/cam hibrit seramikler ile tamir materyali arasındaki bağlantı dayanımına etkisi. *Van Diş Hekimliği Dergisi*, 1(1), 7-14.
- Tekçe, N., Demirci, M., ve Tuncer, S. (2013). Dentin bağlayıcı sistemlerin bağlanma dayanıklılığını değerlendirme yöntemleri. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 47(1), 73-91.
- Tekçe, N., ve Demirci, M. (2015). Mikrogerilim bağlanma dayanım testi ve sonuçlarını etkileyen etkenler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24: 134-52.
- Tokar, E., ve Polat, S. (2019). Ağız içi tamir yöntemlerinin renk açısından değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 29(1), 26-32.
- Tosun, B., ve Yanıkoğlu, N. (2024). Protetik diş tedavisi uygulamalarında adezyonun önemi. *Current Research in Dental Sciences*, 34(3), 216-223.
- Tuçcu, E., Kahramanoğlu, E., Aslan, Y.U., ve Özkan, Y. (2018). Porselen laminate veneerlerin kırılma direnci. *Klinik ve Deneysel Sağlık Bilimleri*, 8(1), 56-61.
- Tüysüz, Ç. Ç. (2023). *Farklı cad/cam materyallerinin yüzey parlaklığı ve pürüzlülüğü üzerine polisaj, glaze ve aşındırma işlemlerinin etkisi*, Uzmanlık Tezi, Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Konya.
- Ural, Ç., ve Kaleli, N. (2017). Diş hekimliğinde kullanılan güncel porselenler ve farklı sınıflamaları. *Türkiye Klinikleri Prosthodontics-Special Topics*, 3(3), 151-163.
- Üstün, Ö., Büyükhatipoğlu, I. K., and Seçilmiş, A. (2018). Shear bond strength of repair systems to new cad/cam restorative materials. *Journal of Prosthodontics*, 27(8), 748-754.
- Wahsh, M. M., and Ghallab, O. H. (2015). Influence of different surface treatments on microshear bond strength of repair resin composite to two cad/cam esthetic restorative materials. *Tanta Dental Journal*, 12(3), 178-184.
- Warreth, A., and Elkareimi, Y. (2020). All-ceramic restorations: A review of the literature. *The Saudi Dental Journal*, 32(8), 365-372.
- Willard, A., and Chu, T. M. G. (2018). The science and application of IPS e.max dental ceramic. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 34(4), 238-242.
- Yağcı, Ö. (2022). Diş hekimliğinde zirkonya. *Sağlık & Bilim: Medikal Araştırmalar*, 1, 1-19.
- Yamalı, A. Y., ve Bal, B. T. (2023). Lityum disilikat seramiklerin özellikleri ve klinik uygulamaları. *Current Research in Dental Sciences*, 33(2), 122-130.
- Yenice, N., ve Büyükdere, A. K. (2020). Cad/cam sistemlerinde kullanılan tam seramik bloklar ve endikasyonları. *Dental and Medical Journal-Review*, 2(1), 1-15.

Zogheib, L. V., Bona, A. D., Kimpara, E. T., and McCabe, J. F. (2011). Effect of hydrofluoric acid etching duration on the roughness and flexural strength of a lithium disilicate-based glass ceramic. *Brazilian Dental Journal*, 22, 45-50.





ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : DEMİRCİ, Burcu

Uyruğu : T.C

Eğitim

Derecesi	Okul/Program	Mezuniyet yılı
Uzmanlık	Gazi Üniversitesi / Protetik Diş Tedavisi	Devam Ediyor
Lisans	Ondokuz Mayıs Üniversitesi	2019
Lise	Karabük Anadolu Öğretmen Lisesi	2013

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

-

Hobiler

Yüzmek, resim yapmak



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..