

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**FARKLI İÇERİĞE SAHİP FİSSÜR ÖRTÜCÜLERİN
YAŞLANDIRMA PROSEDÜRÜ SONRASINDAKİ AŞINMA,
PÜRÜZLÜLÜK VE MİKROSERTLİK DEĞERLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

HÜLYA ÇERÇİ AKÇAY

**DANIŞMAN
PROF. DR. OYA AKTÖREN**

**PEDODONTİ ANABİLİM DALI
PEDODONTİ PROGRAMI**

İSTANBUL-2022

İTHAF

Bu doktora tez çalışmasını kızım *Ada Akçay'a* ithaf ediyorum.



TEŞEKKÜR

Doktora eğitimimin tez dönemi süresince bilgi ve tecrübeleri ile bana her konuda yol göstererek gelişmemi sağlayan, titiz çalışmasını ve sabrını esirgemeyerek beni destekleyen, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum **Sayın Prof. Dr. Oya Aktören'e**,

Doktora eğitimime başladığım ilk dönemde katkı ve yardımlarıyla her zaman yanımda olan, destekleriyle bu yolda emin adımlarla yürümemi sağlayan ilk danışmanım **Sayın Prof. Dr. Gamze Aren'e**,

Tez çalışmamın takibinde ilgi ve desteklerini esirgemeyen değerli Tez İzleme Komitesi hocalarım **Sayın Prof. Dr. Arzu Pinar Erdem ve Sayın Prof. Dr. Safa Tuncer'e**,

Pedodonti doktora eğitimim süresince çok değerli katkı ve desteklerini gördüğüm saygıdeğer hocalarım **Sayın Prof. Dr. Koray Gençay, Sayın Prof. Dr. Elif Bahar Tuna İnce, Sayın Doç. Dr. Yeliz Güven, Sayın Doç. Dr. Mine Koruyucu ve Sayın Doç. Dr. Yelda Kasımoğlu Eldem'e**,

Bu süreçte tüm zorlukları birlikte göğüslediğim ve birlikte güzel anılar biriktirdiğim dostlarım **Dt. Ayberk İmren, Dt. Müge Ali Metiner, Dt. Seçil Özkurt, Dt. Çağla Şimşek'e**, beraber çalıştığım tüm **Pedodonti Anabilim Dalı asistanı arkadaşlarıma ve Pedodonti Anabilim Dalı çalışanlarına**,

Tüm hayatım boyunca destekleri ile aldığım kararların arkasında durmamı sağlayan, her koşulda sevgilerini hissettiğim canım annem **Sema Çerçi**, babam **Ahmet Çerçi** ve abim **Hakan Çerçi'ye**,

Hayatıma girdiği günden bu yana her üzüntü ve sevinçte benimle olan, attığım her adımda desteğini hep hissettiğim, hem lisans eğitimim hem doktora eğitimim boyunca yanımda olan, hayatımdaki her şeyi kolaylaştıran ve güzelleştiren can eşim **Çağrı Akçay'a**,

sonsuz teşekkür ederim.

Hülya Çerçi Akçay

İstanbul, 2022

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: 37577



İÇİNDEKİLER

İTHAF.....	İİ
TEŞEKKÜR.....	İİİ
İÇİNDEKİLER	V
TABLolar LİSTESİ.....	Vİİİ
ŞEKİLLER LİSTESİ	İX
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	Xİ
ÖZET	Xİİİ
ABSTRACT.....	XİV
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Diş Çürüğü	3
2.1.1. Pit ve Fissürlerin Morfolojisi	4
2.1.2. Pit ve Fissür Çürüklerinin Gelişimi	5
2.1.3. Pit ve Fissür Çürüklerinin Tanısı	6
2.1.4. Pit ve Fissür Çürüklerinin Önlenmesi	8
2.1.4.1. Mekanik Plak Kontrolü	9
2.1.4.2. Kimyasal Plak Kontrolü	9
2.2. Pit ve Fissür Örtücüler	10
2.2.1. Fissür Örtücülerin Tarihçesi.....	10
2.2.2. Fissür Örtücülerin Endikasyonları	11
2.2.2.1. Hasta Seçimi.....	12
2.2.2.2. Diş Seçimi	12
2.2.3. İdeal Fissür Örtücünün Özellikleri.....	13
2.2.4. Fissür Örtücü Uygulama Teknikleri	14
2.2.4.1. İnvaziv Teknikle Fissür Örtücü Uygulaması	14
2.2.4.2. Non-İnvaziv Teknikle Fissür Örtücü Uygulaması	15
2.2.4.3. Koruyucu Resin Restorasyon Yöntemi.....	15
2.2.5. Fissür Örtücü Uygulaması	16
2.2.5.1. Yüzeyin Temizlenmesi ve İzolasyon	16
2.2.5.2. Mine Yüzeyinin Pürüzlendirilmesi	16

2.2.5.3. Fissür Örtücünün Uygulanması ve Oklüzyon Kontrolü.....	17
2.2.6. Fissür Örtücü Materyaller	18
2.2.6.1. Rezin İçerikli Fissür Örtücüler	18
2.2.6.2. Cam İyonomer İçerikli Fissür Örtücüler	20
2.2.6.3. Rezin Modifiye Cam İyonomer İçerikli Fissür Örtücüler	21
2.2.6.4. Poliasit Modifiye Rezin İçerikli Fissür Örtücüler	22
2.2.6.5. Ormoser İçerikli Fissür Örtücüler	22
2.2.6.6. Giomer İçerikli Fissür Örtücüler	23
2.2.6.7. Cam Karbomer İçerikli Fissür Örtücüler	24
2.2.6.8. Amorf Kalsiyum Fosfat (ACP) İçerikli Fissür Örtücüler	25
2.2.7. Fissür Örtücülerde Başarısızlık Nedenleri	26
2.3. Fissür Örtücülerin Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler	26
2.3.1. Yaşlandırma Prosedürleri.....	27
2.3.1.1. Termal Siklus Prosedürü	27
2.3.1.2. Çiğneme Simülatörü Prosedürü	27
2.3.2. Aşınma Testi	28
2.3.3. Mikrosertlik Testi.....	28
2.3.3.1. Vicker's Sertlik Testi	29
2.3.4. Yüzey Pürüzlülüğünü Değerlendirme Yöntemleri	29
2.3.4.1. Profilometreler	30
2.3.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi	31
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	33
3.1. Gereç	33
3.1.1. Örneklerin Hazırlığında Kullanılan Cihaz ve Araçlar	33
3.1.2. Örneklerin Analizinde Kullanılan Cihaz ve Araçlar.....	33
3.1.3. Çalışmada Kullanılan Materyaller	33
3.1.3.1. Fissür Örtücü Materyaller	33
3.2. Yöntem.....	35
3.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması	35
3.2.2. Deney Gruplarının Oluşturulması	36
3.2.3. In-Vitro Deneylerin Uygulanması	40
3.2.3.1. Örneklerin Termal Siklus Prosedürü İle Yaşlandırılması	40
3.2.3.2. Mikrosertlik Deneyi	41

3.2.3.3. Pürüzlülük Deneyi.....	43
3.2.3.4. Örneklerin Çiğneme Simülatörü İle Yaşlandırılması.....	44
3.2.3.5. Aşınma Deneyi.....	46
3.2.3.6.Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi	47
3.3. İstatistiksel Analiz.....	48
4. BULGULAR.....	49
4.1. Mikrosertlik Deneyine İlişkin Bulgular	49
4.1.1. Mikrosertlik Deneyine İlişkin Bulguların İstatistiksel Analizi	50
4.2. Pürüzlülük Deneyine İlişkin Bulgular	53
4.2.1. Pürüzlülük Deneyine İlişkin Bulguların İstatistiksel Analizi	54
4.3. Aşınma Deneyine İlişkin Bulgular.....	56
4.3.1. Aşınma Deneyine İlişkin Bulguların İstatistiksel Analizi.....	57
4.4. SEM Analizi.....	60
4.4.1. Grup Örneklerinin SEM Görüntüleri	60
4.4.2. Grup Örneklerine İlişkin SEM Görüntülerinin Analizi	64
5. TARTIŞMA	65
SONUÇLAR.....	82
KAYNAKLAR	85
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI.....	116

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3-1. Çalışmada kullanılan fissür örtücü materyaller ve içerikleri	34
Tablo 3-2. Çiğneme simülatörü parametreleri	44
Tablo 4-1. Gruplarda termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama ve ortalama VHN değerleri ve değişim oranları (%)	49
Tablo 4-2. Gruplarda termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama ve ortalama Vickers mikrosertlik (VHN) değerlerinin istatistiksel karşılaştırılması.....	51
Tablo 4-3. Materyallere göre VHN değişim değerleri ve istatistiksel karşılaştırılması .	52
Tablo 4-4. Gruplarda saptanan pürüzlülük değerleri (μm) ve değişim oranları.	53
Tablo 4-5. Gruplarda termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası saptanan pürüzlülük değerlerinin (μm) istatistiksel karşılaştırılması	55
Tablo 4-6. Materyallere göre pürüzlülük değişim değerleri ve istatistiksel karşılaştırılması.....	55
Tablo 4-7. Gruplarda çiğneme simülasyonu öncesi ve sonrası saptanan ortalama/ortalama ağırlık değerleri (gr) ve değişim oranları (%)	56
Tablo 4-8. Gruplarda çiğneme simülasyonu öncesi ve sonrası saptanan ortalama / ortalama ağırlık (gr) değerlerinin istatistiksel karşılaştırılması	58
Tablo 4-9. Materyallere göre aşınma değişim değerleri ve istatistiksel karşılaştırılması.....	59

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1. Morfolojik yapılarına göre fissür tipleri (Nagano 1960).....	5
Şekil 3-1. Çalışmada kullanılan fissür örtücü materyaller.....	35
Şekil 3-2. Fissür örtücü örneklerin hazırlanması	36
Şekil 3-3. Mikrosertlik deney grubu dizaynı	37
Şekil 3-4. Pürüzlülük deney grubu dizaynı.....	37
Şekil 3-5. Aşınma deney grubu dizaynı.....	38
Şekil 3-6. Mikrosertlik deneyi örnekleri.....	38
Şekil 3-7. Pürüzlülük deneyi örnekleri	39
Şekil 3-8. Aşınma deneyi örnekleri	39
Şekil 3-9. SEM analizi örnekleri.....	40
Şekil 3-10. Termal siklus cihazı (Dentester Salubris Technica, Massachusetts, ABD) ..	41
Şekil 3-11. Mikrosertlik test cihazı (INNOVATEST tm 400 Series, Hollanda).....	42
Şekil 3-12. Vickers mikrosertlik ölçüm yöntemi.....	42
Şekil 3-13. Uygulanan kuvvetin örnekte oluşturduğu izin mikroskop görüntüsü	43
Şekil 3-14. Profilometre (Taylor Hobson S25 Surtronic Profilometer, İngiltere)	43
Şekil 3-15. Çiğneme simülatörü cihazı (Mechatronik Chewing Simulator CS-4, Almanya)	44
Şekil 3-16. Çiğneme simülatörü prosedürü için akrilik kalıpta hazırlanan örnekler	45
Şekil 3-17. Çiğneme simülatörünün çalışma anı	45
Şekil 3-18. Çiğneme simülatöründe yaşlandırılan örnekler.....	46
Şekil 3-19. Elektronik Analitik Tartı (Densi HZY 2200, Türkiye)	46
Şekil 3-20. SEM (Versa 3D, FEI, Oregon, ABD)	47
Şekil 3-21. SEM Analizi örnekleri	47
Şekil 4-1. Gruplarda termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama Vickers mikrosertlik (VHN) değerleri grafiği	50
Şekil 4-2. Gruplarda termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama Vickers mikrosertlik (VHN) değerlerinin değişimi	52
Şekil 4-3. Gruplarda termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama pürüzlülük (μm) değerleri grafiği	54

Şekil 4-4. Gruplarda termal siklus öncesi ve sonrası saptanan ortalama pürüzlülük değerlerinin değişimi	56
Şekil 4-5. Gruplarda çiğneme simülasyonu öncesi ve sonrası saptanan ortalama ağırlık değerleri (gr) grafiği.	57
Şekil 4-6. Gruplarda çiğneme simülatörü prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama ağırlık değerlerinin değişimi.	59
Şekil 4-7. A grubuna (Aegis) ilişkin bir örneğin başlangıç ve çiğneme simülasyonu sonrası SEM görüntüleri (x250, x500, x1000).	60
Şekil 4-8. B Grubuna (Beautisealant) ilişkin bir örneğin başlangıç ve çiğneme simülasyonu sonrası SEM görüntüleri (x250, x500, x1000).	61
Şekil 4-9. C grubuna (Clinpro) ilişkin bir örneğin başlangıç ve çiğneme simülasyonu sonrası SEM görüntüleri (x250, x500, x1000).	62
Şekil 4-10. U Grubuna (Ultraseal XT Hydro) ilişkin bir örneğin başlangıç ve çiğneme simülasyonu sonrası SEM görüntüleri (x250, x500, x1000).....	63

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
<	Küçük
>	Büyük
≤	Küçük veya eşittir
μm	Mikrometre
¼	Dörtte biri oranında
AAPD	Amerikan Çocuk Dişhekimliği Derneği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ACP	Amorf Kalsiyum Fosfat
ADA	Amerikan Diş Hekimliği Birliği
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu
Al	Alüminyum
Al₂O₃	Alüminyum Oksit
Ark.	Arkadaşları
BAP	Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü
Bis-GMA	Bis-Fenol A Glisidil Metakrilat
BPA	Bis-Fenol A
Ca	Kalsiyum
Cis	Cam iyonomer siman
CO₂	Karbondioksit
DUDMA	Diüretan Dimetakrilat
EDMAB	Etilen Dimetil Amino Benzoat
Er-YAG	Erbium: Yttrium Aluminium Garnet
Gr	Gram
H	Hidrojen İyonları
HEMA	Hidroksi Etil Metakrilat
Hz	Hertz
ICDAS	Çürük Belirleme ve Değerlendirme Sistemi
K	Potasyum

Kg	Kilogram
KRR	Koruyucu Rezin Restorasyon
Kv	Kilovolt
La	Lantan
LED	Light Emitting Diode
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mm/s	Saniye Başına Milimetre
mpa	Megapascal
N	Newton
n	Örnek Sayısı
Na	Sodyum
Nd:YAG	Neodymium:Yttriyum-Alüminyum Garnet
nm	Nanometre
p	İstatiksel Anlamlılık
pH	Hidrojen İyonları Konsantrasyonu
PMKR	Poliasitle Modifiye Kompozit Rezin
QLF	Kantitatif Işık Ölçümlü Floresans
QTH	Kuartz Tungsten Halojen
Ra	Ortalama Pürüzlülük Değeri
RMCİS	Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
SiO₂	Silisyum Dioksit
Sn	Kalay
S-PRG	Önceden Reaksiyona Girmiş Cam İyonomer Partikülleri
SPSS	Sosyal Bilimler İstatistik Programı
Sr	Stronsiyum
TEGDMA	Trietilen Glikol Dimetakrilat
UDMA	Üretan Dimetakrilat
VHN	Vickers Mikrosertlik Değeri
x	Büyütme Oranı
Zn	Çinko

ÖZET

Çerçi Akçay, H. (2022). Farklı içeriğe sahip fissür örtücülerin yaşlandırma prosedürü sonrasındaki aşınma, pürüzlülük ve mikrosertlik değerlerinin karşılaştırılması. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Pedodonti Anabilim Dalı, Doktora Tezi. İstanbul. 2022

Amaç: Bu çalışma, yaşlandırma prosedürlerinin farklı içeriklere sahip fissür örtücülerin aşınma, pürüzlülük ve mikrosertlik değerlerine etkisinin karşılaştırılması amacı ile gerçekleştirildi. **Gereç ve Yöntem:** Çalışmada dört farklı içerikli fissür örtücü materyal; Aegis (Bosworth, ABD) (A Grubu), Beautisealant (Shofu, Japonya) (B Grubu), Clinpro (3M, ABD) (C Grubu) ve Ultraseal XT Hydro (Ultradent, ABD) (U Grubu) kullanıldı. Disk şeklinde hazırlanan toplam 100 örnek (5mm çap/3mm yükseklik) üretici firmaların önerilerine göre hazırlandı ve mikrosertlik/VHN, yüzey pürüzlülüğü, aşınma testleri için gruplandırıldı. Yaşlandırma prosedürleri olarak termal siklus (10,000 siklus/5°-55°C±2°C/20 sn) ve çiğneme simülatörü (75,000 siklus/49N) uygulandı. Yaşlandırma prosedürlerinden önce ve sonra ölçümler alındı, örnekler SEM ile incelendi. Bulgular Kruskal Wallis, Wilcoxon ve Welch testleri ile istatistiksel olarak analiz edildi. **Bulgular:** En yüksek ve en düşük mikrosertlik/VHN ortalama değişim değerleri U Grubu (9,88±1,46) ve A Grubu'nda (4,40±0,46) elde edildi; mikrosertlik ortalama değişim değerleri arasında anlamlı farklılık saptandı ($p<0,001$) ($U>B>C>A$). Pürüzlülük ortanca değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmadı; en yüksek pürüzlülük ortalama değişim değerleri U ve C Gruplarında bulundu ($U=C>A>B$). Aşınma ortalama değişim değerleri arasında anlamlı farklılık saptandı ($p<0,001$); en yüksek ve en düşük aşınma ortalama değişim değerleri, sırası ile U Grubu (0,0097±0,0003 gr) ve C grubunda (0,0041± 0,0006 gr) elde edildi ($U>B>A>C$). Yaşlandırma prosedürleri sonrasında fiziksel değişikliklerin en fazla U Grubunda olduğu belirlendi. **Sonuç:** Çalışma bulguları değerlendirildiğinde; yaşlandırma prosedürlerinin tüm deney materyallerinin fiziksel yapılarında farklı düzeylerde değişiklik oluşturduğu, Ultraseal XT Hydro'nun en çok etkilenen materyal olduğu, bireysel tedavi gereksinimlerinin ve materyal özelliklerinin fissür örtücü seçiminde göz önünde bulundurulması gerektiği sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: fissür örtücü, aşınma, mikrosertlik, pürüzlülük, yaşlandırma prosedürleri

ABSTRACT

Çerçi Akçay, H. (2022). Comparison of wear, surface roughness, and microhardness of fissure sealants with different contents after aging procedures. Istanbul University, Institute of Health Science, Department of Pedodontics, PhD Thesis. Istanbul. 2022.

Aim: The aim of this study was to compare the aging effects on wear, surface roughness and microhardness of fissure sealants with different contents. **Methods:** Four types of fissure sealants were used in the study: Aegis (Bosworth, USA)(Group A), Beautisealant (Shofu, Japan) (Group B), Clinpro (3M, USA)(Group C) and Ultraseal XT/Hydro (Ultradent, USA)(Group U). 100 disc-shaped specimens (5 mm diameter/3 mm width) prepared according to manufacturers' directions were assigned to microhardness/VHN, surface roughness, and wear tests. As aging procedures, thermocycling (10,000 times/5°-55°C±2°C/20 s) and chewing simulator (75,000 times/49N) were applied. Measurements were taken before and after aging procedures; and specimens were evaluated by SEM. Data was analyzed statistically by Kruskal Wallis, Wilcoxon and Welch tests. **Results:** The highest and lowest changes in mean microhardness values were obtained in Group U ($9,88 \pm 1,46$) and in Group A ($4,40 \pm 0,46$); and a significant difference ($p < 0.001$) was found between the mean changes in microhardness values ($U > B > C > A$). No significant difference between median roughness values was determined; the highest mean differences in surface roughness were observed in Groups U and C ($U = C > A > B$). Significant difference was found between the mean changes in wear/weight values ($p < 0.001$); the highest and lowest mean weight loss were found in Group U ($0,0097 \pm 0,0003$ gr) and Group C ($0,0041 \pm 0,0006$ gr) ($U > B > A > C$). The highest physical changes after aging procedures were determined in Group U. **Conclusion:** It is concluded that aging procedures have affected the physical structures of all test materials with varying levels while Ultraseal XT/Hydro has been affected mostly; for selecting a fissure sealant material, the individual treatment needs and material properties should be considered.

Key Words: fissure sealant, wear, microhardness, roughness, aging procedures

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Diş çürüğü önlenabilir nitelikte olmasına karşın dünyada en çok görülen sağlık sorunu olarak tanımlanmakta, dişlerin sağlıklı olarak korunmasının ve bireylerde diş çürüğü riskinin azaltılmasının önemi vurgulanmaktadır (Fejerskov ve Kidd 2008; Wright ve ark. 2016; Frencken ve ark. 2017; Colombo ve Paglia 2018; Kashbour ve ark. 2020; AAPD 2021; Pitts ve ark. 2021; Wen ve ark. 2022).

Günümüzde koruyucu dişhekimliği uygulamalarının artmış olmasına karşın çocuk ve ergenlerde pit ve fissür çürükleri görülme sıklığının yüksek olduğunun bildirilmesi, pit ve fissür çürüklerinin önlenmesinde uygulanacak koruyucu yöntemlere ve materyallere önem verilmesi gerektiğini göstermektedir. Diş yapısı ve mikrobiyal biyofilm arasındaki fizyolojik dengenin değişmesi ile oluşan diş çürüklerinin önlenmesinde, oral biyofilm kontrolüne yönelik uygulamaların önem taşıdığı; pit ve fissür çürüklerin önlenmesinde uygulanacak yöntemlerin ise fissür örtücü uygulamaları, mekanik ve kimyasal plak kontrolü yöntemleri olduğu belirtilmektedir (Petersen 2003; Hicks ve Flaitz 2005; Struzycka 2014; Bowen 2016; Matsumoto-Nakano 2018; Davidovich ve ark. 2020; Nagai ve ark. 2020; Butera ve ark. 2022; Chen ve ark. 2022).

Pit ve fissür çürüklerinin önlenmesi amacıyla oklüzal yüzeylerin çinko fosfat simanla örtülmesi uygulamalarına 1800'li yıllarda başlandığı, Bis-GMA rezin içerikli fissür örtücülerin Amerikan Dişhekimliği Birliği (ADA) tarafından kullanımına izin verilmesi ile fissür örtücü materyallerinin kullanımının 1980'li yıllar sonrasında arttığı bildirilmektedir (Wilson 1895; Bowen 1982; Colombo ve ark. 2018). Resin içerikli fissür örtücü materyallerin yanı sıra geliştirilen cam iyonomer, resin modifiye cam iyonomer ya da poliasit modifiye resin içerikli fissür örtücüler, amorf kalsiyum fosfat (ACP) partikülleri içeren ve remineralize edici özellik gösteren fissür örtücüler, ormoser ya da giomer içerikli fissür örtücüler, hidrofilik özelliğe sahip fissür örtücüler gibi farklı içerik ve özelliklere sahip materyallerin pit-fissür çürüklerinin önlenmesi amacı ile uygulanmasının önerildiği görülmektedir (Brinker 2013; Divyapriya ve ark. 2016; Lam ve ark 2021; Memarpour ve ark 2021; Ramamurthy ve ark. 2022).

Fissür örtücü materyalinde bulunması gereken biyolojik, fiziksel ve kimyasal özellikler; ağız dokularına biyouyumlu olması, ağız ortamındaki fonksiyonel kuvvetlere, termal ve kimyasal değişimlere direnç göstererek fiziksel özelliklerini uzun süre koruyabilecek nitelikte olması olarak tanımlanabilmektedir (Welbury ve ark. 2004; Strassler ve ark. 2005; Wright ve ark. 2016).

Dental materyallerin fiziksel yapılarını ve uygulanan tedavilerin prognozunu olumsuz olarak etkileyebilmeleri nedenleri ile ağız ortamındaki mekanik ve ısı değişimlerinin in-vitro koşullarda yaşlandırma prosedürleri ile incelenmesi günümüzde önem kazanmıştır. Ağız ortamındaki değişimleri taklit edebildiği öne sürülen in-vitro yaşlandırma prosedürlerinin dental materyallere uygulanması ile materyallerin fiziksel özelliklerinde oluşan değişikliklerin incelenbildiği; in-vitro çalışmalarda en çok kullanılan yaşlandırma prosedürlerinin ise termal siklus ve çiğneme simülasyonu prosedürlerinin olduğu bildirilmektedir (Rodriguez ve ark. 2011; Yun ve ark. 2013; Eliasson ve Dahl 2020 ; Sulimany ve ark. 2021; Vilde ve ark. 2022).

Fissür örtücü materyallerine ilişkin literatürlerin değerlendirilmesinde, in-vitro yaşlandırma prosedürleri sonrasında fissür örtücü materyallerin fiziksel özelliklerinde oluşan değişikliklerin incelendiği çalışmaların az ve yetersiz olduğu görülmektedir.

Bu tez çalışması; yaşlandırma prosedürlerinin farklı içeriklere ve özelliklere sahip fissür örtücülerin (Aegis, Beautisealant, Clinpro, Ultraseal XT Hydro) aşınma, pürüzlülük ve mikrosertlik özelliklerinde oluşturduğu değişikliklerin in-vitro koşullarda karşılaştırmalı olarak incelenmesi ve değerlendirilmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diş Çürüğü

Diş çürüğü, dişin sert dokularında madde kaybı ile karakterize dinamik, kronik ve multifaktöriyel bir hastalık olarak tanımlanmaktadır. Önlenebilir ve erken dönemde remineralize edilebilir niteliğe sahip olan diş çürüğü, karbonhidratların oral mikroorganizmalarca fermente edilerek açığa çıkan asitlerin diş sert dokularını demineralize etmesi ile oluşmaktadır (Ekstrand ve Bjorndal 1997; Llana ve ark. 2015; Davidovich ve ark. 2020; Butera ve ark. 2022).

Diş çürüğü oluşumuna ilişkin olarak çok çeşitli teorilerin belirtildiği, ancak Miller'ın 1890 yılında öne sürdüğü kimyasal-bakteriyolojik teorisinin en çok desteklenen teori olduğu görülmektedir. Kimyasal-bakteriyolojik teori, dental plakta bulunan bakterilerin karbonhidratları fermente etmeleri sonucu ile organik asitlerin diş dokusunu demineralize etmesini açıklamaktadır (Herschfeld 1978; Pardi ve ark. 2006). Diş çürüğünün oluşumunda ve ilerlemesinde karyojenik mikroorganizmaların, fermente edilebilen karbonhidratlar ile belirli bir süre birlikte bulunmaları gerekmektedir (Newbrun 1989; Newbrun 1992; Mc Donald ve ark. 2000; Struzycka 2014; Nagai ve ark. 2020).

Karyojenik mikroorganizmaların diş yapısını demineralize edebilecek düzeyde asidik ürün oluşturdıkları; çürüğe neden olan başlıca mikroorganizmaların ise mutans streptokoklar olduğu belirtilmektedir (Mc Donald ve ark. 2011). Streptokok mutansın virulans faktörleri; asit oluşturma kapasitesi ile mine yüzeyine ve bakteri plağına yapışma özelliği olarak tanımlanmaktadır (Lemos ve ark. 2019; Chen ve ark. 2020).

Dental plakta bulunan bakteriler oluşturdıkları organik asitler nedeniyle oral pH değerinin kritik değerin altına düşmesine ve mine dokusunun demineralizasyonuna neden olmaktadır (Caufield ve Griffen 2000; Featherstone 2000; Featherstone 2004; Jayaraj ve Ganesan 2015; Hwang ve ark. 2016). Demineralizasyon erken dönemde diş yapısındaki kalsiyum, fosfat ve florür dengesi değiştirildiğinde geri döndürülebilmekte ve çürük remineralize olabilmektedir. Kalsiyum ve fosfatın dişe difüzyonu sırasında ortamda bulunan florür bu mekanizmayı hızlandırabilmekte; bu difüzyon sonucunda diş çürüğü yeniden mineralize olabilmekte ve diş yapısında oluşan florapatit asit ataklarına

karşı dayanıklılığı artırmaktadır (Axelsson 2000). Diş çürüğü, diş yapısında bulunan mineraller ve oral kavitede bulunan mikrobiyal biyofilm arasındaki fizyolojik dengenin değişmesi ile oluşan demineralizasyonun, remineralizasyondan fazla olduğu durumlarda gerçekleşmektedir (Fejerskov 2004; Fejerskov ve Kidd 2008; Matsumoto-Nakano 2018).

Diş çürüğü, dental plağın yerleşip geliştiği ve belirli bir zaman diliminde kalabildiği diş bölgelerinde oluşmakta; ancak bu durum tüm diş yüzeylerinde çürük gelişme riskinin aynı düzeyde olduğunu göstermemektedir. Dental plağın temizlenmesinin zor olduğu ve uzun süre kalabildiği ara yüz bölgeleri ile pit ve fissürler diş çürüğüne daha yatkın olabilmektedir (Selwitz ve ark. 2007; Coutinho ve Costa 2014).

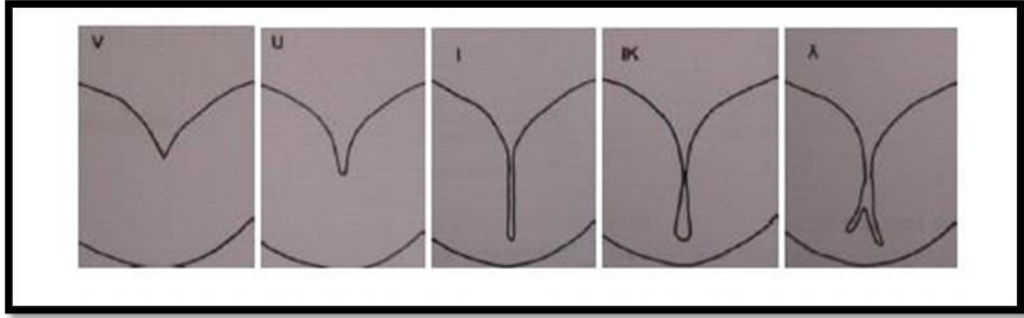
Azı ve küçük azı dişlerin tüberkülleri arasında yer alan mine dokusunun dentine doğru oluşturduğu yarıklar “*fissür*” olarak tanımlanmakta; fissürlerin şekil ve derinlikleri gelişim dönemindeki çevresel ve genetik faktörlerin etki etmesi sonucu bireysel farklılıklar gösterebilmektedir (Pinkham ve ark. 2005). Epidemiyolojik ve klinik çalışmalar sonucunda, çürük oluşumuna en yatkın alanların azı dişlerin oklüzal yüzeyleri olduğu gösterilmiş ve bu durumun fissürlerin morfolojisi ile yakından ilişkide olduğu belirtilmiştir (Welbury ve ark. 2004; Ulu ve Dörter 2008; Sungurtekin ve ark. 2010; Carvalho ve ark. 2011; Mehta 2012).

2.1.1. Pit ve Fissürlerin Morfolojisi

Oklüzal yüzeylerde çürük riskinin fissürler arasındaki tüberkül eğimlerinin açısından etkilendiği; açı 70° den az olduğunda çürük riskinin arttığı, açı 70-90° aralığında olduğunda ise çürük riskinin azaldığı bildirilmektedir (Muntean ve ark 2019).

Fissürlerin morfolojik özelliklerine göre sınıflandırılması ve görülme sıklıkları şu şekilde tanımlanabilmektedir (Nagano 1960) (Şekil 2-1):

1. V tipi (tepe geniş, taban bölgesine doğru daralır): %34
2. U tipi (tepe ve taban genişliği eşit): %14
3. I tipi (dar bir yarık şeklinde): %19
4. IK tipi (kum saati şeklinde): %26
5. Y tipi (dar başlayıp dentine yaklaştıkça genişleme gösterir): %7



Şekil 2-1. Morfolojik Yapılarına Göre Fissür Tipleri (Nagano 1960)

Nagano sınıflandırmasına göre fissürlerde çürük riski düşükten yükseğe doğru $V < U < I < IK < Y$ olarak belirtilmektedir (Khan ve ark. 2019; Muntean ve ark. 2019).

Fissürlerin derinliklerine göre sınıflandırılması (Symons ve ark. 1996):

1. Sığ derinlikteki fissür; ışık ile incelendiğinde tüberküller arasında fissür tabanı görülen, tüberkül eğimlerinin birbirleri ile geniş bir açı ile birleştiği fissür
2. Orta derinlikteki fissür; ışık ile incelendiğinde fissür tabanı görülen, tüberkül eğimlerinin birbirleri ile daha dar açıyla birleştiği fissür
3. Derin derinlikteki fissür; fissür tabanının ışık ile görülmediği, tüberkül eğimlerinin dar açıyla birleştiği derin fissür

Symons sınıflandırmasına göre fissürlerde çürük riski, mikroorganizma ve besin retansiyonunun fazla olması, kolay temizlenememesi nedenleri ile derin ve dar açılı fissürlerde daha fazla görülmektedir (König 1963; Çekemoğlu 2007; Jurić 2013).

2.1.2. Pit ve Fissür Çürüklerinin Gelişimi

Pit ve fissür çürükleri mine prizmaları boyunca ilerleyen bağımsız iki lezyonun tabanda birleşmesiyle oluşmaktadır. Çürüğe yatkın olan mine dentin birleşiminin genişliği ve fissür derinliği çürüğün ilerleme hızını belirlemektedir (Hicks ve Flaitz 2005; Ozer ve ark. 2016).

Azı ve küçük azı dişlerin oklüzal yüzeylerindeki mine kalınlıkları fissür tiplerine göre değişkenlik göstermektedir. Sığ fissürlerin oklüzal yüzeylerindeki mine tabakası yaklaşık 1,5-2 mm kalınlığında iken, derin pit ve fissürleri bulunan dişlerde bu derinlik yaklaşık 0,2 mm ve daha az olabilmektedir. Fissürün tabanı mine-dentin birleşimine

yakın olduğunda çürük gelişimi daha hızlı ilerleyebilmektedir (Newbrun 1989; Ulu ve Dörter 2008; Sungurtekin ve ark. 2010; Mehta 2012).

2.1.3. Pit ve Fissür Çürüklerinin Tanısı

Fissür çürüklerinin başlangıç aşamasında tanısı sağlam mine ile maskelenmiş olabilmesi nedeni ile zor olabilmektedir. Pit ve fissür çürüklerinin ayna ve sond ile muayene edilmesi önerilen ilk tanı yöntemi olmuştur; ancak remineralize olabilecek mine çürüklerinde geri dönüşü olmayan hasarlar oluşturabilmesi ve tanının güvenilir olmaması nedenleri ile sond kullanımı önerilmemektedir (Mc Comb ve Tam 2001; Kırzioğlu ve Güngör 2009; Kapor ve ark. 2021).

Dişin hava-su spreyi ile kurutulması ile yapılan gözle muayenede kullanılan tanı kriterleri ile güvenilir sonuçlar elde edilebildiği bildirilmektedir. Kanıta dayalı bir çürük tanı yöntemi olan ICDAS (Uluslararası Çürük Tespit ve Değerlendirme Sistemi) kriterleri ilk kez 1997 yılında (ICDAS I) dişlerin hava ve su spreyi ile kurutularak değerlendirilmesini esas alarak oluşturulmuştur (Ekstrand ve ark. 1995). ICDAS I'in çürük aktivitesini değerlendirmede yetersiz kalan bazı eksiklikleri kriterlerde yapılan bazı düzenlemeler ile giderilmiş ve 2005 yılında ICDAS II kriterleri oluşturulmuştur. ICDAS II çürük tanı sistemi ile, diş çürüğünün kron (pit ve fissür, mezial-distal, bukkal-lingual), kök ve restorasyon/fissür örtücü ile ilgili olmak üzere üç bölümde incelenmesi önerilmiştir (Ismail ve ark. 2007; Melgar ve ark. 2016).

ICDAS II / Pit ve fissür çürükleri kodlama kriterleri (Shivakumar ve ark. 2009; Gugnani ve ark. 2011; Melgar ve ark. 2016; Castro ve ark. 2018):

0. Gözlenen çürük belirtisi yoktur; mine yüzeyi 5 saniye boyunca hava ile kurutulduktan sonra hiç bir değişim yoktur.
1. Diş nemli iken çürük belirtisi yoktur; 5 saniye boyunca hava ile kurutulduktan sonra renk değişikliği veya sınırlı opasite görünür.
2. Diş nemli iken kahverengi renkleşme veya çürük opasitesi gözlenir; kod 3'ten ayırmak için hava ile kurutmak gerekir.
3. Diş yüzeyi nemli iken mine tabakasında kırılmalar vardır; ancak dentinde değişiklik yoktur. Kurutulduğunda diş dokusunda kayıp vardır ancak fissür tabanı mine ile kaplıdır.

4. Dentinin sarı kahverengi yansıması görülür; sınırlı doku kaybı olabilir ya da olmayabilir.
5. Opak veya renk değişikliği oluşmuş mine ile birlikte dentini de içine alan gözle görülür kavite varlığı bulunur.
6. Diş yüzeyinin yarısından fazlasını kaplayıp dentin dokusunu da içine alan kavite varlığı bulunur.

ICDAS II / Diş çürüklerini kodlama kriterleri (Shivakumar ve ark. 2009; Gugnani ve ark. 2011; Melgar ve ark. 2016; Castro ve ark. 2018):

0. Etkilenmemiş diş yüzeyi

1. Mine tabakasında gözle görülebilen ilk değişim
2. Mine tabakasında gözle görülebilen belirgin değişim
3. Lokalize mine yıkımı (Mine ile sınırlıdır, henüz dentine ilerlememiştir)
4. Dentin tabakasından yansıyan gölge görüntüsü
5. Dentin tabakasında gözle görülebilen kaviteleşme
6. Dentin tabakasının açığa çıktığı, diş yüzeyinin yarısından fazlasında kaviteleşme

ICDAS II / Restorasyon ve fissür örtücü kodlama kriterleri (Shivakumar ve ark. 2009; Gugnani ve ark. 2011; Melgar ve ark. 2016; Castro ve ark. 2018):

0. Restorasyon / Fissür örtücü yok

1. Fissür örtücü var (Kısmi)
2. Fissür örtücü var (Tam)
3. Dişle aynı renkte restorasyon (kompozit rezin ya da cam iyonomer restorasyon)
4. Amalgam restorasyon
5. Paslanmaz çelik kuron restorasyon
6. Porselen, altın, veneer kuron restorasyon
7. Kırık ya da tamamen kayıp restorasyon
8. Geçici restorasyon

96: Diş yüzeyinin incelenemediği durum

97: Çürük nedeniyle dişin kaybedilmesi

98: Çürük dışındaki nedenlerle dişin kaybedilmesi

99: Henüz oral kaviteye sürmemiş dişler

Pit ve fissür çürüklerinin tanısında kullanılan ICDAS II kriterlerinin yüksek derecede hassasiyet gösterdiği belirtilirken, spesifite bakımından düşük derecede olduğu belirtilmiştir (Jablonski-Momeni ve ark. 2008; Diniz ve ark. 2009; Campos ve ark. 2018).

Radyografik muayene, çürüklerin tanısında kullanılan diğer bir yöntemdir; ancak radyolojik indeks kullanımının başlangıç çürük lezyonlarının tanısında yeterli olmaması, tekrarlanabilir olmasına rağmen kullanımını kısıtlamaktadır (Alkurt ve Bala 2007).

Günümüzde geleneksel yöntemlere ek olarak geliştirilen çürük tanı cihazlarının kullanılması önerilmektedir:

- Dijital radyografiler
- Floresans sistemler (QLF, DIAGNOdent)
- Elektriksel iletkenlik sistemleri
- Fiber optik transilluminasyon, çürük tanısında kullanılacak güncel çürük tanı yöntemleri olarak belirtilmektedir (Korkut ve ark. 2011; Campos ve ark. 2018).

Araştırmacılar, QLF sistemlerin düz yüzey ve ara yüz çürüklerinin tanısında daha başarılı olduğunu, DIAGNODENT sistemlerinin ise oklüzal çürüklerin tanısında daha başarılı olduğunu bildirmektedir (Abrams ve ark. 2017; Kockanat ve Unal 2017; Rashid ve ark. 2022).

Oklüzal yüzeylerde bulunan pit ve fissür çürüklerinin tanısında kullanılan yöntemlerin tek başına yeterli olmadığı; bu nedenle, en doğru tanının konulabilmesi için farklı tanı yöntemlerinin birlikte kullanılmasının önemli olduğu belirtilmektedir (Kırzioğlu ve Güngör 2009 ; Neuhaus ve ark. 2015; Bordoni ve ark. 2021).

2.1.4. Pit ve Fissür Çürüklerinin Önlenmesi

Pit ve fissür çürüklerinin önlenmesi amacı ile geliştirilen koruyucu uygulamaların temelini oral biyofilm popülasyonunun kontrol altında tutulmasına dayandığı öne sürülmektedir (Petersen 2003; Struzycka 2014; Colombo ve Paglia 2018).

Biyofilm nedenli ağız hastalıklarının ve diş çürüklerinin önlenmesinde uygulanan yöntemler;

- Biyofilimde bulunan zararlı patojenlerin sayısının azaltılması
- Diş sert dokularının direncinin artırılması ve dişeti sağlığının korunması
- Diş ve çevresindeki dokuların tamir yeteneğinin artırılması, olarak tanımlanmaktadır (Ulusoy 2010; Struzycka 2014).

Pit ve fissür çürüklerinin önlenmesinde kullanılan yöntemler; mekanik plak kontrolü, kimyasal plak kontrolü ve pit, fissür örtücü uygulamaları olarak belirtilmektedir.

2.1.4.1. Mekanik Plak Kontrolü

Ağız ve diş sağlığının sağlanması için biyofilm diş yüzeyinden ve ağız ortamından uzaklaştırılmalıdır. Mekanik plak kontrolü kapsamındaki bu yöntemler; diş fırçalama, diş ipi, dil temizleyicisi ve ağız sularının kullanımı olarak bildirilmektedir (Struzycka 2014; Butera ve ark. 2022).

Dental biyofilm kontrolünün sağlanmasında diş fırçası ve diş macunu ile yapılan mekanik temizliğin en çok uygulandığı belirtilmektedir (Haffajee ve ark. 2001; Sharma ve ark. 2005). Ağız hijyeni eğitime çok küçük yaşlarda başlanması, diş fırçalamanın temel bir alışkanlık şekli olması, ilk süt dişlerinin sürmesinden itibaren dişlerin günde iki kez fırçalanması ve ağız bakım ürünlerinin kullanılmasının mekanik plak kontrolünde önemli olduğu vurgulanmaktadır (Campanaro ve ark. 2014; AAPD 2021).

Oklüzal yüzeyde bulunan pit ve fissürlerin anatomik açıdan çeşitlilik göstermesi nedeniyle bu bölgelerdeki dental plağın mekanik temizlik ile uzaklaştırılmasının zor olduğu; özellikle motor becerileri yetişkinlere göre kısıtlı olan çocukların bu bölgelerdeki biyofilm tutulumunu uzaklaştırmalarının düz yüzeylere göre çok daha zor olduğu belirtilmektedir (Maltz ve ark. 2003; Tuna 2014).

2.1.4.2. Kimyasal Plak Kontrolü

Dental biyofilmin ağız ortamından uzaklaştırılmasında kimyasal plak kontrolü olarak antimikrobiyal ajanlar kullanılmaktadır. Günümüzde sıklıkla tercih edilen ajanlardan olan klorheksidin, diş çürüklerinin ana etkenlerinden biri olarak görülen Streptokok mutansların gelişimini baskılamaktadır (Autio-Gold 2008; Bowen ve Koo 2011; Zhang ve ark. 2022).

Çocuk hastalarda genellikle vernik formunda kullanılan klorheksidinin, sürmekte olan diş yüzeylerine uygulandığında bakteri tutulumunu engellediği belirtilmektedir (Decker ve ark. 2005). Bazı çalışmalarda ise klorheksidin uygulaması ile oklüzal yüzeylerdeki çürük oluşumunun engellenebileceği belirtilmektedir (Schestakow ve ark. 2022; Seguya ve ark. 2022).

Kimyasal plak kontrolünde antiseptik özelliği nedeni ile uygulanması önerilen povidon iyot çocuklarda streptokok ve laktobasil türlerinin azalmasını sağlamaktadır. Bu ajanın küçük yaştaki çocuklarda dişler üzerine pamuk rulo ile uygulanması, çalkalama solüsyonu olarak kullanılabilmesi için çocuk hastaların altı yaşından büyük ve tükürme yeteneğinin gelişmiş olması gerektiği bildirilmektedir (Ulusoy 2010; Jafer ve ark. 2016; Ito ve ark. 2020).

Çürük önlemede etkili doğal bir polisakkarit olan kitosan streptokokus mutans, aktinomikoz ve p.gingivalis türlerine karşı antibakteriyel özellik gösterdiğinden, kimyasal plak kontrolünde kullanılması önerilmektedir (Phuangkaew ve ark. 2022). Çalışmalarda kitosan ve klorheksidin birlikte kullanıldığında sinerjistik etki gösterdiği öne sürülmektedir (Decker ve ark. 2005; Reynolds 2009; Poornima ve ark. 2021).

Kimyasal plak kontrolü ve diş çürüğünü önlemede antimikrobiyal ajan olarak en etkin, en fazla kullanılan ve önerilen ajanların florid bileşikleri olduğu vurgulanmaktadır (AAPD 2021; Ayoub ve ark. 2022; Zhang ve ark. 2022).

2.2. Pit ve Fissür Örtücüler

2.2.1. Fissür Örtücülerin Tarihçesi

Pit ve fissür çürüklerini önlemek amacıyla 1800'lü yıllarda oklüzal yüzeylerin çinko fosfat simanla örtülmesi, fissür örtücülerin tarihindeki ilk tedavi yaklaşımıdır (Wilson 1895; Naaman ve ark. 2017; Ünlügenç ve Bolgöl 2019; Sreedevi ve ark. 2021). 1920'li yılların başında pit ve fissür çürüklerinin önlenmesi amacıyla iki ayrı tedavi yaklaşımı bildirilmiştir. 1924 yılında Hyatt tarafından geliştirilmiş tedavi yaklaşımında, çürüğe yatkın diş yüzeylerine açılan kavitelerin amalgam materyali ile restore edilmesi (Hyatt 1924); 1929 yılında Bodecker tarafından geliştirilmiş diğer yaklaşımda ise fissürlerin ince bir tabaka halinde fosfat simanla örtülmesi önerilmiştir (San-Martin ve ark. 2013; Sreedevi ve ark. 2021).

Pit ve fissür örtücülerin gelişimi, minenin fosforik asit ile pürüzlendirilmesinin rezin esaslı materyallerin tutulumunu artırdığını belirten çalışmaların gerçekleşmesi ile artmıştır. Pit ve fissür örtücülerin klinikte ilk kullanımı asitle pürüzlendirilen yüzeylerin siyonoakrilat ile örtülmesi ile başlamış ancak ortaya çıkan yan ürünlerin toksik olduğu öne sürülmüştür (Cueto ve Buonocore 1967; Boudreau ve Jerge 1976; Zero 2013).

Bis-fenol A glisidil metakrilat (Bis-GMA) materyalinin geliştirilmesiyle rezin içerikli fissür örtücülerin kullanımına başlanmıştır ve sonuçlar başarılı bulunmuştur. Buonocore, ultraviyole ışık ile polimerize olan Bis-GMA içeren fissür örtücülerle ilgili ilk çalışmasını 1970 yılında yayınlamıştır (Buonocore 1970). Bis-GMA içerikli pit ve fissür örtücü materyallerin kullanımına Amerikan Diş Hekimliği Birliği (ADA) tarafından 1980'li yıllarda izin verilmiştir (Colombo ve ark. 2018).

Simonsen tarafından cam iyonomer simanların fissür örtücü siman olarak kullanılması önerilmiştir; ancak cam iyonomer simanların aşınma ve kırılma dirençlerinin düşük olduğu ve neme duyarlı oldukları bildirilmiştir (Simonsen 2005). Cam iyonomer simanlara ilişkin bu dezavantajların giderilmesi amacı ile cam iyonomerlere rezin materyali ilave edilerek rezinle modifiye edilmiş cam iyonomer simanlar (RMCİS) ve poliasitle modifiye edilmiş kompozit rezinler (PMKR) oluşturulmuş ve bu materyallerin fissür örtücü materyali olarak kullanılabileceği öne sürülmüştür (Mathew ve ark. 2019; Uchil ve ark. 2022).

2.2.2. Fissür Örtücülerin Endikasyonları

Fissür örtücülerin çocuklarda erken dönemde uygulanma kriterlerine ilişkin belirsizlikler olduğu bildirilmiştir (Colombo ve Ferrazzano 2018). Bu materyallerin uygulanmasında çürük önlemedeki başarılarının kanıtlanmış olmasının yanı sıra tedavi maliyetlerinin göz önünde bulundurulması gerektiğinin önemi vurgulanmıştır (Welbury ve ark. 2004; Colombo ve Ferrazzano 2018; Sreedevi ve ark. 2021).

Amerikan ve İngiliz Çocuk Diş Hekimliği Dernekleri'nin yayınladıkları rehberlerde, pit ve fissür örtücü uygulama endikasyonlarının belirlenmesinde hasta seçimi ve diş seçimine ilişkin kriterlerin göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmektedir (Nunn ve ark. 2000; Wright ve ark. 2016).

2.2.2.1. Hasta Seçimi

Fissür örtücü uygulanması için hasta seçiminde dikkat edilmesi gereken kriterler şu şekilde bildirilmektedir (Welbury ve ark. 2004; Colombo ve Paglia 2018):

- Tıbbi, fiziksel ya da bilişsel eksikliği bulunan çocukların sürekli dişlerindeki tüm oklüzal yüzeylere fissür örtücü uygulanmalıdır.
- Yüksek çürük riski görülen çocuklarda sürekli birinci büyük azı dişlerine ve çürük riskinin bulunduğu öngörülen dişlere fissür örtücü uygulanmalıdır.
- Süt dentisyon döneminde çürüğü bulunmayan çocuklara rutin olarak pit ve fissür uygulamaları gerekmemektedir, ancak bu hastalar düzenli olarak kontrol edilmelidir.

Pit ve fissür örtücü uygulanmasında ideal yaşlar ve fissür örtücü uygulanacak dişler şu şekilde belirtilmektedir:

- 3-4 yaş; süt azı dişleri
- 6-7 yaş; birinci sürekli büyük azı dişler
- 10-11 yaş; sürekli küçük azı dişler
- 12-13 yaş; ikinci sürekli büyük azı dişler (Babu ve ark. 2014).

Sürekli dişlerde çürük gelişme riskinin sürmelerini takiben ilk yıllarda en yüksek olduğu (Carvalho 2014; Ahovuo-Saloranta ve ark. 2017); bu nedenle, sürekli dişlerin sürmesini takiben 4 yıldan uzun süre geçtiği ve çürük görülmediği durumlarda dişlere pit ve fissür örtücü uygulamasının gerekli olmadığı öne sürülmüştür (Hicks ve Flaitz 2005; Colombo ve Paglia 2018).

2.2.2.2. Diş Seçimi

Fissür örtücü uygulaması için diş seçiminde göz önünde bulundurulması gereken faktörler şu şekilde belirtilmektedir:

- Pit ve fissür örtücüler en çok sürekli birinci azı dişlerin oklüzal yüzeyine uygulanmakta ancak üst kesicilerin singulumları ve alt kesicilerin palatinalindeki pit ve fissürler gözden kaçırılmamalıdır (Naaman ve ark 2017).

- Pit ve fissür örtücüler dişler oklüzyona ulaştığında, nem kontrolünün iyi yapılabilirdiği zaman uygulanmalı; sürme aşamasında olan dişlere uygulanacak ise nem duyarlılığı az olan fissür örtücü materyaller kullanılıp diş oklüzyona geldiğinde fissür örtücü uygulaması yenilenmelidir (Erdem 2013).
- Pit ve fissürlerin morfolojisi çürük oluşum riskini etkilemektedir. Pit ve fissür yapısı incelendiğinde, sond takılacak kadar derin yapılı bir morfoloji var ise pit ve fissür örtücü uygulamasının gerekli olduğu, sık yapılı fissürlerde ise uygulama gerekmediği belirtilmektedir (Mattar ve ark 2021).
- Başlangıç çürük lezyonu bulunan dişlere fissür örtücü uygulandığında fissürlerdeki mikroorganizma sayısı azaltılmakta ve çürüğün ilerlemesi kontrol altına alınabilmektedir (Carvalho 2014).

2.2.3. İdeal Fissür Örtücünün Özellikleri

Pit ve fissür örtücü materyallerde fiziksel ve kimyasal olarak ya da klinik olarak bulunması gereken özellikler önem taşımaktadır (Sreedevi ve ark. 2021).

Pit ve fissür örtücü materyallerin fiziksel-kimyasal özellikleri:

- Ağız ortamındaki değişimlerde çözünürlüğü az olmalı
- Ağız ortamındaki kuvvetlere karşı dirençli olmalı
- Diş bağlanma kuvveti yüksek ve marjinal uyumu iyi olmalı
- Genleşme-büzülme katsayıları mine dokusuna benzer olmalı
- Fissürlere yayılabilmesi için viskozitesi düşük ve akışkanlığı yüksek olmalı
- Dikey kuvvetler karşısında aşınma hızı düşük olmalıdır.

Pit ve fissür örtücü materyallerin klinik özellikleri:

- Kolay uygulanabilmeli
- Ekonomik olmalı
- Rengi mine dokusundan farklı olmalı ve kolay fark edilebilmeli
- Biyolojik olarak uyumlu ve antikaryojenik özellikte olmalı
- Çeşitli sıvılar ile iyonların geçişine, plak ve besin tutulumuna izin vermemelidir.

2.2.4. Fissür Örtücü Uygulama Teknikleri

2.2.4.1. İnvaziv Teknikle Fissür Örtücü Uygulaması

Dar ve derin fissürlerin bulunduğu, minede renklemenin var olduğu ancak yüzey dokusunun sert olduğu okluzal yüzeylerde fissürlerin ince uçlu bir frez ile aşındırılarak genişletilmesi “invaziv teknik” olarak tanımlanır (Singh ve ark. 2020).

İnvaziv teknikle fissür örtücü uygulamanın avantajları:

- Fissürlerin derin bölgelerine asit ve fissür örtücü materyalinin ilerlemesini kolaylaştırarak materyalin yüzey alanını artırmaktadır (Salama ve Al-Hammad 2002; Singh ve ark. 2020).
- Minede meydana gelmiş renk değişikliğinin boyutuna ilişkin bilgi sağlamaktadır (Sungurtekin ve ark. 2010).
- Diş üzerindeki organik biyofilm tabakası ve mine dokusunun aşındırılması ile fissürlere daha kolay yayılabilen materyalin tutuculuğunu artırmaktadır (Gp ve ark. 2004; Khanna ve ark. 2009; Singh ve ark. 2013).
- Fissür örtücü materyalin tutuculuğunun artması ile mikrosızıntı riski azalmaktadır (Sungurtekin ve ark. 2010; Singh ve ark. 2013).

İnvaziv teknikle fissür örtücü uygulamanın dezavantajları:

- Fissürler aşındırılıp genişletildiği için kullanılması gereken fissür örtücü miktarı artmakta ve bu durum polimerizasyon büzülmesinin neden olduğu stresi artırmaktadır (Lam ve ark. 2021).
- Sağlıklı diş dokuları da bir miktar uzaklaştırılabilmekte ve bu durum dişin fissür anatomisinin dengesini bozmaktadır (Welbury ve ark. 2004).
- Dişlerde ilerki dönemlerde restorasyon gereksinimi olabilmektedir (Welbury ve ark. 2004).
- Oklüzal çürük lezyonu sadece mine tabakasını içerip, kavitasyon içermediğinde invaziv teknik uygulamanın etik olmadığı öne sürülmektedir (Holmgren ve ark. 2014).

2.2.4.2. Non-İnvaziv Teknikle Fissür Örtücü Uygulaması

Klinik ve radyografik olarak çürük aktivitesi göstermeyen dişlerde, diş yüzeyinde girişimsel uygulama yapılmadan sadece diş üzerindeki biyofilm tabakasının uzaklaştırılarak fissür örtücü uygulanması “non-invaziv teknik” olarak tanımlanır (Singh ve ark. 2020).

Non-invaziv teknikle fissür örtücü uygulamanın avantajları (Welbury ve ark. 2004; Singh ve ark. 2013; Carvalho ve ark. 2016):

- Diş dokuları korunduğu için restorasyon gereksinimi bulunmamaktadır.
- Aerator, mikromotor kullanılmadığı için küçük çocuklarda kooperasyon sorunu daha az görülmektedir.
- Uygulama süresi invaziv tekniğe göre daha azdır.
- Kullanılan materyal miktarının az olması nedeniyle polimerizasyon büzülmesine bağlı stres azalmaktadır.

Non-invaziv teknikle fissür örtücü uygulamanın dezavantajları:

Fissür örtücü materyallerin penetrasyon derinliğinin daha az olması dezavantaj olarak belirtilebilmektedir. Fissürlerin daha derinlerine yayılabilen fissür örtücülerin daha az mikrosızıntı ve daha iyi tutuculuk gösterdiği bildirilmekte (Gp ve ark. 2004; Khanna ve ark. 2009); ancak non invaziv teknikle uygulanan fissür örtücülerde de bu özelliklerin sağlanabildiği öne sürülmektedir (Carvalho ve ark. 2016).

İnvaziv ve non-invaziv fissür örtücü uygulama yöntemlerinin avantajları ve dezavantajları değerlendirilirken bireyin çürük risk faktörleri, çürük lezyonunun derinliği gibi parametrelerin göz önünde bulundurulmasının önemli olduğu vurgulanmaktadır (Bagheri ve ark. 2017).

2.2.4.3. Koruyucu Rezin Restorasyon Yöntemi

Koruyucu rezin restorasyon yöntemi, minimal kavite preparasyonu gerektiren çürük lezyonlu ve çevresinde çürük oluşumuna yatkın sağlam fissürleri bulunan dişlerde uygulanabilen alternatif bir restorasyon yöntemidir (Sunyaruri ve ark. 2019). Çürüğün temizlenmesini ve sağlam fissürlerin fissür örtücü materyalle örtülmesini tanımlamaktadır (Simonsen 2005; Sunyaruri ve ark. 2019). Koruyucu rezin restorasyon

yöntemi, çürük tedavisinde minimal invaziv tedavi yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır (Savage ve ark. 2009; Rodrigues ve ark. 2021).

2.2.5. Fissür Örtücü Uygulaması

2.2.5.1. Yüzeyin Temizlenmesi ve İzolasyon

Diş yüzeyinin temizlenmesi ve izolasyonu fissür örtücülerin retansiyonunu ve klinik başarısını artırması açısından önem taşımaktadır. Ağız hijyeni kötü olan hastalarda basit bir fırçalama işleminin yüzeyin temizlenmesi açısından yeterli olduğu belirtilmektedir (Sanders ve ark. 2010).

Uygulamada rubber dam kullanımı önerilse de çocuk hastalarda her zaman kullanımının mümkün olamaması nedeniyle hastalarda pamuk tamponlar ile izolasyon sağlanabileceği bildirilmektedir. Mattar ve ark. rubber dam ve pamuk rulo uygulaması arasında başarı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadığını ve %79 oranında pamuk rulo tercih edildiğini belirtmişlerdir (Mattar ve ark. 2021).

2.2.5.2. Mine Yüzeyinin Pürüzlendirilmesi

Asitle Pürüzlendirme İşlemi: Mine yüzeyinin asitle pürüzlendirilmesi mine yüzeyinde bulunan organik artıkları uzaklaştırarak fissür örtücü materyalinin uygulanabileceği bir yüzey oluşturur (Karaman ve ark. 2013; Tosun ve ark. 2015). Yüzeyin 15-20 saniye süresince %37'lik fosforik asitle pürüzlendirilmesinin yeterli olduğunu gösteren çalışmalara göre daha kısa süreli asitlemenin yeterli olduğuna ilişkin çalışmaların ise sınırlı olduğu görülmektedir (Yılmaz ve ark. 2010; Oba ve ark. 2012). Meta analiz çalışmasında, mine yüzeyinde yapılan pürüzlendirilme işleminin en az 30 saniye olması gerektiği öne sürülmektedir (Lo ve ark. 2019). Mine yüzeyinin yeterli olarak pürüzlendirildiğini belirten klinik belirteçin ise minenin beyaz opak şekilde izlenebilmesi olarak bildirilmektedir (Nowak ve ark. 2018).

Farklı mine pürüzlendirme tekniklerinin karşılaştırılmasında, fosforik asitle pürüzlendirme yönteminin en basit ve etkili teknik olduğu (Sancaklı ve ark. 2011); ancak fosforik asitin yıkanarak uzaklaştırılması sırasında ağızda kötü tat bırakmasının çocuklar için kooperasyon bozukluğuna yol açabildiği belirtilmektedir (Feigal ve Quelhas 2013; Karaman ve ark. 2013).

Lazerle Pürüzlendirme İşlemi: Mine yüzeyinin pürüzlendirilmesinde lazer sistemler kullanılabilir. Nd:YAG ve CO2 lazer sistemleri geçmişte sıklıkla kullanılırken, günümüzde ise daha çok Er-YAG lazer sistemleri kullanılmaktadır. 2,94 mm dalga boyu olan Er-YAG lazer ışını diş dokusunda bulunan su ve hidroksiapatit kristalleri tarafından yüksek miktarda emilebildiği için pürüzlendirmenin oluşturulmasında oldukça etkili olabildiği öne sürülmektedir (Ozveren ve ark. 2020; Schwimmer ve ark. 2020).

Air Abrasyon: Çok küçük alüminyum oksit parçacıklarının yüksek ivmeli hava basıncı ile mine yüzeyine uygulanarak pürüzlendirme oluşturulması air abrazyon yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntem frezle pürüzlendirme yöntemleri ile karşılaştırıldığında, air abrazyon ile oluşan titreşimin ve ısının daha az olduğu belirtilmektedir (Bagheri ve ark. 2017).

2.2.5.3. Fissür Örtücünün Uygulanması ve Oklüzyon Kontrolü

Fissür örtücü materyal, alt çenedeki dişlerde distalden meziale doğru, üst çenede ise mezialden distale doğru uygulanır. Materyal ince uçlu bir fırça veya bir aplikatör aracılığı ile tüberkül eğimlerinden fissürlere doğru uygulanarak, materyalin fissürlere doğru yayılması sağlanır. Fissür örtücü materyalinin uygulanmasından sonra üretici firmanın önerilerine göre polimerizasyonu sağlanır. Kendinden sertleşen fissür örtücü materyaller genellikle 1-2 dakikada, ışık ile polimerize olan fissür örtücü materyaller ise yaklaşık 20 saniyede polimerize olur. Üretici firmaların önerdiği süreler genellikle minimal sürelerdir, bu süreler beş-on saniye eklenerek maksimum polimerizasyon sağlanabilmektedir (Sreedevi ve ark. 2021).

Fissür örtücü materyalin polimerizasyonundan sonra hava kabarcığı ya da eksik bir alan kalıp kalmadığı kontrol edilmelidir. Hastanın bisfenol A'ya maruz kalmaması için fissür örtücü uygulanan dişin üzerinin pamuk rulo ile silinmesi veya 30 saniye su ile yıkanması önerilir. Fissür örtücü uygulanan dişin oklüzyonu artikülasyon kağıdı ile kontrol edilmeli ve yüksek olan bölgeler kaldırılmalıdır (Nowak ve ark. 2018).

2.2.6. Fissür Örtücü Materyaller

2.2.6.1. Rezin İçerikli Fissür Örtücüler

Rezin içerikli fissür örtücü materyallerin yapısında bulunan temel monomer Bis-GMA, Bowen tarafından geliştirilmiştir. Bis-GMA, bisfenol A ve glisidil metakrilatın kimyasal olarak reaksiyona girmesi sonucu yan ürün olarak oluşmaktadır (Bowen, 1982; Hicks ve ark. 1986; Avinash ve ark. 2010; Sanders ve ark. 2010; Lam ve ark. 2021).

Bis-GMA, yüksek molekül ağırlığına sahip renksiz bir monomerdır. Bu monomerin yüksek olan viskozitesinin azaltılması ve penetrasyon kabiliyetinin artırılması için yapıya eklenen TEGDMA'nın polimerizasyon büzülmesini artırdığı öne sürülmektedir. HEMA gibi düşük molekül ağırlıklı monomerlerin yapıya eklenmesi ile viskozitenin azaltıldığı ve nemli dokulara daha iyi bağlanma sağlanabildiği bildirilmektedir (Schwengberg ve ark. 2005; Wadhwa ve ark. 2018).

Rezin içerikli fissür örtücü materyallerin en önemli dezavantajının polimerizasyon büzülmesine neden olması ve bu şekilde meydana gelecek mikrosızıntının restorasyonda başarısızlık oluşturması olduğu belirtilmektedir (Shingare ve Chaugule 2021).

Rezin içerikli fissür örtücüler, polimerizasyon çeşitleri, doldurucu içerikleri, renkleri ve florür içerip içermemelerine göre farklı jenerasyonlarda sınıflandırılmaktadır (Simonsen 2005; Colombo ve Beretta 2018):

1. Jenerasyon fissür örtücüler : Ultraviyole ışıkla 365 nanometre (nm) dalga boyu ile polimerize olan fissür örtücülerdir. Bu grup fissür örtücülerin dezavantajları dalga boyunun standardize edilememesidir. Ayrıca uzun süreli ultraviyole ışığa maruz kalınması sonucu retina tabakasında hasara yol açabilmektedir. Bu nedenler ile bu fissür örtücüler günümüzde kullanılmamaktadır (Pinkham ve ark. 2005).

2. Jenerasyon fissür örtücüler: Otopolimerizan ve kimyasal olarak polimerize olan fissür örtücülerdir. 2. jenerasyon fissür örtücüler Bis-GMA ile benzoil peroksit ve Bis-GMA ve %5'lik organik amin olmak üzere iki bileşenden oluşmakta; iki bileşenin karıştırılması sonrası oluşan ekzotermik reaksiyon ile polimerizasyon gerçekleşmektedir (Geiger ve ark. 2000).

3. Jenerasyon fissür örtücüler: Görünür (mavi) ışıkla yaklaşık 480 nm dalga boyu ile polimerize olan fissür örtücülerdir. 3. jenerasyon fissür örtücülerin yapısında polimerizasyon reaksiyonunu başlatan kamforokinon ve aminler bulunmaktadır. Polimerizasyon reaksiyonu için kullanılan ışık kaynakları ise; halojen ışık kaynakları, modifiye tip görünür mavi ışık kaynakları, lazer ışık kaynakları, ışık yayan diyetler, kuartz tungsten halojen ışık kaynakları (QTH) ve plazma ark ışık kaynaklarıdır (Shah ve ark. 2007; Costa ve ark. 2011).

Görünür ışıkla ya da kimyasal olarak polimerize olan fissür örtücüler arasında tutuculuk ve çürük önleme açısından yapılan çalışmalarda 5 yıla kadar olan sürelerde anlamlı bir fark bulunamadığı; 5 yıldan daha uzun sürelerde ise kimyasal reaksiyonla polimerize olan fissür örtücülerin dayanıklılığının daha fazla olduğu bildirilmiştir (Singh ve ark. 2019; Reic ve ark. 2021). Ancak görünür ışıkla polimerize olan fissür örtücülerin uygulama kolaylığı, karıştırma gerektirmemesi ve mine yüzeyinde rahat yayılabilmesi gibi avantajları nedenleri ile daha fazla tercih edildiği belirtilmiştir (Pinkham ve ark. 2005).

Fissür örtücü materyaller genellikle doldurucu içermemektedir ancak materyalin dayanıklılığı artırılmak istendiğinde %50'ye kadar doldurucu eklenebilmekte; içerdikleri doldurucu miktarlarına göre ise, doldurucu içeren, yarı doldurucu içeren ve doldurucu içermeyen olarak tanımlanabilmektedir (Pinkham ve ark. 2005; Sreedevi ve ark. 2021).

Fissür örtücülerin mine dokusuna penetrasyonunu ve ilerleyen dönemlerdeki mikrosızıntı riskini etkileyen en önemli faktör fissür örtücünün akışkanlığıdır. Fissür örtücülerdeki doldurucu miktarına ilişkin farklılıklar materyallerin akışkanlık ve fissürlere yayılma yeteneklerine etki etmektedir. Doldurucu içeren ya da içermeyen fissür örtücüler ile yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar öne sürülmüştür. Simonsen doldurucu içermeyen rezinlerin dişlerin pit ve fissürlerine daha iyi yayıldığı ve retansiyonlarının ise daha iyi olduğunu belirtmiştir (Simonsen 2005). Sulimany ve ark., doldurucu içermeyen fissür örtücülerin doldurucu içeren fissür örtücülere göre daha yumuşak yapıya sahip olmaları nedeniyle aşınma dirençlerinin ve bağlanma dayanımlarının azaldığını bildirmişlerdir (Sulimany ve ark. 2021). Shingare ve Chaugule, doldurucu içeren ve içermeyen fissür örtücülerin retansiyonları ve

mikrosızıntı açısından anlamlı farklılık bulunmadığını belirtmişlerdir (Shingare ve Chaugule 2021).

Fissür örtücüler renklerine göre şeffaf, renkli ya da opak olarak üretilmektedir. Hekim, hasta ve aile tarafından kolay fark edilip tutuculuklarının daha kolay gözlenebilmesi açısından renkli ve opak olanlar daha çok tercih edilmektedir (Simonsen 2005; Pinkham ve ark. 2005). Fissür örtücülerin renklerine ilişkin farklılığın materyallerin tutuculuğunu ve çürük önleyici etkilerini etkilemediği bildirilmektedir (Pinkham ve ark. 2005; Sreedevi ve ark. 2021).

Bazı fissür örtücü materyallerin uygulanması sonrası hastaların tükürüklerinde saptanan bisphenol-A (BPA)'nın fissür örtücülerin yapısında bulunan bisfenol dimetakrilatın tükürükteki enzimler ile reaksiyona girmesi sonucu oluştuğu öne sürülmüştür (Fung ve ark. 2000; Colombo ve ark. 2018). BPA ile ilgili en önemli kaygının östrojenik etkiler oluşturmaları olduğu ancak çalışmalarda bu etkilerin anlamlı bulunmadığı; ayrıca materyallerden salınan BPA'nın tam olarak emilmemesi nedeniyle sistemik dolaşımda gözlenmeyecek kadar düşük miktarlarda olduğu bildirilmiştir (Colombo ve ark. 2018; De Nys ve ark. 2022).

2.2.6.2. Cam İyonomer İçerikli Fissür Örtücüler

Cam iyonomer simanlar, polialkenoik asit ile yüksek flor içerikli alümino-silika camın reaksiyona girmesiyle oluşurlar. Simanın yapısında bulunan metal iyonları kalsiyum (Ca), sodyum (Na), alüminyum (Al), potasyum (K), çinko (Zn), stronsiyum (Sr) ve lantandır (La). Cam yapının iskeletini oluşturan alüminyum oksit/silisyum oksit (Al_2O_3/SiO_2) oranının değiştirilmesiyle cam iyonomerin opaklık derecesi, sertleşme zamanı ve kuvvetlere olan direnci değişmektedir. Flor iyonu, yapıda rezervuar görevi görmektedir (Davidson 2006; Beresescu ve ark. 2022).

Cam iyonomerlerin yapısında bulunan poliakrilik asitin karboksil gruplarının diş dokusunda bulunan fosfat iyonlarıyla etkileşime girmesi ile dişle kimyasal bağlantı kurabilmektedir. Cam iyonomerlerin yapısındaki flor iyonu miktarının diğer materyallere göre daha yüksek olması cam iyonomerlerin uzun süre flor salınımı yapmasını sağlamaktadır (Matalon ve ark. 2010). Cam iyonomerlerde flor salınımı ilk 24 saat içerisinde çok yüksek olup sonraki 48 saat içerisinde azalmakta ve daha sonraki zamanlarda sabit bir düzeyde devam etmektedir (Kamala ve Hedge 2008). Cam

iyonomerlerin ağız ortamından veya başka kaynaklardan aldıkları florü da salabildikleri ve bu durumun materyalin yüksek porozitesi ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Matalon ve ark. 2010).

Cam iyonomer simanların dış kaynaklardan aldıkları florü geri salabilmesi, kolay uygulanabilmesi, ısısal genleşme katsayılarının dış dokusuna benzer olması gibi avantajları nedeniyle rezin fissür örtücülere alternatif olarak öne sürülmektedir (Yip ve Smales. 2002; Kaya ve Tirali 2013; Garoushi ve ark. 2018). Ancak kolay aşınmaları, renk uyumunun rezin simanlar kadar iyi olmaması ve mikrosızıntı riskinin yüksek olması dezavantajları olarak vurgulanmaktadır (Kaya ve Tirali 2013).

Fissür örtücülerin çürük önleme kapasitesini gösteren en önemli faktör uzun süreli retansiyon göstermesidir. Klinik çalışmalarda rezin içerikli fissür örtücülerin retansiyon başarıları cam iyonomer içerikli fissür örtücülere göre uzun dönemlerde daha yüksek, çürük önleme kapasiteleri ise benzer bulunmuştur (Mickenausch ve Yengopal 2011; Alirezai ve ark. 2018; Mathew ve ark. 2019).

Cam iyonomer içerikli fissür örtücülerin aşınma direncinin düşük olmasına karşın çürük önlemedeki başarısına ilişkin nedenler; klinik olarak gözlenemeyecek düzeydeki cam iyonomer materyalinin fissürlerin derinlerinde kalarak fiziksel bir bariyer oluşturması ve uzun süre fissürlerde kalan cam iyonomer materyalinin kimyasal etki oluşturarak çürük oluşumunu inhibe etmesi olarak öne sürülmüştür (Frencken ve Wolke 2010; Sundfeld ve ark. 2017).

2.2.6.3. Rezin Modifiye Cam İyonomer İçerikli Fissür Örtücüler

Cam iyonomer simanların yapısına eklenen rezin monomerler ile geleneksel cam iyonomer simanların fiziksel özellikleri geliştirilmiş ve iki aşamalı sertleşme reaksiyonu ile polimerizasyonu tamamlanan rezin modifiye cam iyonomer simanlar oluşturulmuştur (Hicks ve Flaitz 2005; Garoushi ve ark. 2018).

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS) ve geleneksel cam iyonomer simanlar cam partikülleri, su, poliasit gibi aynı temel bileşenleri, monomer olarak HEMA ve reaksiyonları başlatıcı olarak kamforokinon içermektedir (Sidhu ve Nicholson 2016). Cam iyonomere eklenen rezin nedeni ile bu materyaller hem asit baz reaksiyonu ile hem de ışıkla polimerize olma özelliğine sahiptir. Işıkla polimerize olduktan sonra materyal içerisindeki asit baz reaksiyonu devam eder ve bu durum

materyalin direncinin artmasına yardımcı olur (Sidhu ve Nicholson 2016; Alsabek ve ark. 2019).

RMCİS'ların geleneksel cam iyonomer simanlarla ortak özellikleri, flor rezervuarı olmaları, diş dokularına kimyasal olarak bağlanabilmeleri ve biyouyumlu olmalarıdır (Köroğlu ve ark. 2012; Khoroushi ve Keshani 2013). Farklılıkları ise gerilme dirençlerinin geleneksel cam iyonomer simanlara göre iki kat fazla olması ve ağız sıvılarında daha az çözünmeleridir (Croll ve Nicholson 2002; Köroğlu ve ark. 2012).

In-vivo çalışmalarda, RMCİS içerikli fissür örtücülerin retansiyonlarının cam iyonomer simanlardan yüksek, rezin içerikli fissür örtücülerden düşük bulunduğu bildirilmiştir (Pardi ve ark. 2003; Papacchinia ve ark. 2006; Baseggio ve ark. 2010; Uchil ve ark. 2022).

2.2.6.4. Poliasit Modifiye Resin İçerikli Fissür Örtücüler

Poliasit modifiye rezinler %70-80 oranında kompozit rezin ile %20-30 oranında cam iyonomer siman bileşiminden oluşmaktadır. Poliasit modifiye rezin simanlar yapısal olarak hem cam iyonomer simanların bileşenlerini hem rezin monomerleri içermelerine rağmen ağırlıkla rezin içerdikleri için ışıktan sertleşmemektedir (Ahovuo-Saloranta ve ark. 2017). Bu materyaller ilk etapta ışıktan polimerize olmakta ve daha sonra tükürük ile temas ettiğinde oluşan asit baz reaksiyonu ile polimerizasyon tamamlanmaktadır (Cehreli 2000). Geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha az flor salınımı göstermelerinin nedeninin ise %13 oranında flor iyonu içermesi olduğu belirtilmektedir (Tiwari ve ark. 2016).

Poliasit modifiye rezinlerin dişe bağlanma dayanımlarının cam iyonomer simanlardan yüksek, retansiyon ve aşınma dirençlerinin ise kompozit materyallerine göre daha düşük olduğu bildirilmiştir (Puppin-Rontani ve ark. 2006; Kanık ve Türkün 2016; Ünlügenç ve Bolgöl 2019).

2.2.6.5. Ormoser İçerikli Fissür Örtücüler

Ormoserler, tioter oligo metakrilat alkoksilan ile çok fonksiyonlu üreteranlardan sentezlenen organik ve inorganik polimerlerden oluşmaktadır. Termal genişleme katsayıları doğal diş dokusuna çok yakındır (Ilie ve Hickel 2011; Çelik 2017).

Ormoserlerin içeriğindeki temel yapıtaşı metakrilat polisiloksan, dimetakrilat monomer seviyesini azaltıp alerji riskini en aza indirmektedir (Chen ve ark. 2001; Monsarrat ve ark. 2017).

Ormoser içeren fissür örtücüler ile cam iyonomer içerikli fissür örtücülerin restorasyon, kenar bütünlüğü ve retansiyon açısından benzer sonuçlar gösterdiği ancak çürük önleme kapasitesinin cam iyonomer içerikli fissür örtücülere göre daha az olduğu bildirilmektedir (Guler ve Yılmaz 2013). Ormoser materyaller kompozit rezin materyaller ile karşılaştırıldığında aşınma dirençlerinin daha yüksek, polimerizasyon büzülmesinin ise daha az olduğu belirtilmektedir (Cattani-Lorente ve ark. 2001; Tagtekin ve ark. 2004; Yap ve ark. 2004; Tauböck ve ark. 2019).

2.2.6.6. Giomer İçerikli Fissür Örtücüler

Rezin matrikse önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer (S-PRG) partiküllerinin eklenmesiyle oluşan hibrit yapıdaki materyaller giomer olarak tanımlanmaktadır. Floralumina silikat ile polialkenoik asit reaksiyona girdikten sonra oluşan materyal rezinin içerisine katılmaktadır (Kimyai ve ark. 2011; Gonulol ve ark. 2015; Mutluay 2016).

Giomerler kompozit rezinler ve cam iyonomer simanların temel bileşenlerini içermektedir (Yadav ve ark. 2012). Flor salınımı ve yeniden flor yüklenebilme özellikleri cam iyonomer simanlara, estetik, biyouyumluluk, kolay cilalanabilme ve aşınmaya dirençli özellikleri ise kompozit rezinlere benzerlik göstermektedir (Gonulol ve ark. 2015).

S-PRG doldurucu içerikli materyaller flor, alüminyum, bor, sodyum, silisyum ve stronsiyum iyonlarının salınımını gerçekleştirmekte, salınan stronsiyum ve flor iyonları ise minenin demineralizasyona karşı direncini artırmaktadır (Ito ve ark. 2011).

Giomerlerin içeriğindeki S-PRG doldurucuların uzun dönemdeki flor salınımlarının cam iyonomer simanlardan düşük, kompozit rezinlerden ise yüksek olduğu bildirilmektedir (Itota ve ark. 2004; Dasgupta ve ark. 2018). Giomerlerde geleneksel cam iyonomer simanlar gibi yüksek flor salınımı gözlenmemektedir (Çapan ve Akyüz 2016). Ayrıca giomerlerin flor şarjının, sabit bir flor kaynağı olmadığı sürece geçici olduğu belirtilmektedir (Ikemura ve ark. 2008; Dasgupta ve ark. 2018).

Giomer içerikli fissür örtücüler, asitle pürüzlendirme ve yıkama işlemleri olmadan self-etch primer uygulanması sonrası dişe uygulanıp ışıkla polimerize edilmektedir. Asitle pürüzlendirme yapılmadığı için, özellikle çocuk hastalarda önemli olan klinik uygulama süresi azaltılmaktadır (Ozer ve ark. 2016; Topal ve Kirzioglu 2016).

Fissür örtücü materyallerin akışkanlığı ve fissürlere penetrasyon kabiliyetleri materyalin retansiyonunda etkili olduğu belirtilmektedir. Non-invaziv teknik kullanılarak giomer içerikli fissür örtücü uygulanan çalışmada, giomer grubunda retansiyonun rezin içerikli fissür örtücüye göre daha düşük, geleneksel cam iyonomer içerikli fissür örtücüye göre daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir (Hatirli ve ark. 2018). 18 aylık değerlendirmede, giomer içerikli fissür örtücülerde retansiyon kaybının rezin içerikli fissür örtücülere göre daha fazla olduğu gözlenmiştir (Topal ve Kirzioglu 2019).

Giomerlerin asidik ortamlarda yüzey pürüzlülüğü açısından olumsuz etkilendiği ve bu durumun materyaldeki metal iyonlarının ortamdaki H iyonları ile yer değiştirmesi sonucu oluştuğu bildirilmiştir (Mohamed-Tahir ve Yap 2004). Resin içeriği fazla olan materyallerin ortamdaki pH değişimlerinden cam iyonomer içerikli materyaller kadar etkilenmediği belirtilmiştir (Bani ve Öztaş 2013).

2.2.6.7. Cam Karbomer İçerikli Fissür Örtücüler

Cam karbomerler, nanohidroksiapatit ve nanofloroapatit içeren cam iyonomer esaslı materyallerdir. Sıvısı poliakrilik asit olup eklenen fluoroapatit oranı %20'dir (Cehreli ve ark. 2013; Sidhu ve Nicholson 2016). Cam karbomerler içerdikleri nanopartiküller ile mine tabakasını taklit eder tarzda bir yapılanma gösterirler (Çapan ve Akyüz 2016). Karbomer içerisinde bulunan partiküller mine dokusundaki apatit kristalleri ile yer değiştirerek cam karbomerin diş dokularını taklit eden bir materyal olmasını sağlar (Bekmezoğlu ve ark. 2019; Beresescu ve ark. 2022).

Nanopartiküller cam karbomer materyallere eklenmesi ile materyallerin gerilme, aşınma ve sıkışma dirençleri artırılmıştır (Zainuddin ve ark. 2012).

Cam karbomerlerin flor salınım miktarları, cam iyonomer simanlara benzer bulunmuştur (Bekmezoğlu ve ark. 2019; Lopes ve ark. 2018).

Cam karbomerler cam iyonomerler gibi diş dokularına kimyasal olarak bağlanabilmektedir (Gorseta ve ark. 2014). Sertleşme reaksiyonunun hızlandırılması

için yüksek enerjili bir ışık cihazı kullanılması üretici firma tarafından önerilmektedir. Sertleşme reaksiyonu hızlandığı zaman mikrosızıntı azalmakta ve basınç direnci artmaktadır (Gorseta ve ark. 2014; Nicholson 2014). Uygulanan materyalin üzerine örtücü bir yüzey koruyucu uygulanmasının ise materyalin nem ve tükürük kontaminasyonunu önlediği belirtilmektedir (Menne-Happ ve Ilie 2013).

Cam karbomerlerin, süt ve sürekli dişlerin sınıf 1 ve 2 kavitelerinde, fissür örtücü uygulamalarında ve koruyucu rezin materyali olarak kullanılması önerilmektedir (Koenraads ve ark. 2009; Cehrelı ve ark. 2013; Gorseta ve ark. 2014;). Direkt pulpa kaplamasında materyalden önce kavite örtücü uygulanması gerektiği belirtilmiştir (Dülgergil ve Ertürk 2016). Cam karbomerler atravmatik restoratif tedavide kullanıldığında uzun dönemde cam iyonomer simanlar ve kompozitlere göre daha başarısız bulunduğu bildirilmiştir (Koenraads ve ark. 2009; Olegário ve ark. 2019).

Cam karbomerlerin rezin içerikli fissür örtücülerle kıyaslandığında retansiyonlarının benzer olduğunu gösteren çalışmalar olsa da (Gorseta ve ark. 2014) retansiyon kabiliyetlerinin rezin içerikli fissür örtücüler kadar iyi olmadığı sonucunu veren çalışmalar da bulunmaktadır (Zhanga ve ark. 2017).

2.2.6.8. Amorf Kalsiyum Fosfat (ACP) İçerikli Fissür Örtücüler

Amorf kalsiyum fosfat (ACP); dişin doğal yapısında bulunup hidroksiapatit oluşumuna öncülük eden bir kalsiyum fosfat bileşimidir (Zawaideh ve ark. 2016). Amorf kalsiyum fosfat ağız pH'ı kritik değere düştüğünde kalsiyum ve fosfat salınımı yaparak ortamın asiditesini nötralize eder ve ayrıca dişin mine tabakasından çözünen Ca ve P iyonlarının yeniden diş yüzeyine yapışmasını sağlayarak hidroksiapatit oluşumunu ve remineralizasyonu destekler (Mangaiyarkarasi ve ark. 2013; Memarpour ve ark. 2020).

Remineralizasyon konusundaki çalışmaların hız kazanmasıyla amorf kalsiyum fosfat bileşikler, şekerli sakızlar, pastiller, şekerli sakızlar ve restoratif materyallerin yapısına eklenmiştir (Diyapriya ve ark. 2016) Dişlerin demineralize olmasını önlediği, remineralizasyon sürecini de aktif olarak uyardığı öne sürülen ACP'lerin fissür örtücü ve kompozitlerin yapısına eklenerek materyallerin çürük önleyici etkilerini arttırdığı öne sürülmektedir (Cannon 2008; Venkatesan ve Ranjan. 2014; Zawaideh ve ark. 2016).

2.2.7. Fissür Örtücülerde Başarısızlık Nedenleri

Çalışmalarda fissür örtücülerin başarısızlık nedenleri şu şekilde belirtilmektedir:

- Kooperasyon sorunu: Küçük yaştaki çocuk hastalarda kooperasyon düzeyinin düşük olması ve ebeveynlerin bilinçsizliği nedenleri ile oral hijyen alışkanlıklarının tam olarak gerçekleştirilememesi (Sreedevi ve ark. 2021).
- Pit ve fissür anatomisinin kompleks yapısı: Derin pit ve fissürler bulunduğu materyallerin penetre olma kabiliyetinin zor olması (Selecman ve ark. 2007; Grewal ve Chopra 2008; Garg ve ark. 2018).
- Fissür örtücü materyallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri: Fissür örtücü materyalin akışkanlığının az olması nedeni ile pit ve fissürlere penetrasyonunun zor ve tutuculuğunun az olması (Prabhakar ve ark. 2011). Polimerizasyon büzülmesi, termal genleşme katsayısı ve yüzey gerilimi gibi faktörlerin materyalin başarısını etkilemesi (Selecman ve ark. 2007; Lam ve ark 2021).
- Yetersiz mine yüzeyi hazırlığı: Asitleme işleminin yetersiz yapılması sonucu fissür örtücülerin mineye bağlanmasının olumsuz yönde etkilenmesi (Locker ve ark. 2003; Khan ve ark 2020).
- Nem kontrolü, tükürük izolasyonu: Çocuk hastalarda rubber dam kullanımının zor olması, izolasyon için uygulanan pamuk ruloların çocuğun yanak ve dil hareketleriyle yer değiştirmesi sonucu dişin kontamine olması (pamuk rulo izolasyonunda, fissür örtücünün yardımcı personel yardımı ile uygulanması önerilir) (Mattar ve ark. 2021).
- Sürme aşamasındaki dişler: Sürme aşamasında olan dişlerde nem kontaminasyonunun engellenmesinin zor olması nedeniyle materyalin diş uygulanmasında oluşan sorunlar (Topal ve Kirzioglu 2019).

2.3. Fissür Örtücülerin Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesinde Kullanılan

Yöntemler

Diş hekimliğinde kullanılan materyallerin fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesinde çeşitli laboratuvar testleri uygulanmaktadır. Yeni geliştirilen materyallerin klinik kullanım öncesi fiziksel özelliklerinin in-vitro testler ile

incelenmesi sonucu elde edilen bulgular klinik uygulamalar için rehber olmaktadır (Behroozian ve ark. 2021; Lam ve ark. 2021).

Materyallerin fiziksel özellikleri ağız ortamını taklit eden yaşlandırma prosedürleri ile değerlendirilebilmekte; bu amaç doğrultusunda termal siklus ve çiğneme simülatörü prosedürleri uygulanabilmektedir (Hatirli ve ark. 2018; Sulimany ve ark. 2021). Fissür örtücülerin fiziksel özelliklerinin incelenmesinde mikrosertlik, yüzey pürüzlülüğü, aşınma testleri ve SEM (taramalı elektron mikroskobu) analizi sıklıkla kullanılan in vitro test yöntemleri olarak tanımlanmaktadır (Papacchinia ve ark. 2006; Arslanoğlu ve ark. 2016).

2.3.1. Yaşlandırma Prosedürleri

2.3.1.1. Termal Siklus Prosedürü

Ağız içerisinde, rutin yeme-içme ve nefes alma sırasında sıcaklık değişimleri oluşmaktadır (Eliasson ve Dahl 2020; Teixeira ve ark. 2021). Ağız içindeki ısıyı değiştirecek herhangi bir uygulama olmadan ve ağız kapalı durumda iken, ortalama sıcaklık 35°C olarak bildirilmiştir. Sıcak ve soğuk içecekler aracılığı ile yapılan ağız içi ısı ölçümlerinde en düşük sıcaklığın 4,5°C ve en yüksek sıcaklığın 50-55°C olarak bulunduğu belirtilmiştir (Eliasson ve Dahl 2020).

Termal siklus testlerinin gerçekleştirilmesinde sıcaklık en düşük 5°C ve en yüksek 55°C aralığında ayarlanmakta ve bekletme süresi ortalama 20-30 saniye olarak belirlenmektedir (Eliasson ve Dahl 2020; Sulimany ve ark. 2021).

2.3.1.2. Çiğneme Simülatörü Prosedürü

Ağız ortamına uygulanan dental materyaller, nem, pH değişimleri ve kuvvet değişimleri gibi pek çok değişik faktörlerle karşılaşmaktadır (Heintze ve ark. 2011). Dental materyallerdeki mekanik başarısızlıkların akut olarak aşırı yük gelmesi sonucu değil kronik şekilde yorgunluğa uğramaları sonucu gerçekleştiği; alt ve üst çenedeki dişlerin düzenli olarak temas etmesi ile oluşan mekanik başarısızlıkların restorasyonların ömrünü kısalttığı bildirilmektedir (DeLong 2006; Zhang ve ark. 2000).

Çiğneme simülatörleri, dikey ve yatay yönde olmak üzere iki yönde kuvvet uygulama özelliği gösterirler. Bu prosedürde, dental materyaller plastik örnek tutuculara yerleştirilir ve önceden belirlenen yatay ve dikey hareket miktarları materyallere

uygulanarak çiğneme simülasyonu gerçekleştirilir (Yun ve ark. 2013; Vilde ve ark. 2022).

2.3.2. Aşınma Testi

Dental materyallerde oluşacak aşınmanın değerlendirilmesinde çeşitli in-vitro yöntemler kullanılabilmektedir. Bu yöntemler; aşınma testi uygulanmasından önce ve sonrasında örneklerin hassas terazide ölçülerek oluşan madde kaybının belirlenmesi (Sözen 2013), örneklerin aşınma sonrası yüzey özelliklerinin taramalı elektron mikroskopunda değerlendirilmesi ya da profilometre ile incelenmesi (Field ve ark. 2010) olarak tanımlanabilir. Yüzey özelliklerinin değerlendirildiği yöntemlerde örneklerde oluşan hacim kaybının sayısal olarak belirlenemediği; günümüzde kullanılması önerilen üç boyutlu tarama cihazlarında ise hacim kaybının sayısal olarak belirlenebildiği ve objektif değerlendirmeler yapılabildiği belirtilmektedir (Galo ve ark. 2014; Asefi ve ark. 2016).

Materyallerin aşınma oranına farklı faktörler etki edebilmektedir. Sonuçları etkileyebilecek değişkenler in-vitro aşınma testi bulguları ile saptanarak analiz edilebilmektedir (Arsecularatne ve Hoffman 2010).

2.3.3. Mikrosertlik Testi

Materyalin batma ve çizilme şeklindeki kuvvetlere karşı gösterdiği direnç sertlik olarak adlandırılmaktadır (Mackert 2002). Bu tanım, plastik deformasyona karşı gösterilen direnci de belirtmektedir. Materyallerin sertliğini etkileyen özellikler; çekilebilirlik, dayanıklılık, aşınmaya ve kesilmeye direnç olarak bildirilmektedir. Sertlik ölçüm yöntemleri dental materyallerin mekanik özelliklerinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Mikrosertlik testi ile elde edilen sonuçlar farklı dental materyallerin ağız içi kuvvetlere dayanımı ve restorasyonların ömrüne ilişkin bilgi verebilmektedir (Jager ve ark. 2016; Sulimany ve ark. 2021).

Mikrosertlik test yöntemlerinin temel felsefesi, kontrollü ve tekrarlanabilir bir kuvvetin materyal üzerinde iz oluşturmaları ve bu izin yüzey alanının ölçülmesidir. Mikrosertlik değeri ile oluşan izin yüzey alanının genişliği birbirleriyle ters orantılıdır (Mackert 2002; Anusavice ve ark. 2012). Dental materyallerin sertliğinin ölçülmesinde kullanılan yöntemler; Vickers, Knopp, Brinell, Rockwell, Barcol ve Shore sertlik testleridir. Tüm sertlik test yöntemlerinde çentik şeklinde iz oluşmasını sağlayan bir uç

bulunur. Brinell ve Rockwell mikrosertlik testleri elastik materyaller için modifiye edildiğinden kırılğan materyaller için uygun değildir. Vickers ve Knoop sertlik testleri mikro-yapıya sahip materyallerin değerlendirilmesi için önerilmektedir (Anusavice ve ark. 2012; Bahari ve ark. 2021). Dental materyallerin sertliğinin ölçülmesinde en çok Vicker's sertlik testi kullanılmaktadır (Kakaboura ve ark. 2003).

2.3.3.1. Vicker's Sertlik Testi

Vickers sertlik testi uygulanırken piramit şeklinde elmas bir ucun incelenecek yüzey üzerinde bıraktığı kare şeklindeki iz ölçülür. Bu kare şeklindeki izin yüzeyleri arasındaki açı 136°'dir (Anusavice ve ark. 2012; Bahari ve ark. 2021; Saati ve ark. 2022). Sertliği değerlendirilecek örneğin üzerine belirlenen sürelerde kuvvet uygulanır ve yüzeyde oluşan karenin iki köşegeni mikroskop yardımı ile incelenir. Sertlik değeri uygulanan yük değerinin yüzeyde oluşan alana bölünmesi olarak tanımlanan formül ile hesaplanır (Saati ve ark. 2022).

Diş dokuları ve dental materyallerin sertliğinin belirlenmesinde sıklıkla Vickers sertlik testi kullanılmaktadır. Vickers sertlik testinde yükleme ucu izinin küçük ve derin olması nedeni ile çok sert materyallerin ve küçük alanların sertliğinin belirlenmesinde bu yöntemin uygulanabileceği bildirilmektedir (Saati ve ark. 2022).

Elde edilen iz alanının küçük olması Vickers sertlik değerinin ve materyalin yüzey sertliğinin daha fazla olduğunu göstermektedir. Vickers sertlik testinin avantajları; doğru ve güvenilir değerler elde edilebilmesi, kullanılan elmas ucun uzun ömürlü olması ve tüm materyaller için uygulanabilmesi olarak bildirilmektedir (Anusavice ve ark. 2012; Bahari ve ark. 2021; Saati ve ark. 2022).

2.3.4. Yüzey Pürüzlülüğünü Değerlendirme Yöntemleri

Yüzey pürüzlülüğü dental restorasyonların başarısını belirlemede kullanılan en önemli kriterlerden biri olarak tanımlanmaktadır. Restorasyonların pürüzsüz yüzeye sahip olması; düşük plak tutulumu, hasta konforu ve estetik görünüm açısından önem taşımaktadır (Arslanoğlu ve ark. 2016). Yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artması ile plak tutulumuna bağlı tekrarlayan çürükler, gingival irritasyon, renklenme ve restorasyonun hızlı aşınması gibi olumsuz durumlar gözlenmektedir. İdeal bir fissür örtücü, ağız ortamında maruz kalacağı fiziksel ve kimyasal streslere karşın pürüzsüzlüğünü uzun süre koruyabilmelidir (Tuncer ve ark. 2016).

Dental materyallerin yüzey pürüzlülüğünün analizinde profilometreler, tarayıcı elektron mikroskobu (SEM) ve atomik kuvvet mikroskobu (AFM) kullanılabilmektedir (Dederichs ve ark. 2021; Kessler ve ark. 2021).

2.3.4.1. Profilometreler

Profilometreler yüzey pürüzlülüğünü sayısal olarak değerlendirmekte, mekanik ya da optik olarak sınıflandırılmaktadır (Joniot ve ark. 2006; Nair ve ark. 2016).

Mekanik Profilometreler: Mekanik profilometreler örnek yüzeyinin üzerinde sabit ve doğrusal bir mesafede, boyutları belirli bir elmas uç yardımı ile iki boyutlu ölçüm yapılmasında kullanılmaktadır. Ölçüm sırasında elmas uç yüzeye temas etmektedir. Sensorün hareketi X eksen boyuncadır; dikey eksendeki yükseklik farkları makinenin dönüştürme sistemi referans alınarak hesaplanmaktadır. Bu nedenle, ölçümün doğru yapılabilmesi için yüzeyin paralelliği ve sensörün eksen dönüştürüm değeri dikkatlice ayarlanmalıdır (Joniot ve ark. 2006). Mekanik profilometrelerdeki değerler analog ve dijital olarak kaydedilebilmektedir. Mekanik profilometrelerde bulunan sensörler, yüzeyi elmas uç yardımıyla yatay düzlemde 20-50 μm çözünürlük ile tararlar. Yüzeyde bulunan oluklar sonuçlara etki edebileceği için yüzey üzerinde çeşitli açılardan ölçüm yapılması önerilmektedir (Heintze ve ark. 2006; Nair ve ark. 2016).

Optik Profilometreler: Optik profilometreler örnek yüzeyin optik ışınla taranarak üç boyutlu ölçüm yapılmasında uygulanmaktadır. Yüzey ile mekanik bir temas bulunmamakta ve yüzeyde belirlenen referans noktalar arasında ölçüm yapılmaktadır (Joniot ve ark. 2006). Optik profilometreler ile yüzey topografisi üç boyutlu olarak gösterilebilmektedir (Kakaboura ve ark. 2007). Mekanik profilometrelere kıyasla daha hızlı ölçüm yapması, yüksek çözünürlük göstermesi ve incelenen yüzeyde deformasyon oluşturmaması gibi avantajları bulunmaktadır (Kakaboura ve ark. 2007).

Yüzey pürüzlülüğü R_a değeri ile belirtilmektedir (İnan ve ark. 2010). R_a değeri, örneklem boyutu içerisinde, ortalama çizgiden artı ve eksi yöndeki yükselti ve çukur ölçülerinin mutlak değerlerinin ortalamasıdır. R_a değeri arttıkça, yüzey pürüzlülüğü de artmaktadır (Zhang ve ark. 2000; Nair ve ark. 2016; Garoushi ve ark. 2018).

2.3.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Taramalı elektron mikroskobu; diş hekimliğinde 1962’li yıllardan beri kullanılan ve materyal yüzeyinin üç boyutlu incelenmesini sağlayan mikroskoptur (Paradella ve Bottino 2012).

Taramalı elektron mikroskopunda (SEM) görüntü elde edilme aşamaları:

- Yüksek voltaj yardımıyla hızlandırılmış elektronların incelencek örnek yüzeyine odaklanması
- Hızlandırılmış elektronların incelencek örnek yüzeyinde taratılması sırasında örneğe ait atomlar ve elektronlar arasında gerçekleşen etkileşimin uygun algılayıcılar aracılığı ile toplanması
- Oluşan etkileşimin sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra katot ışınları tüpünden geçirilerek ekrana aktarılmasıdır.

Modern taramalı elektron mikroskobu sistemlerinde algılayıcılardan gelen sinyaller dijital sinyallere çevrilip bilgisayar ekranına aktarılmaktadır (Mejia-Olea ve ark. 2014).

Elektron demetinin örnek yüzeyini düzgün bir şekilde taraması ile SEM’de düzgün bir görüntü elde edilebilir. Bu sebeple, incelencek örneklerin katı halde, buharlaşmayan, iletken ve temiz bir yüzeye sahip olmaları önemlidir. Tümüyle yalıtkan veya yapısında yalıtkan bölümler içeren örnekler incelenmeden önce iletken bir tabaka ile örtülmelidir. Bu iletken tabaka; fotografik ayrıntıları saklamadan orijinal hallerinde görülmelerine imkan sağlayacak kadar ince, soğurulan elektronları rahatlıkla toprağa aktarabilecek kadar kalın ve kesintisiz olmalıdır (Mejia-Olea ve ark. 2014).

Odak derinliği, taramalı elektron mikroskopunu diğer mikroskoplardan ayıran en önemli özelliğidir ve topografik ayrıntılar görüntülenirken bu özellikten faydalanılmaktadır. SEM’in odak derinliğinin ışık mikroskobundan 300 kat fazla ve net görme oranının 20 ile 100.000 arasında olduğu belirtilmektedir (Kapakin 2006).

SEM’in avantajları; odak derinliği, yüzey özelliklerinin ayrıntılı olarak analizine olanak tanınması, görüntü ve analizi birleştirme özellikleri olarak tanımlanabilmektedir. Bu avantajlar nedeniyle SEM diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Nicolae ve Amariei 2011; Moreira ve ark. 2020).

SEM ile incelenen örneklerin yüzey özellikleri doğru olarak görüntülenebilmekte, diğer yöntemler ile çok süre alabilecek ayrıntılı veri toplama işlemleri ve değerlendirmeler bu yöntem ile otomatik olarak çok kısa zamanda tamamlanabilmektedir (Paradella ve Bottino 2012; Mejia-Olea ve ark. 2014; Bortolotto ve ark. 2017).



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışması, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı ve İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Nano-Optoelektronik Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.

3.1. Gereç

3.1.1. Örneklerin Hazırlığında Kullanılan Cihaz ve Araçlar

- Işık cihazı (VALO, Ultradent, South Jordan, Utah, ABD)
- Su zımparası (Atlas Su Zımparası, Bursa, Türkiye)
- Cila patı (Diamond R, FGM, Brezilya)
- Etüv (Termal Laboratuvar Aletleri, İstanbul, Türkiye)

3.1.2. Örneklerin Analizinde Kullanılan Cihaz ve Araçlar

- Termalsiklus cihazı (Dentester Salubris Technica, Massachusetts, ABD)
- Çiğneme simülatörü cihazı (S.D Mechatronik Chewing Simulator CS-4, Almanya)
- Vickers sertlik ölçüm cihazı (INNOVATEST TM 400 Series, Hollanda)
- Profilometre cihazı (Taylor Hobson S25 Surtronic Profilometer, İngiltere)
- Elektronik analitik tartı cihazı (Densi HZY 2200, Türkiye)
- Taramalı Elektron Mikroskobu (Versa 3D, FEI, Oregon, ABD)

3.1.3. Çalışmada Kullanılan Materyaller

3.1.3.1. Fissür Örtücü Materyaller

Bu çalışmada, amorf kalsiyum fosfat (ACP) içerikli fissür örtücü Aegis (Bosworth Company, ABD), giomer (S-PRG) içerikli fissür örtücü BeautiSealant (BS; Shofu Inc., Kyoto, Japonya), rezin içerikli fissür örtücü Clinpro Sealant (3M ESPE,

ABD) ve hidrofilik fissür örtücü UltraSeal XT® Hydro™ (Ultradent, South Jordan, ABD) kullanıldı (Tablo 3-1, Şekil 3-1).

Tablo 3-1. Çalışmada kullanılan fissür örtücü materyaller ve içerikleri

Materyal	Üretici Firma	İçerik	Lot No
Aegis 	Bosworth, ABD	ACP, UDMA, mono ve di-metakrilat, Modifiye-Bis-GMA %38,5 inorganik doldurucu	17B152B
BeautiSealant® 	Shofu, Kyoto, Japonya	S-PRG partikülleri, fluoroboroaluminosilikat cam, silika, UDMA, TEGDMA	022001
Clinpro™ Sealant 	3M, St. Paul, Minnesota, ABD	BisGMA, TEGDMA, silan, tetrabutylamonyum tetrafloroborat, hidrokinon, titanyum hidroksit, difenil hekzaflorofosfat, EDMAB	NC93055
UltraSeal XT® hydro™ 	Ultradent, South Jordan, ABD	TEGDMA, DUDMA, metakrilik asit, titanyum dioksit, alüminyum oksit, sodyum monoflorofosfat	BKPD6



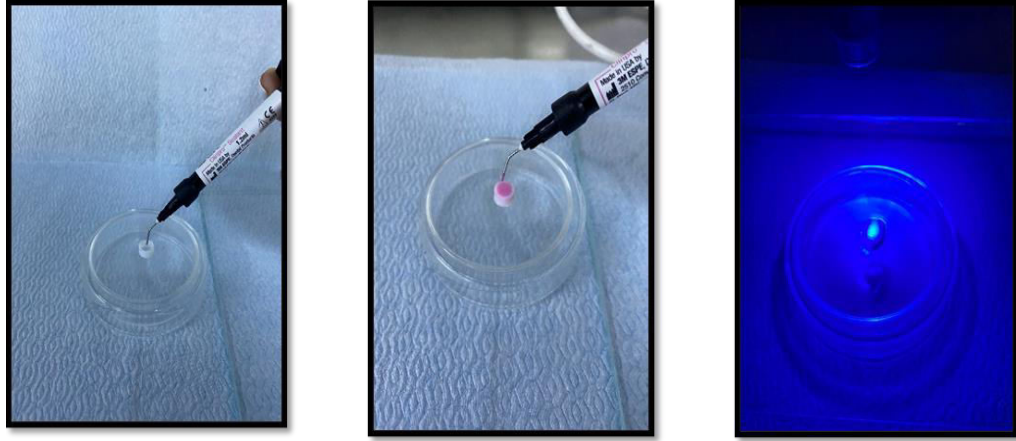
Şekil 3-1. Çalışmada kullanılan fissür örtücü materyaller

3.2. Yöntem

3.2.1. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada disk şeklinde örneklerin oluşturulması için 5 mm çapında ve 3 mm yüksekliğinde hazır silikon kalıplar kullanıldı (Rios ve ark. 2002; Pardi ve ark. 2008; Soliman ve Mohamed 2017; Tekce ve ark. 2017; Pala ve ark. 2016).

Fissür örtücü materyaller düz bir cam plakanın üzerine yerleştirilen silikon kalıplar içerisine üretici firmaların önerilerine göre eşit miktarlarda uygulandı. Kalıpların üst yüzeyine konulan cam plakaya parmakla hafif baskı uygulanarak materyallerin fazlalıkları giderildi. Rezin yapıdaki fissür örtücüler firmaların önerileri doğrultusunda ışık cihazı (VALO, Ultradent, South Jordan, Utah, ABD) ile 20 sn polimerize edildi (Şekil 3-2).



Şekil 3-2. Fissür örtücü örneklerin hazırlanması

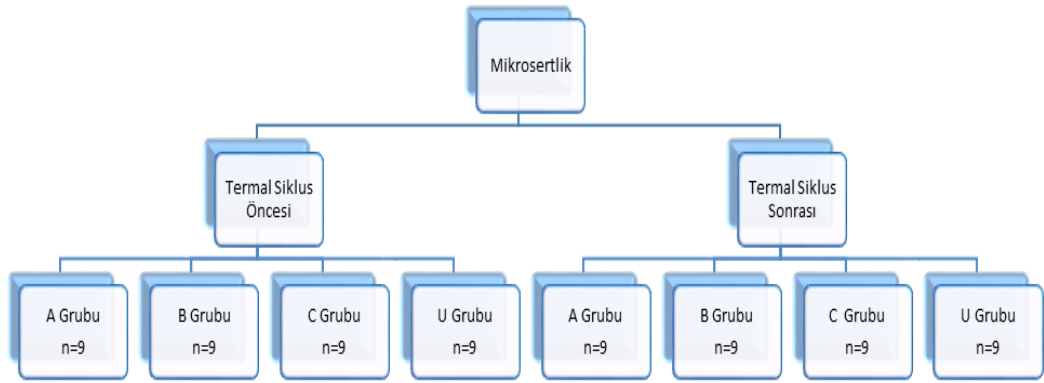
Örneklerin yüzeyleri sırasıyla 600, 800 ve 1200 gritlik su zımparası ile su altında 30 sn zımparalandı, cila patı ile cilalandı ve tüm örnekler 37°C distile su içinde deney gününe kadar bekletildi (Tekce ve ark. 2017; Pala ve ark. 2016).

3.2.2. Deney Gruplarının Oluşturulması

Disk şeklinde hazırlanan deney örnekleri mikrosertlik deneyi, yüzey pürüzlülüğü deneyi, aşınma deneyi ve SEM analizi için gruplandırıldı.

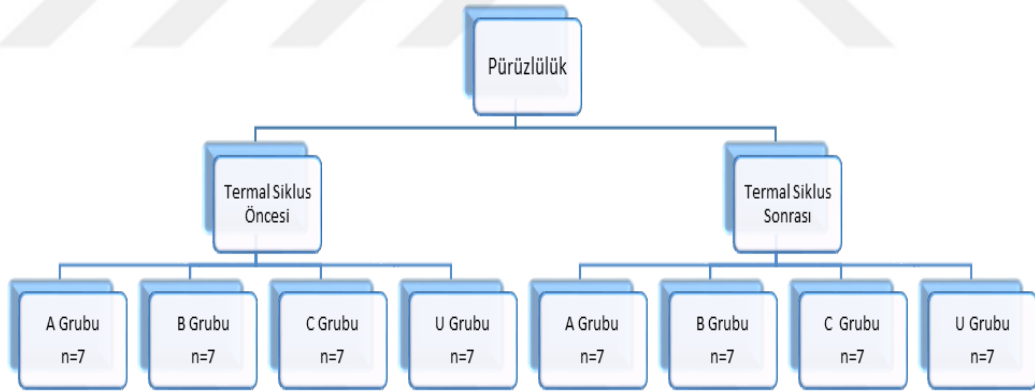
Aegis materyali ile oluşturulan örnekler A Grubu, BeautiSealant materyali ile oluşturulan örnekler B Grubu, Clinpro materyali ile oluşturulan örnekler C Grubu, Ultraseal XT Hydro materyali ile oluşturulan örnekler ise U Grubu olarak tanımlandı.

Mikrosertlik Deney Grubu: Mikrosertlik deneyi için her fissür örtücü materyalinden 9’ar adet disk şeklinde örnek oluşturuldu. 36 örneğin mikrosertlik değerleri termal siklus prosedürü ile yaşlandırılma öncesi ve termal siklus prosedürü ile yaşlandırılma sonrası ölçüldü (Şekil 3-3, Şekil 3-6).



Şekil 3-3. Mikrosertlik deney grubu dizaynı

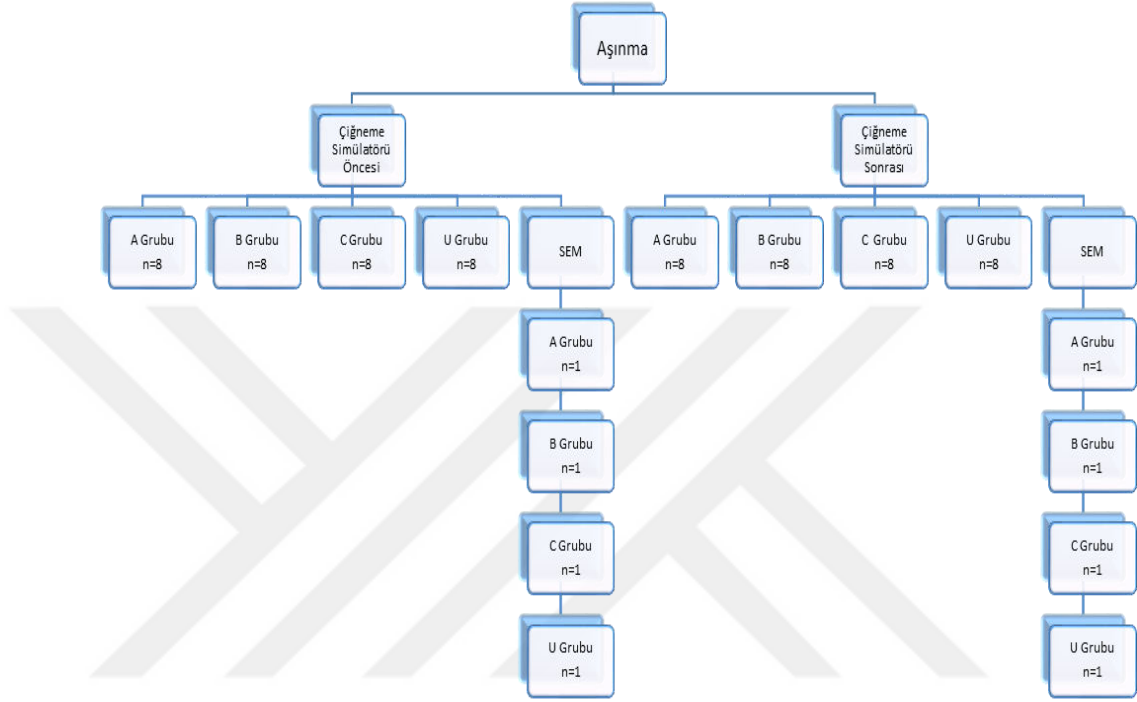
Pürüzlülük Deney Grubu: Pürüzlülük deneyi için her fissür örtücü materyalinden 7’şer adet disk şeklinde örnek oluşturuldu. 28 adet örneğin pürüzlülük değerleri termal siklus prosedürü ile yaşlandırılma öncesi ve termal siklus prosedürü ile yaşlandırılma sonrası ölçüldü (Şekil 3-4, Şekil 3-7).



Şekil 3-4. Pürüzlülük deney grubu dizaynı

Aşınma Deneyi Grubu: Aşınma deneyi için her fissür örtücü materyalinden 8’er adet disk şeklinde örnek oluşturuldu. 32 adet örneğin ağırlıkları çiğneme simülatörü prosedürü ile yaşlandırılma öncesi ve çiğneme simülatörü prosedürü ile yaşlandırılma sonrası ölçüldü (Şekil 3-5, Şekil 3-8).

SEM Analizi Grubu: Aşınma deneyi sonrası her deney grubundan rastgele seçilen 1'er örneğin yüzey topografisi Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile incelendi (Şekil 3-5, Şekil 3-9).



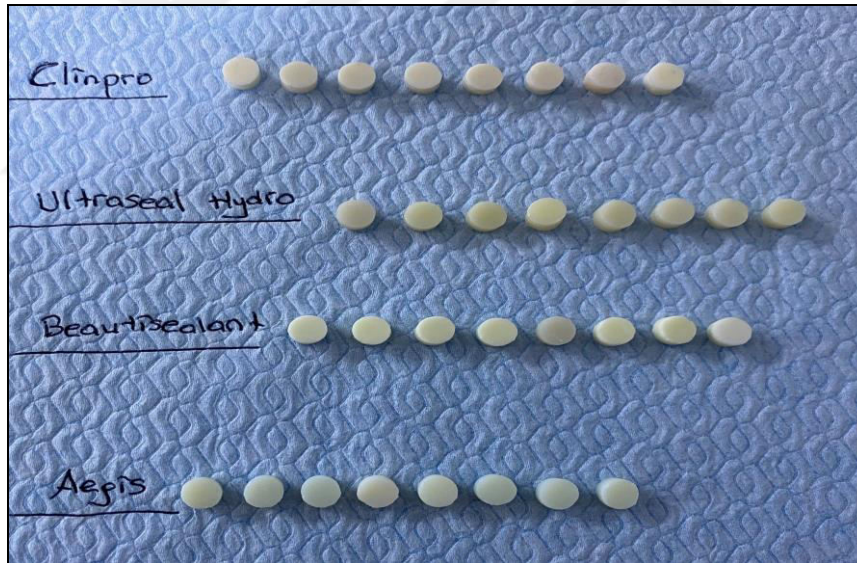
Şekil 3-5. Aşınma deney grubu dizaynı



Şekil 3-6. Mikrosertlik deneyi örnekleri



Şekil 3-7. Pürüzlülük deneyi örnekleri



Şekil 3-8. Aşınma deneyi örnekleri



Şekil 3-9. SEM analizi örnekleri

3.2.3. In-Vitro Deneylerin Uygulanması

Çalışmada in-vitro deneyler İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında, SEM analizi İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Nano-Optoelektronik Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi.

3.2.3.1. Örneklerin Termal Siklus Prosedürü İle Yaşlandırılması

Örneklere termal siklus prosedürü ağız ortamının taklit edilmesi amacı ile 5-55°C'de, banyoda kalma süresi 20 sn, banyolar arası geçiş süresi 10 sn olmak üzere 10,000 kez tekrarlanarak termal siklus cihazı (Dentester Salubris Technica, Massachusetts, ABD) ile uygulandı (Eliasson ve Dahl 2020; Sulimany ve ark. 2021) (Şekil 3-10).



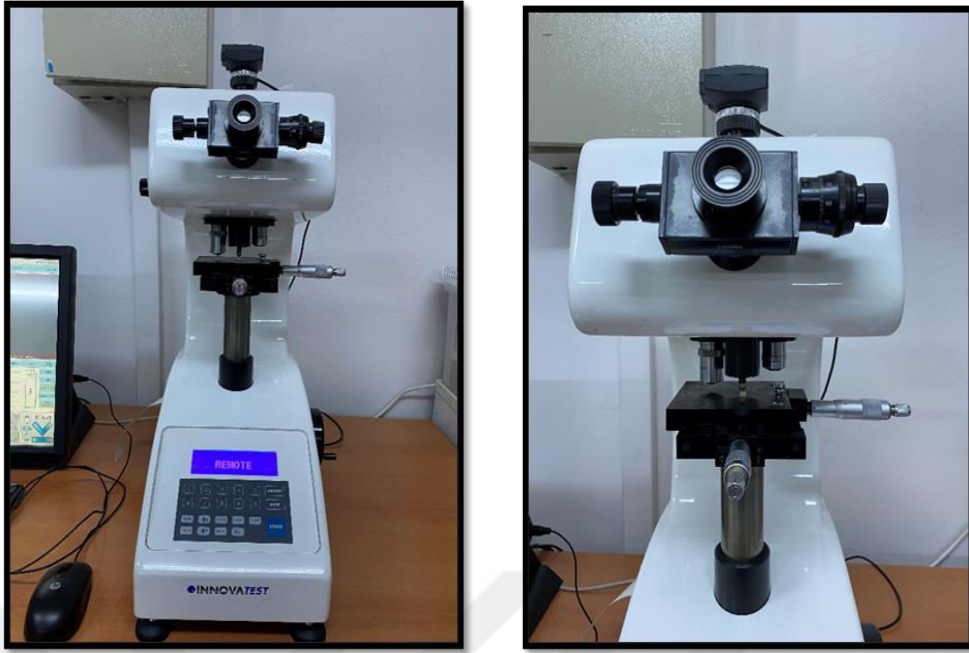
Şekil 3-10. Termal siklus cihazı (Dentester Salubris Technica, Massachusetts, ABD)

3.2.3.2. Mikrosertlik Deneyi

Örneklerin yüzey mikrosertlik değerleri Vickers mikrosertlik test cihazı (INNOVATESTtm 400 Series, Hollanda) kullanılarak ölçüldü (Şekil 3-11).

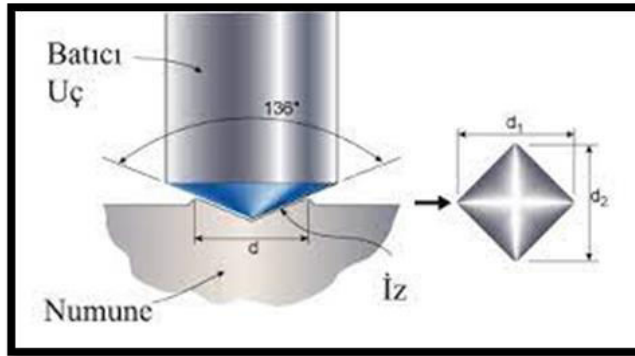
Örneklerde yüzey sertliği, termal siklus prosedürü ile yaşlandırılma öncesi ve sonrası olmak üzere iki kere ölçüldü.

Örneklerin yüzeylerine 15 saniye süre ile 500 gram kuvvet uygulandı; her örnekte 3 kere ölçüm yapıldı ve elde edilen değerlerin ortalaması alındı.

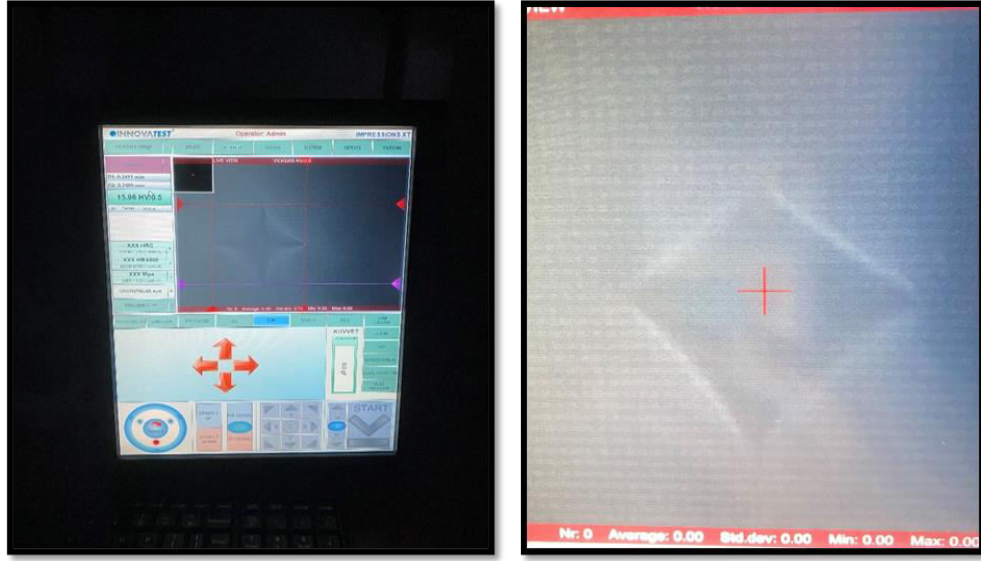


Şekil 3-11. Mikrosertlik test cihazı (INNOVATEST™ 400 Series, Hollanda)

Örneklerde yüzeyde oluşan çentiklerin çaprazlama uzunlukları ölçüldü (Şekil 3-12, Şekil 3-13).



Şekil 3-12. Vickers mikrosertlik ölçüm yöntemi

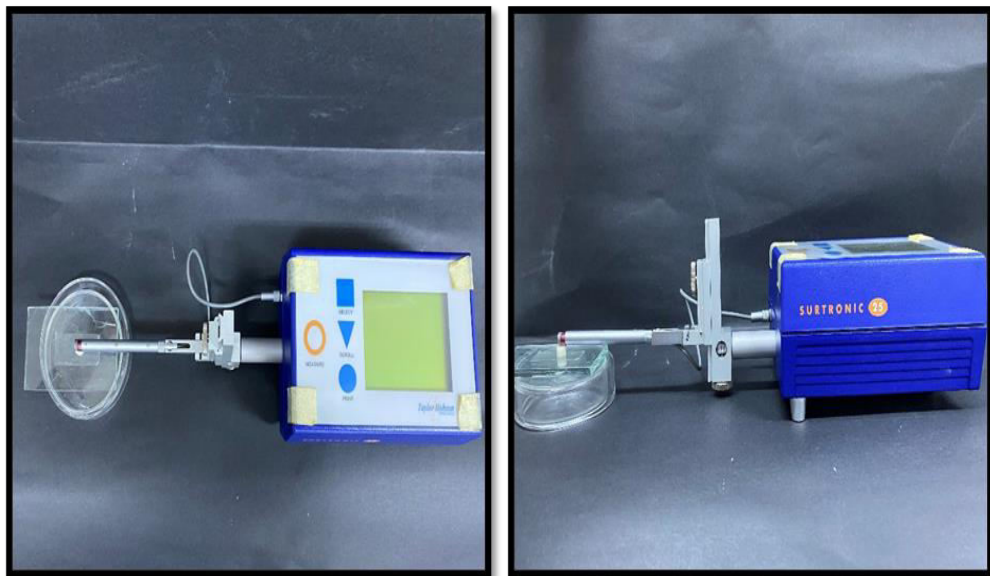


Şekil 3-13. Uygulanan kuvvetin örnekte oluşturduğu izin mikroskop görüntüsü

3.2.3.3. Pürüzlülük Deneyi

Deney örneklerin yüzey pürüzlülük değerleri profilometre cihazı (Taylor Hobson S25 Surtronic Profilometer, İngiltere) ile ölçüldü (Şekil 3-14).

Örneklerin yüzey pürüzlülüğü termal siklus prosedürü ile yaşlandırılma öncesi ve sonrası olmak üzere iki kere ölçüldü.



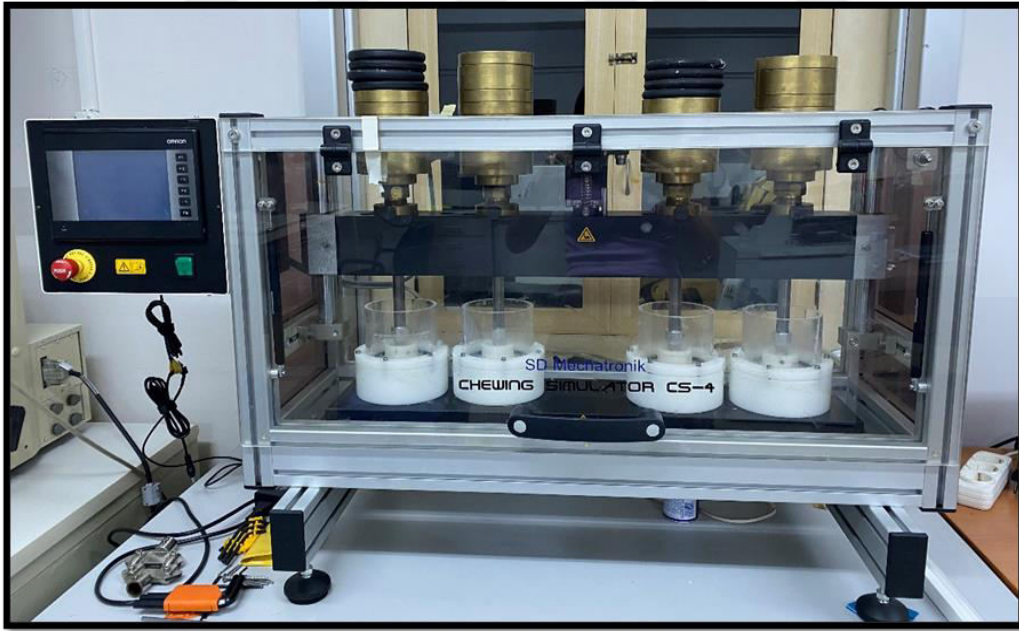
Şekil 3-14. Profilometre (Taylor Hobson S25 Surtronic Profilometer, İngiltere)

3.2.3.4. Örneklerin Çiğneme Simülatörü İle Yaşlandırılması

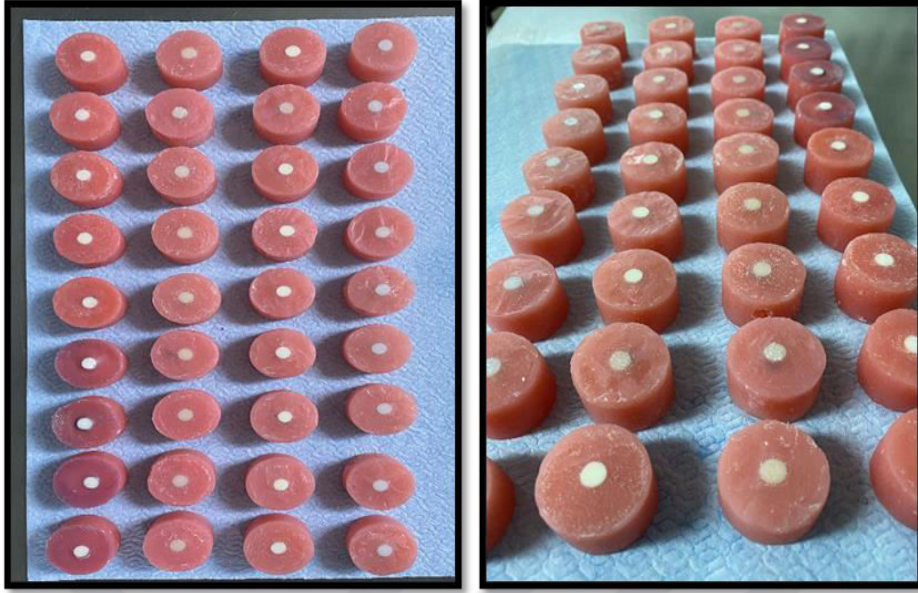
Örneklerde altı aylık süreye denk gelen çiğneme simülasyonu 75.000 kez, 49 N kuvvet altında, 1,6 Hz frekansta ve termal döngü eşliğinde, 1 mm dikey ve 2 mm lateral hareket yapılarak çiğneme simülatörü cihazında (Mechatronik Chewing Simulator CS-4, Almanya) gerçekleştirildi (Tablo 3-2) (Şekil 3-15). Çiğneme simülatöründe örneklerle karşıt aşındırıcı olarak metal uçlar kullanıldı (Şekil 3-16, Şekil 3-17, Şekil 3-18).

Tablo 3-2. Çiğneme simülatörü parametreleri

Soğuk/sıcak banyo ısı değerleri: 5/55	Bekleme süresi: 60 s
Dikey hareket: 1 mm	Yatay hareket: 2 mm
Yükselme hızı: 90 mm/s	İlerleme hızı: 90 mm/s
Azalma hızı: 40 mm/s	Gerileme hızı: 40 mm/s
Frekans: 1,6 Hz	Her örnek için ağırlık: 5 kg
Tork: 2.4 N.m	



Şekil 3-15. Çiğneme simülatörü cihazı (Mechatronik Chewing Simulator CS-4, Almanya)



Şekil 3-16. Çiğneme simülatörü prosedürü için akrilik kalıpta hazırlanan örnekler



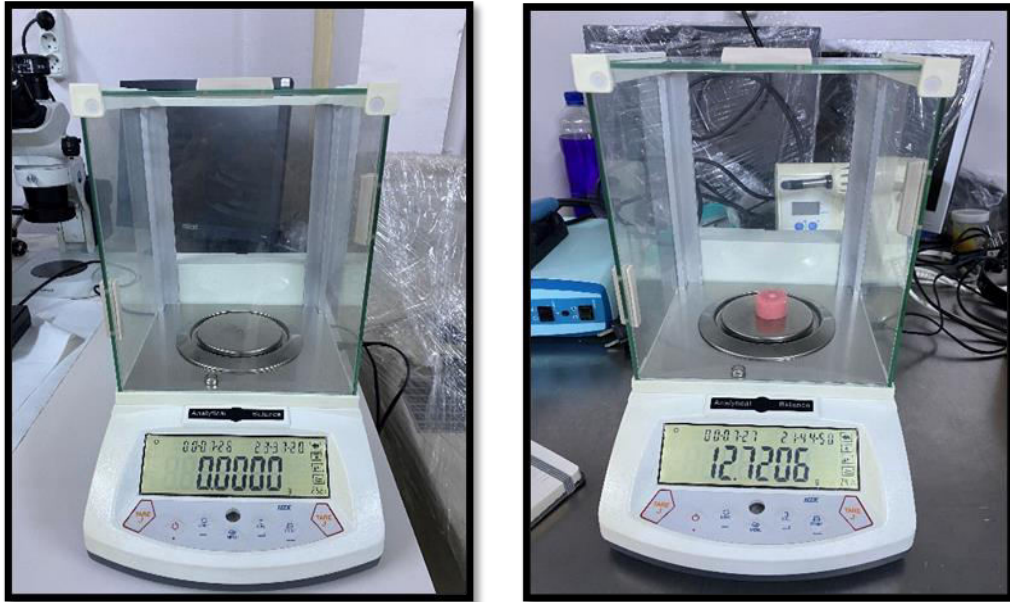
Şekil 3-17. Çiğneme simülatörünün çalışma anı



Şekil 3-18. Çiğneme simülatöründe yaşlandırılan örnekler

3.2.3.5. Aşınma Deneyi

Örneklerin çiğneme simülatörü prosedürü ile yaşlandırılma öncesi ve çiğneme simülatörü prosedürü ile yaşlandırılması sonrası ağırlıkları elektronik analitik tartı (Densi HZY 2200, Türkiye) ile ölçüldü; örneklerde oluşan madde kaybı yaklaşık 0,0001 gram doğruluk ile saptandı.



Şekil 3-19. Elektronik Analitik Tartı (Densi HZY 2200, Türkiye)

3.2.3.6.Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

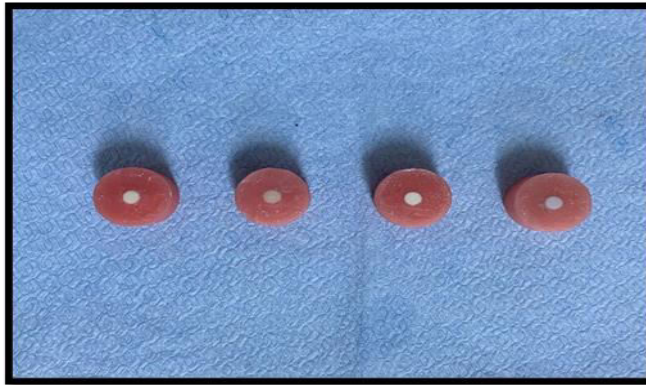
Çiğneme simülatörü ile yaşlandırılma öncesi ve sonrası her deney grubundan 1 örnek rastgele seçildi ve SEM’de (Versa 3D, FEI, Oregon, Amerika) örneklerin yüzey pürüzlülüğü incelendi (Şekil 3-20, Şekil 3-21).

SEM analizi İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü Nano-Optoelektronik Araştırma Laboratuvarı’nda gerçekleştirildi.

SEM prosedürleri 20 kV’lık düşük vakum altında yapıldı ve örneklerden farklı büyütme oranlarında yüzey görüntüleri (x250, x500, x1000) alındı.



Şekil 3-20. SEM (Versa 3D, FEI, Oregon, ABD)



Şekil 3-21. SEM Analizi örnekleri

3.3. İstatistiksel Analiz

Örneklerde yaşlandırma prosedürleri öncesi ve sonrası mikrosertlik deneyi, pürüzlülük deneyi ve aşınma deneyinde elde edilen tüm bulgular istatistiksel olarak IBM SPSS V23 ile analiz edildi.

Normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk testi ile incelendi.

Materyallere göre normal dağılmayan mikrosertlik, pürüzlülük ve fark değerlerinin karşılaştırılmasında Kruskal Wallis testi kullanıldı ve çoklu karşılaştırmalar için Dunn testi kullanıldı.

Materyallere göre normal dağılan ve varyansı homojen olmayan mikrosertlik ve aşınma değişim değerlerinin karşılaştırılmasında Welch testi kullanıldı ve çoklu karşılaştırmalar Tamhane'S T2 testi ile incelendi.

Materyallere göre normal dağılan ve homojen varyansa sahip aşınma değerlerinin karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi kullanıldı.

4. BULGULAR

Bu çalışmada, Aegis (Grup A), BeautiSealant (Grup B), Clinpro (Grup C) ve Ultraseal XT Hydro (Grup U) fissür örtücü gruplarında mikrosertlik, pürüzlülük, aşınma deneylerine ilişkin olarak elde edilen bulgular ve SEM analizi görüntüleri aşağıda belirtilmektedir.

4.1. Mikrosertlik Deneyine İlişkin Bulgular

Fissür örtücü gruplarında termal siklus prosedürü öncesinde ve termal siklus prosedürü sonrasında elde edilen ortalama ve ortanca Vickers mikrosertlik (VHN) değerleri ve bu değerlerin değişim oranları (%) Tablo 4-1’de ve Şekil 4-1’de gösterilmektedir.

Tablo 4-1. Gruplarda termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama ve ortanca VHN değerleri ve değişim oranları (%)

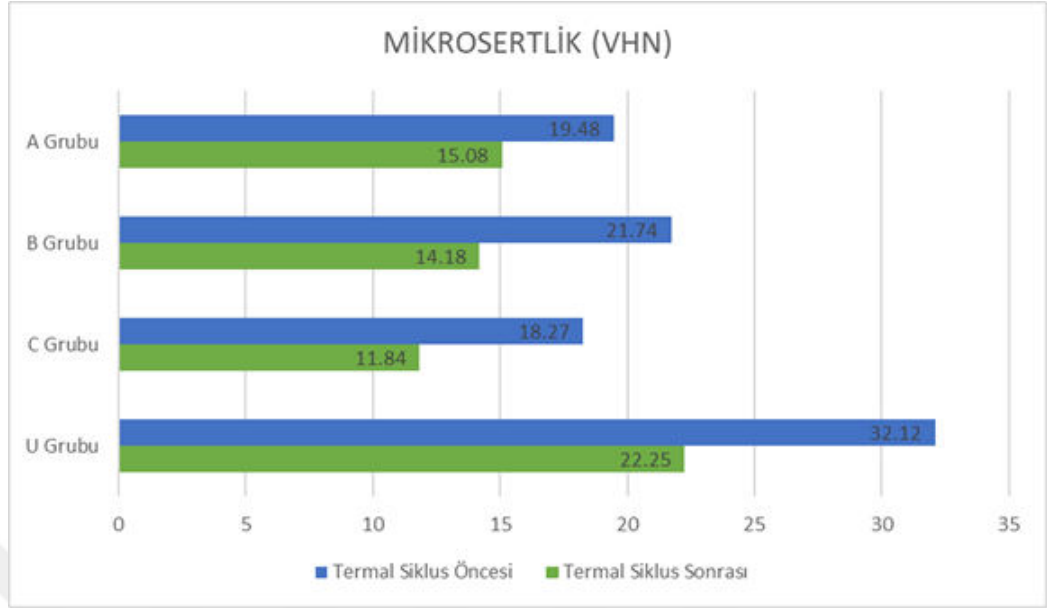
Grup	Termal Siklus Öncesi	Termal Siklus Sonrası	Değişim Oranı (%)
A	19,48 ± 1,18	15,08 ± 1,39	15
	19,53 (17,77 - 21,62) ^{ac}	14,90 (13,05 - 17,62) ^{ab}	
B	21,74 ± 0,60	14,18 ± 0,36	27
	21,61 (20,94 - 22,69) ^{ab}	14,24 (13,60 - 14,57) ^{ac}	
C	18,27 ± 1,24	11,84 ± 0,31	23
	18,68 (16,68 - 19,85) ^c	11,91 (11,19 - 12,13) ^c	
U	32,12 ± 1,91	22,25 ± 0,71	35
	33,05 (27,96 - 33,62) ^b	22,33 (20,67 - 23,20) ^b	

A: Aegis (Bosworth Co., ABD), B: Beautisealant (Shofu Inc., Japonya), C: Clinpro (3M ESPE, ABD),

U: Ultraseal XT Hydro (Ultradent, ABD)

Termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası en yüksek ortalama mikrosertlik değerleri U grubunda, en düşük mikrosertlik değerleri ise C grubunda saptandı.

Termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası ortalama değerlerdeki değişim oranları (%) incelendiğinde, en yüksek değişim oranı U grubunda, en düşük değişim oranı A grubunda bulundu.



Şekil 4-1. Gruplarda termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama Vickers mikrosertlik (VHN) değerleri grafiği

4.1.1. Mikrosertlik Deneyine İlişkin Bulguların İstatistiksel Analizi

Gruplarda termal siklus öncesinde ve sonrasında elde edilen ortalama ve ortanca Vickers mikrosertlik değerlerinin istatistiksel olarak karşılaştırılmaları Tablo 4.2’de belirtilmektedir.

Materyallere göre termal siklus prosedürü öncesi mikrosertlik ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı ($p < 0,001$).

Materyallere göre termal siklus prosedürü sonrası mikrosertlik ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($p < 0,001$).

Tablo 4-2. Gruplarda termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama ve ortanca Vickers mikrosertlik (VHN) değerlerinin istatistiksel karşılaştırılması

Grup	Termal Siklus Öncesi	Termal Siklus Sonrası	Test İstatistiği P
A	19,48 ± 1,18	15,08 ± 1,39	Z=-2,666
	19,53 (17,77 - 21,62) ^{ac}	14,90 (13,05 - 17,62) ^{ab}	0,008
B	21,74 ± 0,60	14,18 ± 0,36	Z=-2,666
	21,61 (20,94 - 22,69) ^{ab}	14,24 (13,60 - 14,57) ^{ac}	0,008
C	18,27 ± 1,24	11,84 ± 0,31	Z=-2,666
	18,68 (16,68 - 19,85) ^c	11,91 (11,19 - 12,13) ^c	0,008
U	32,12 ± 1,91	22,25 ± 0,71	Z=-2,666
	33,05 (27,96 - 33,62) ^b	22,33 (20,67 - 23,20) ^b	0,008
Test istatistiği P	$\chi^2=29,344$ <0,001	$\chi^2=30,099$ <0,001	

X²: Kruskal Wallis test istatistiği, Z: Wilcoxon test istatistiği, a-c: Aynı harfe sahip materyaller arasında fark yoktur, ortalama ± s. sapma, ortanca (minimum – maksimum)

Materyallere göre termal siklus prosedürü öncesi mikrosertlik ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı. Termal siklus prosedürü öncesi; A grubu, B grubu, C grubu, U grubu mikrosertlik ortanca değerleri sırası ile 19.53, 21.61, 18.68, 33.05 olarak elde edildi. En yüksek ortanca mikrosertlik değeri U grubunda, en düşük ortanca mikrosertlik değeri C grubunda elde edildi.

Materyallere göre termal siklus prosedürü sonrası mikrosertlik ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu. Termal siklus prosedürü sonrası; A grubu, B grubu, C grubu, U grubu mikrosertlik ortanca değerleri sırası ile 14.90, 14.24, 11.91, 22.33 olarak belirlendi. En yüksek ortanca değer U grubunda, en düşük ortanca değer C grubunda elde edildi.

A grubunda, B grubunda, C grubunda, U grubunda termal siklus prosedürü öncesi ve termal siklus prosedürü sonrası mikrosertlik ortanca değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptandı (p=0,008).

Fissür örtücü gruplarında termal siklus prosedürü öncesinde ve sonrasında saptanan ortalama ve ortanca mikrosertlik (VHN) değişim değerleri Tablo 4-3 ve Şekil 4-2’de gösterilmektedir.

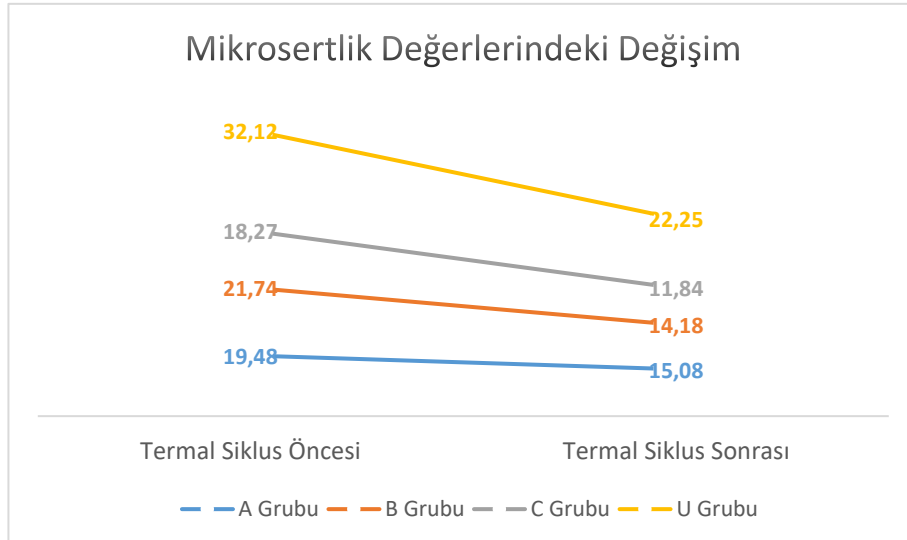
Tablo 4-3. Materyallere göre VHN değişim değerleri ve istatistiksel karşılaştırılması

	A Grubu	B Grubu	C Grubu	U Grubu	Test İstatistiği	P
	4,40±0,46a	7,56 ± 0,54 ^b	6,42±1,19 ^b	9,88 ± 1,46 ^c		
Mikrosertlik	4,41(3,92-	7,57(6,80-	6,55 (4,90-	10,30(7,30-	F=77,032	<0,001
fark değişim	5,20)	8,40)	8,01)	11,36)		

F: Varyans analizi test istatistiği (Welch), a-c: Aynı harfe sahip materyaller arasında fark yoktur, ortalama ± s. sapma, ortanca (minimum – maksimum)

Materyallere göre mikrosertlik ortalama değişim değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($p<0,001$).

A Grubu, B Grubu, C Grubu, U Grubu’nda ortalama VHN değişim değerleri sırası ile $4,40 \pm 0,46$, $7,56 \pm 0,54$, $6,42 \pm 1,19$ ve $9,88 \pm 1,46$ olarak saptandı. En yüksek ortalama değişim değeri U grubunda, en düşük değişim ortalaması A grubunda bulundu.



Şekil 4-2. Gruplarda termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama Vickers mikrosertlik (VHN) değerlerinin değişimi

4.2. Pürüzlülük Deneyine İlişkin Bulgular

Fissür örtücü gruplarında termal siklus prosedürü öncesi ve termal siklus prosedürü sonrası elde edilen ortalama ve ortanca pürüzlülük değerleri (μm) ve değişim oranları (%) Tablo 4-4’de ve Şekil 4.3’de gösterilmektedir.

Tablo 4-4. Gruplarda saptanan pürüzlülük değerleri (μm) ve değişim oranları (%)

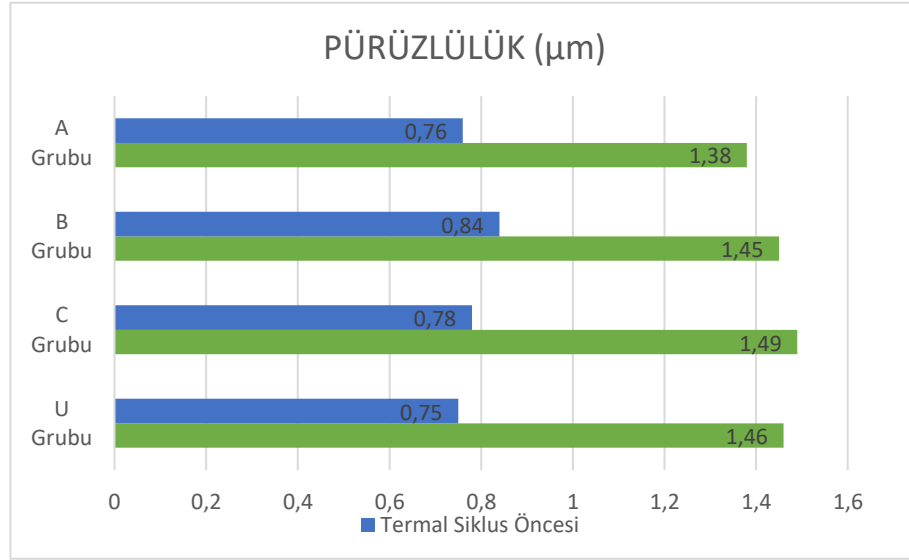
Grup	Termal Siklus Öncesi	Termal Siklus Sonrası	Değişim Oranı (%)
A	$0,76 \pm 0,19$	$1,38 \pm 0,22$	23
	0,73 (0,55 - 1,11)	1,40 (1,03 - 1,71)	
B	$0,84 \pm 0,16$	$1,45 \pm 0,12$	23
	0,78 (0,69 - 1,12)	1,45 (1,25 - 1,58)	
C	$0,78 \pm 0,25$	$1,49 \pm 0,41$	27
	0,79 (0,39 - 1,13)	1,59 (0,63 - 1,81)	
U	$0,75 \pm 0,18$	$1,46 \pm 0,12$	27
	0,83 (0,51 - 0,99)	1,52 (1,31 - 1,59)	

A: Aegis (Bosworth Co., ABD), B: Beautisealant (Shofu Inc., Japonya), C: Clinpro (3M ESPE, ABD), U: Ultraseal XT Hydro (Ultradent, ABD)

Termal siklus prosedürü öncesi en yüksek ortalama pürüzlülük değeri B grubunda, termal siklus prosedürü sonrası en yüksek ortalama pürüzlülük değeri C grubunda bulundu.

Pürüzlülük ortalama değişim oranları incelendiğinde, en yüksek değişim oranlarının C ve U gruplarında, en düşük değişim oranlarının ise A ve B gruplarında olduğu belirlendi.

A grubu, B grubu, C grubu, U grubunda termal siklus öncesi ve sonrası ortanca değerleri sırası ile 0.73 - 1.40, 0.78 - 1.45, 0.79 - 1.59 ve 0.83 - 1.52 olarak saptandı.



Şekil 4-3. Gruplarda termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama pürüzlülük (μm) değerleri grafiği

4.2.1. Pürüzlülük Deneyine İlişkin Bulguların İstatistiksel Analizi

Gruplarda termal siklus prosedürü öncesinde ve sonrasında saptanan ortalama pürüzlülük (μm) değerlerinin istatistiksel karşılaştırılması Tablo 4-5'te görülmektedir.

Materyallere göre termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası pürüzlülük ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı.

A grubunda, B grubunda, C grubunda, U grubunda termal siklus prosedürü öncesi ve termal siklus prosedürü sonrası pürüzlülük değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptandı ($p=0,018$).

Tablo 4-5. Gruplarda termal siklus prosedürü öncesi ve sonrası saptanan pürüzlülük değerlerinin (μm) istatistiksel karşılaştırılması

Grup	Termal Siklus Öncesi	Termal Siklus Sonrası	Test İstatistiği P
A	$0,76 \pm 0,19$	$1,38 \pm 0,22$	$Z=-2,366$
	$0,73 (0,55 - 1,11)$	$1,40 (1,03 - 1,71)$	0,018
B	$0,84 \pm 0,16$	$1,45 \pm 0,12$	$Z=-2,366$
	$0,78 (0,69 - 1,12)$	$1,45 (1,25 - 1,58)$	0,018
C	$0,78 \pm 0,25$	$1,49 \pm 0,41$	$Z=-2,366$
	$0,79 (0,39 - 1,13)$	$1,59 (0,63 - 1,81)$	0,018
U	$0,75 \pm 0,18$	$1,46 \pm 0,12$	$Z=-2,366$
	$0,83 (0,51 - 0,99)$	$1,52 (1,31 - 1,59)$	0,018
Test istatistiği	$\chi^2=1,071$	$\chi^2=3,524$	
P	0,784	0,318	

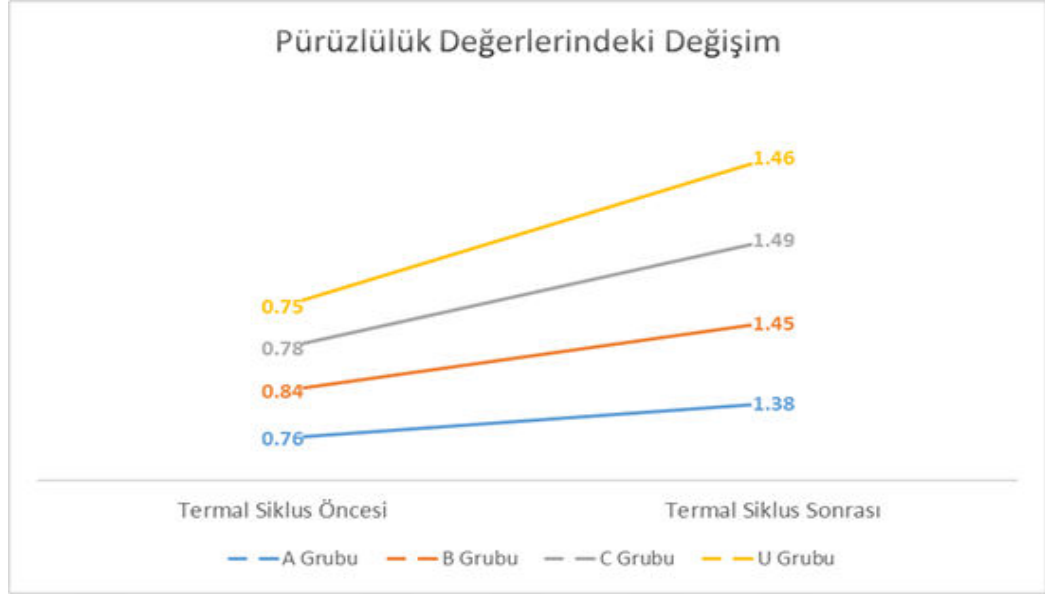
χ^2 : Kruskal Wallis test istatistiği, Z: Wilcoxon test istatistiği, a-c: Aynı harfe sahip materyaller arasında fark yoktur, ortalama $\pm$ s. sapma, ortanca (minimum – maksimum)

Materyallere göre termal siklus prosedürü öncesi ve termal siklus prosedürü sonrası pürüzlülük değerlerinin değişimleri Tablo 4-6 ve Şekil 4-4’de görülmektedir. Materyallere göre pürüzlülük değişim değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı.

Tablo 4-6. Materyallere göre pürüzlülük değişim değerleri ve istatistiksel karşılaştırılması

	A Grubu	B Grubu	C grubu	U Grubu	Test İstatistiği	p
Pürüzlülük	$-0,62 \pm 0,13$	$-0,60 \pm 0,18$	$-0,71 \pm 0,22$	$-0,71 \pm 0,22$	$\chi^2=3,355$	0,340
fark değişim	$-0,61$ $(0,80-0,47)$	$-0,61$ $(0,85-0,31)$	$-0,80 (0,89-$ $0,25)$	$-0,71$ $(1,05-0,32)$		

χ^2 : Kruskal Wallis test istatistiği, ortalama $\pm$ s. sapma, ortanca (minimum – maksimum)



Şekil 4-4. Gruplarda termal siklus öncesi ve sonrası saptanan ortalama pürüzlülük değerlerinin değişimi

4.3. Aşınma Deneyine İlişkin Bulgular

Gruplarda çigneme simülatörü prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama ve ortanca ağırlık değerleri (gr) ve ağırlık değişim oranları (%) Tablo 4.7 ve Şekil 4.5’de belirtilmektedir.

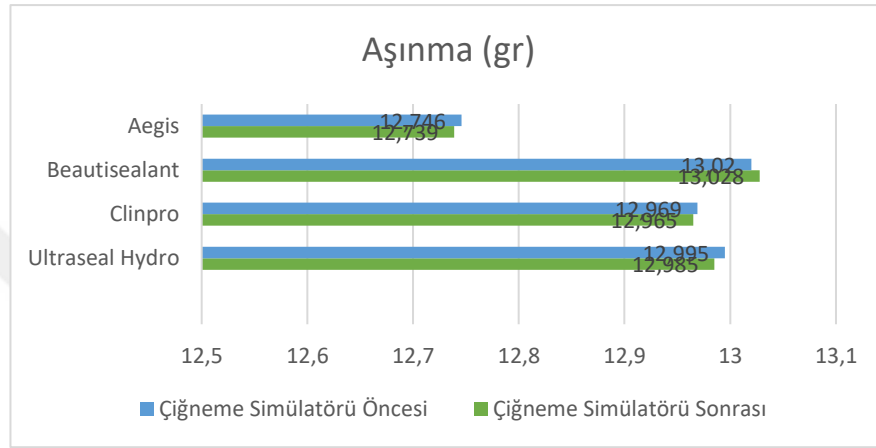
Tablo 4-7. Gruplarda çigneme simülasyonu öncesi ve sonrası saptanan ortalama/ortanca ağırlık değerleri (gr) ve değişim oranları (%)

Grup	Çigneme S. Öncesi	Çigneme S. Sonrası	Değişim Oranı (%)
A	12,746 ± 0,484	12,739 ± 0,484	24
	12,521 (12,16 - 13,54)	12,513 (12,16 - 13,53)	
B	13,028 ± 0,596	13,02 ± 0,596	28
	13,226 (12,05 - 13,98)	13,218 (12,05 - 13,97)	
C	12,969 ± 0,645	12,965 ± 0,645	14
	12,913 (12,17 - 14,14)	12,908 (12,16 - 14,14)	
U	12,995 ± 0,905	12,985 ± 0,905	34
	12,917 (11,25 - 14,08)	12,908 (11,24 - 14,07)	

A: Aegis (Bosworth Co.,ABD), B: Beautisealant (Shofu Inc.,Japonya), C: Clinpro (3M ESPE, ABD), U: Ultraseal XT Hydro (Ultradent, ABD)

Çiğneme simülasyonu prosedürü öncesinde ve sonrasında en yüksek ortalama ağırlık değerleri B grubunda, en düşük ağırlık değerleri A grubunda saptandı.

Çiğneme simülasyonu prosedürü öncesi ve sonrasında ortalama ağırlık değerlerindeki değişim oranları (%) incelendiğinde, en yüksek değişim oranı U grubunda, en düşük değişim oranı C grubunda bulundu.



Şekil 4-5. Graplarda çiğneme simülasyonu öncesi ve sonrası saptanan ortalama ağırlık değerleri (gr) grafiği.

4.3.1. Aşınma Deneyine İlişkin Bulguların İstatistiksel Analizi

Gruplarda aşınma deneyine ilişkin elde edilen bulguların istatistiksel analizi Tablo 4-8’de, materyallere göre aşınma değişim değerlerinin karşılaştırılması Tablo 4-9’da, çiğneme simülatörü ile yaşlandırma prosedürü öncesinde ve sonrasında saptanan ortalama ağırlık değerlerinin değişimi Şekil 4-6’da görülmektedir.

Tablo 4-8. Gruplarda çiğneme simülasyonu öncesi ve sonrası saptanan ortalama / ortanca ağırlık (gr) değerlerinin istatistiksel karşılaştırılması

Grup	Çiğneme S. Öncesi	Çiğneme S. Sonrası	Test İstatistiği P
A	12,746 ± 0,484 12,521 (12,16 - 13,54)	12,739 ± 0,484 12,513 (12,16 - 13,53)	t=14,426 <0,001
B	13,028 ± 0,596 13,226 (12,05 - 13,98)	13,02 ± 0,596 13,218 (12,05 - 13,97)	t=38,834 <0,001
C	12,969 ± 0,645 12,913 (12,17 - 14,14)	12,965 ± 0,645 12,908 (12,16 - 14,14)	t=21,172 <0,001
U	12,995 ± 0,905 12,917 (11,25 - 14,08)	12,985 ± 0,905 12,908 (11,24 - 14,07)	t=50,328 <0,001
Test istatistiği P	F=0,288 ^b 0,833	F=0,286 ^b 0,835	

^aF: Varyans analizi test istatistiği (Welch), ^bF: Varyans analizi test istatistiği, t : Eşli iki örnek t test istatistiği, a-c: Aynı harfe sahip materyaller arasında fark yoktur, ortalama ± s. sapma, ortanca (minimum – maksimum)

Materyallere göre çiğneme simülasyonu öncesi saptanan ağırlık ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p>0,05).

Materyallere göre çiğneme simülasyonu sonrası saptanan ağırlık ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p>0,05).

A grubunda, B grubunda, C grubunda, U grubunda çiğneme simülasyonu öncesi ve sonrası ağırlık ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptandı (p<0,001).

Materyallere göre çiğneme simülatörü prosedürü öncesi ve çiğneme simülatörü prosedürü sonrası aşınma değerlerinin değişimleri Tablo 4-9 ve Şekil 4-6'da görülmektedir.

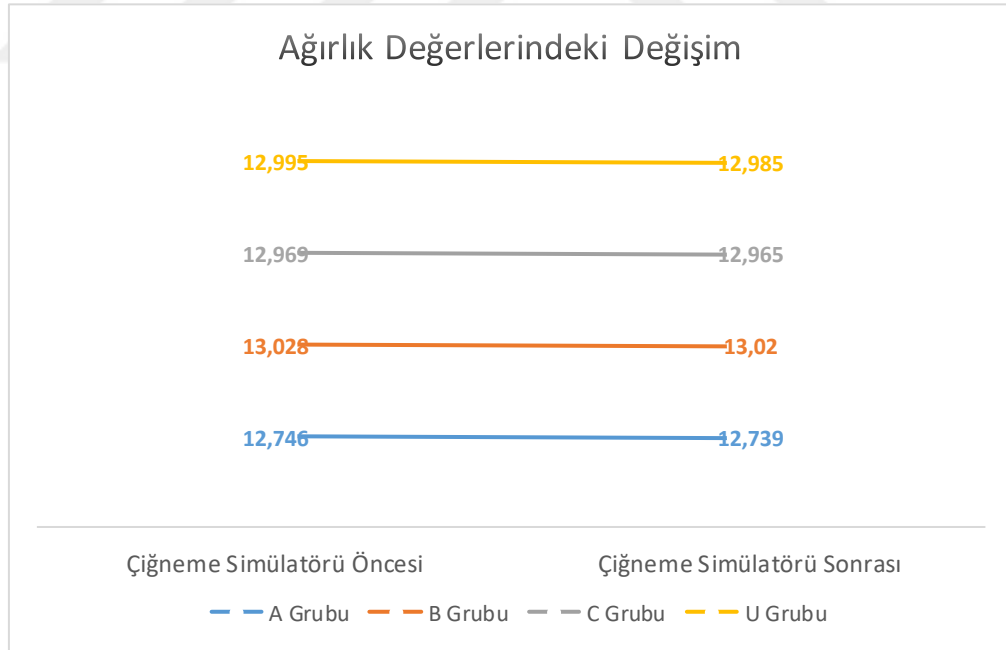
Tablo 4-9. Materyallere göre aşınma değişim değerleri ve istatistiksel karşılaştırılması

	A grubu	B grubu	C grubu	U grubu	Test İstatistiği	P
Ağırlık değişimi	0,0068±0,0013a (0,0069 (0,0000-0,0100))	0,0081±0,0006a (0,0081 (0,0100-0,0100))	0,0041±0,0006 c 0,0040 (0,0000-0,0000)	0,0097±0,0003b (0,0098 (0,0100-0,0100))	F= 184,558 ^a	<0,001

^aF: Varyans analizi test istatistiği (Welch), ^bF: Varyans analizi test istatistiği, a-c: Aynı harfe sahip materyaller arasında fark yoktur, ortalama ± s. sapma, ortanca (minimum – maksimum)

Materyallere göre ağırlık ortalama değişim değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ($p < 0,001$).

C grubunda ağırlık değişim ortalaması diğer materyallerin ağırlık değişim ortalamalarından düşük, U grubunda ağırlık değişim ortalaması diğer gruplardaki ağırlık değişim ortalamalarından yüksek olarak saptandı.

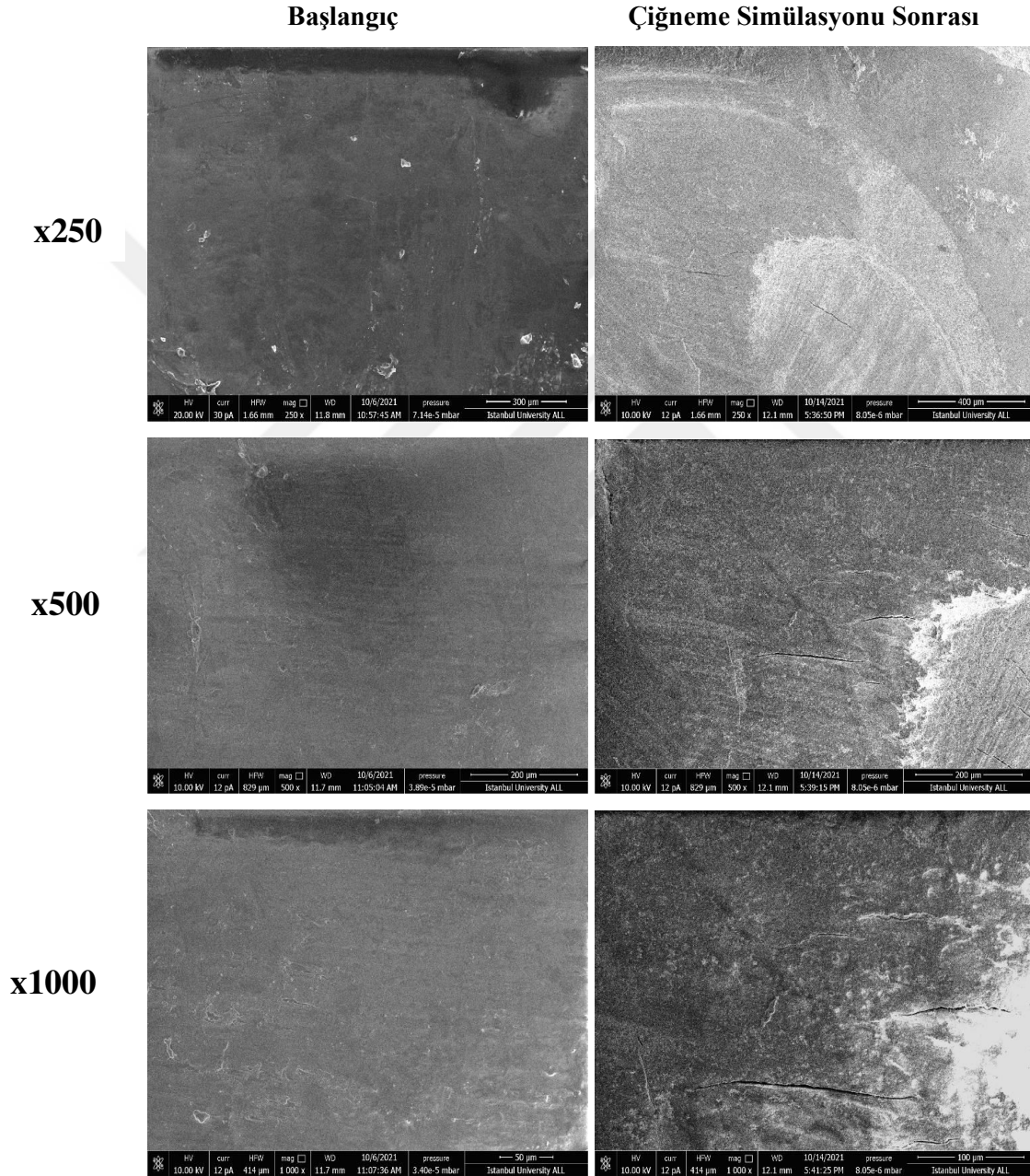


Şekil 4-6. Gruplarda çiğneme simülatörü prosedürü öncesi ve sonrası saptanan ortalama ağırlık değerlerinin değişimi.

4.4. SEM Analizi

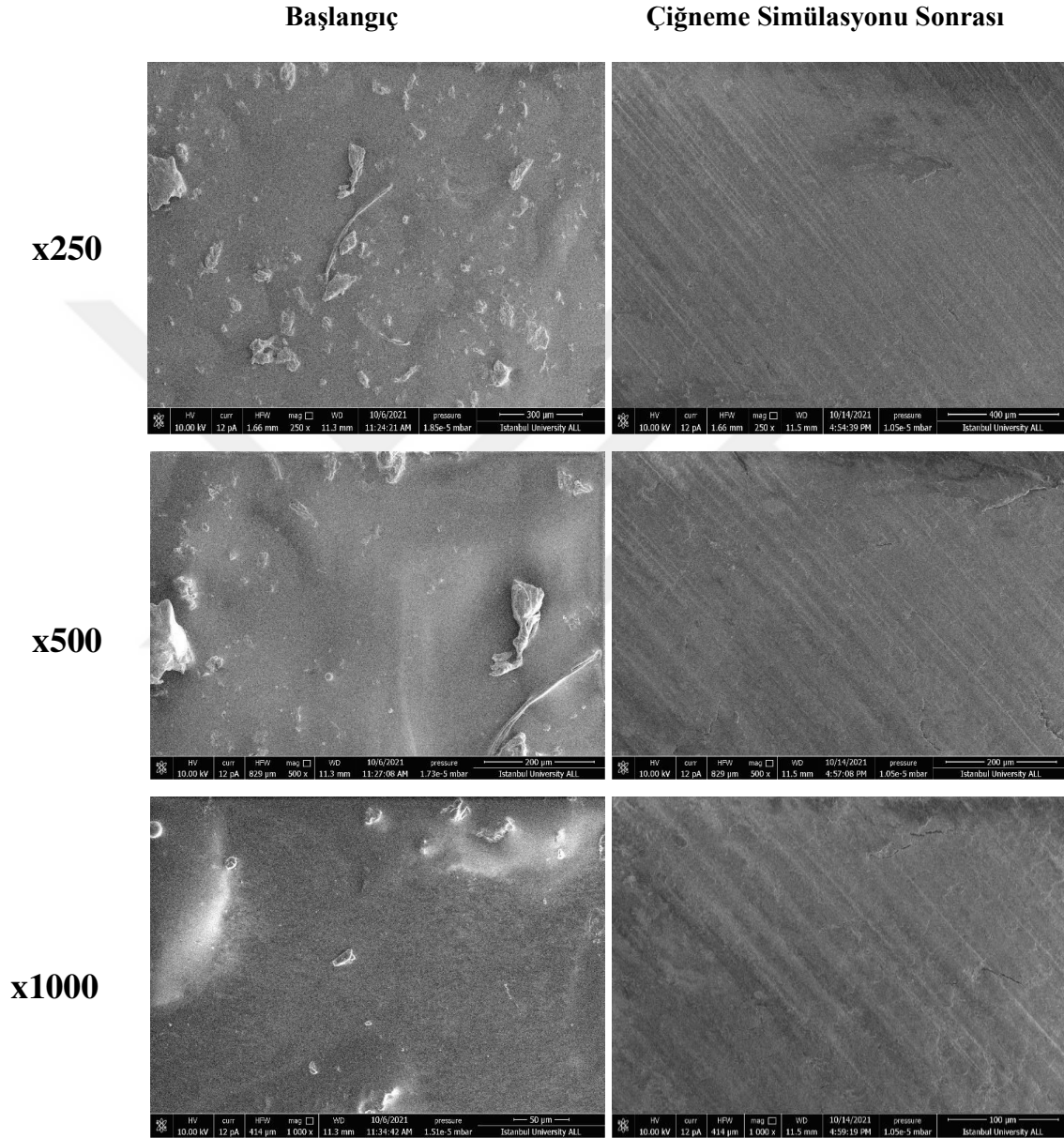
4.4.1. Grup Örneklerinin SEM Görüntüleri

Başlangıç ve çiğneme simülatörü prosedürü sonrası A Grubuna ilişkin bir örnek yüzeyinin x250, x500 ve x1000 büyütme oranlarında taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntülenmesi Şekil 4-7’de görülmektedir.



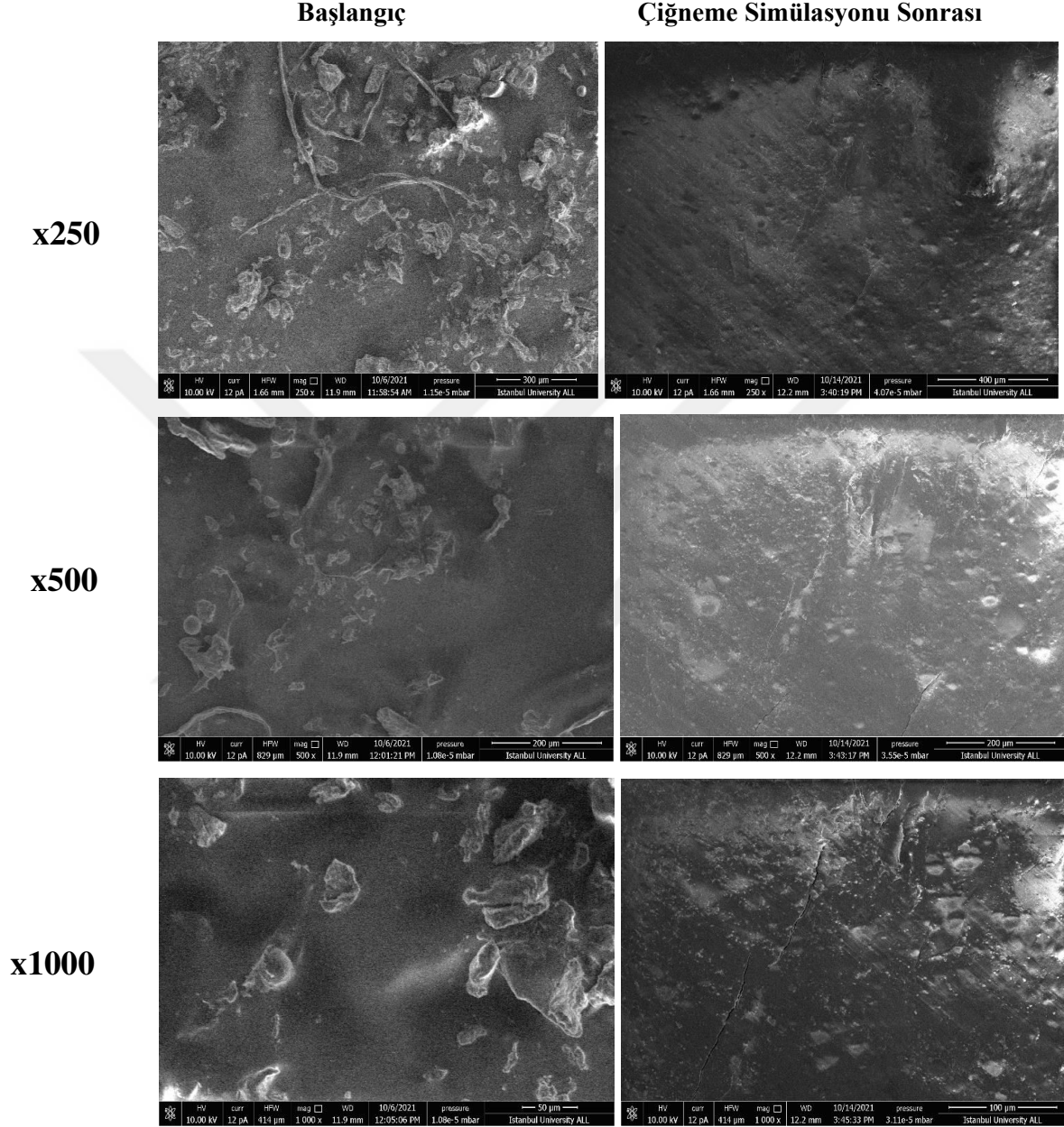
Şekil 4-7. A grubuna (Aegis) ilişkin bir örneğin başlangıç ve çiğneme simülasyonu sonrası SEM görüntüleri (x250, x500, x1000).

Başlangıç ve çiğneme simülâtörü prosedürü sonrası B Grubuna (Beautisealant) ilişkin bir örnek yüzeyinin x250, x500 ve x1000 büyütme oranlarında taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntülenmesi Şekil 4-8’de gözlenmektedir.



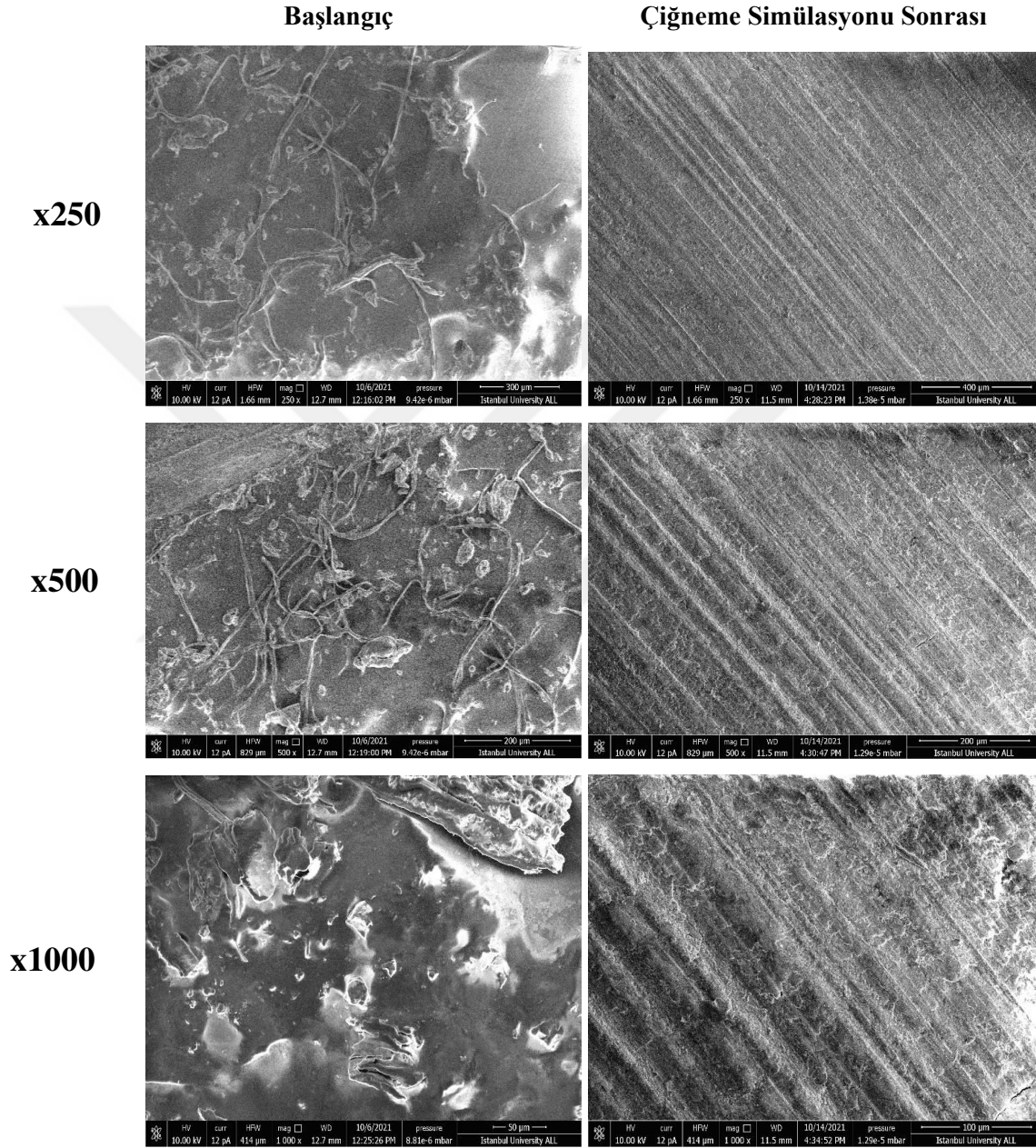
Şekil 4-8. B Grubuna (Beautisealant) ilişkin bir örneğin başlangıç ve çiğneme simülasyonu sonrası SEM görüntüleri (x250, x500, x1000).

Başlangıç ve çiğneme simülasyonu prosedürü sonrası C Grubuna (Clinpro Sealant) ilişkin bir örnek yüzeyinin x250, x500 ve x1000 büyütme oranlarında taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntülenmesi Şekil 4-9'da görülmektedir.



Şekil 4-9. C grubuna (Clinpro) ilişkin bir örneğin başlangıç ve çiğneme simülasyonu sonrası SEM görüntüleri (x250, x500, x1000).

Başlangıç ve çığneme simülasyonu prosedürü sonrası U Grubuna (Ultraseal XT Hydro) ilişkin bir örnek yüzeyinin x250, x500 ve x1000 büyütme oranlarında taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntülenmesi Şekil 4-10'da görülmektedir.



Şekil 4-10. U Grubuna (Ultraseal XT Hydro) ilişkin bir örneğin başlangıç ve çığneme simülasyonu sonrası SEM görüntüleri (x250, x500, x1000).

4.4.2. Grup Örneklerine İlişkin SEM Görüntülerinin Analizi

Grup örneklerinin yüzey topografilerin SEM ile incelenmesinde, çigneme simülasyonu öncesi en pürüzsüz ve homojen görüntülerin A grubunda olduğu gözlemlendi. C ve U grubunda partiküllerin heterojen ve büyük yapıda olduğu görüldü.

Çigneme simülasyonu sonrası örnek yüzeylerinin SEM analizinde, fissür örtücü materyallerine ilişkin olarak saptanan aşınma dirençleri ve pürüzlülük değerlerinin SEM görüntüleri ile uyumlu olduğu görüldü.

Çigneme simülatörü prosedüründen önce tüm fissür örtücü gruplarında partikül görünüşleri izlenirken çigneme simülasyonu prosedürü sırasında uygulanan yatay ve dikey kuvvetlerin örnekler üzerinde gerçekleştirdiği aşınma ile tüm gruplarda partikül görünüşlerinin azaldığı ve partiküllerin yer değişimine bağlı olarak yüzeylerin başlangıç görüntülerine göre daha düzensiz olduğu gözlemlendi.

Çigneme simülasyonu sonrası tüm fissür örtücü materyallerde çatlak ve yarıkların oluştuğu; bu değişikliklerin ise en fazla sırası ile C, A, U ve B grubu materyal örneklerinde oluştuğu görüldü.

5. TARTIŞMA

Çocuk diş hekimliğinde, diş çürüğü oluşmasında rol oynayan faktörlere karşı etkili koruyucu önlemlerin geliştirilmesi ve uygulanması büyük önem taşımaktadır. Çocuklarda dişlerin uzun dönemde sağlıklı olarak korunabilmesi için çürük oluşumunda rol oynayan faktörlerin kontrol edilmesine ilişkin uygulamaların artırılması ve diş çürüklerinin önlenmesi amacı ile uygulanan koruyucu tedavilerin restoratif tedavilere kıyasla oluşturduğu avantajlar günümüzde önemle vurgulanmaktadır (Kashbour ve ark. 2020; Li ve ark. 2020; AAPD 2021; Pitts ve ark. 2021).

Çürükten etkilenen diş yüzeylerinin %85'ten fazlasının oklüzal yüzeylerde görülmesinin dişlerin pit-fissürlerinin karmaşık morfolojisinden kaynaklanabildiği bildirilmektedir. Fluorid uygulamalarının ve ağız-diş sağlığı eğitimlerinin oklüzal çürüklerinin engellenmesinde yeterli olamaması fissür örtücü materyallerinin kullanımını yaygınlaştırmıştır (Li ve ark. 2020). Fissür örtücü uygulamalarının oklüzal çürükleri önlemedeki etkinliğinin yüksek olması, farklı içerikli ve özellikli fissür örtücü materyallerin geliştirilmesine yönelik çalışmaların artmasına neden olmuştur (Chestnutt ve ark. 2017; Jafarzadeh ve ark. 2022).

Bu tez çalışmasında, çocuk diş hekimliğinde pit ve fissür çürüklerinin önlenmesinde büyük önem taşıyan farklı içerikli fissür örtücü materyallerinin fiziksel özelliklerinin yaşlandırma prosedürleri öncesi ve sonrasında karşılaştırmalı olarak incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Günümüzde, rezin içerikli ve cam iyonomer içerikli fissür örtücü materyallerin klinik uygulamalarda en çok kullanılan materyaller olduğu bildirilmektedir. Resin içerikli fissür örtücülerin tutuculuk değerlerinin yüksek olması nedeniyle klinik başarı oranlarının ise yüksek olduğu belirtilmektedir (Naaman ve ark. 2017; Colombo ve ark. 2018; Lam ve ark. 2020).

Resin içerikli ve cam iyonomer içerikli fissür örtücülerin avantajlarının yanı sıra dezavantajlarının bulunduğu ön sürülmesi ile fissür örtücü materyal arayışının devam ettiği ve fissür örtücü materyallerin fiziksel ve klinik özelliklerinin artırılmasına çalışıldığı görülmektedir. Resin ve cam iyonomer içerikli fissür örtücü materyallerin başarılarının artırılması amacı ile yapılan çalışmalar sonucunda geliştirilen giomer

içerikli yeni nesil fissür örtücü materyallerin ise başarı ile kullanılabileceği bildirilmektedir (Kanık ve Türkün 2016; Ei ve ark. 2018; Li ve ark. 2020; Jaafar ve ark. 2020).

Önceden reaksiyona girmiş cam iyonomer olarak tanımlanan PRG (pre-reacted glass ionomer) teknolojisi ile S-PRG (surface pre-reacted glass ionomer) monomerler üretilmiş ve self etch primeri ile dişe bağlanan rezin içerikli fissür örtücü materyal ‘Beautisealant’ kullanıma sunulmuştur (Shimazu ve ark. 2011). Bu materyalin self etch primeri ile diş dokusuna bağlanması nedeniyle asitleme ve yıkama işlemlerini gerektirmemesi, içerdiği S-PRG monomerleri ile florid salınımı yaparak çürük önleyici etki göstermesi avantajları olarak bildirilmiştir (Ntaoutidou ve ark. 2018). Fernández-Barrera ve ark., S-PRG içerikli Beautisealant ve rezin içerikli Clinpro fissür örtücü materyallerinin çürük riskini önleme kapasitelerini 1.büyük azı dişlerinde değerlendirmişler ve 6 ay sonunda Clinpro materyalinin retansiyon ve çürük riskini önleme açısından Beautisealant’a göre daha başarılı bulunduğunu bildirmişlerdir (Fernández-Barrera ve ark. 2021).

Amorf kalsiyum fosfat (ACP) esaslı dental materyallerin diş dokularını çürükten koruduğunun ve remineralize ettiğinin gösterilmesi sonucu ACP içerikli fissür örtücü materyali ‘Aegis’ geliştirilmiş ve bu materyalin remineralizasyon sağlayabileceği öne sürülmüştür (Zawaideh ve ark. 2016; Utneja ve ark. 2018).

Dental materyallerin nemli diş dokularına bağlanma özelliklerinin artırılmasına ilişkin yapılan çalışmalarda hidrofilik fissür örtücü olarak tanımlanan ‘Ultraseal XT Hydro’ geliştirilmiştir. Ultraseal XT Hydro, nem ile aktivasyonu sağlanan, akrilat bazlı, self-adeziv, hidrofilik bir fissür örtücü olarak tanımlanmaktadır (Brinker 2013). Çalışmalarda materyallerin hidrofilik monomerlerine aseton, etanol gibi çözücüler eklendiğinde materyalin nemli mine yüzeyine daha etkili bağlanma gösterdiği belirtilmektedir (Grandhi ve ark. 2001; Cacciafesta ve ark. 2003). Hidrofilik fissür örtücü materyali olarak geliştirilen Ultraseal XT Hydro materyalinin hidrofilik monomerler içermesine rağmen, aseton veya etanol gibi çözücüler içermediği; bu nedenle, bağlanma yüzeyinde nem tam giderilemediğinden fiziksel özelliklerinde azalma olabileceği belirtilmektedir (Prabakar ve ark. 2018; Veneri ve ark. 2020).

Fissür örtücü materyallerine ilişkin literatürler incelendiğinde, hidrofilik fissür örtücü Ultraseal XT Hydro ve rezin içerikli fissür örtücü Clinpro materyallerini

retansiyon, çürük önleme kapasitesi ve materyal renkleşmesi açısından karşılaştıran bir çalışma saptanmış ve bu çalışmada Clinpro materyalinin retansiyon, çürük önleme ve materyal renkleşmesi açısından Ultraseal XT Hydro materyaline göre daha başarılı bulunduğu bildirilmiştir (Mohapatra ve ark. 2020).

Bu çalışma, rezin içerikli fissür örtücü Clinpro, giomer (S-PRG) içerikli fissür örtücü Beautisealant, amorf kalsiyum fosfat (ACP) içerikli fissür örtücü Aegis ve hidrofilik özellik gösteren fissür örtücü Ultraseal XT Hydro'nun fiziksel yüzey özelliklerine yaşlandırma prosedürlerinin etkisinin karşılaştırılarak incelenmesi ve değerlendirilmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir.

Dental materyallerin özelliklerinin klinik ya da in-vitro koşullarda incelenmesi sonucunda elde edilen bulgular materyal seçiminde ve tedavi başarısında büyük önem taşımaktadır. Ağız ortamında gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen klinik bulgular gerçeğe yakın sonuçlar yansıtabilse de klinik çalışmaların in-vitro çalışmalara göre bazı dezavantajlarının olduğu bildirilmektedir (Moll ve ark. 2004; Yazici ve ark. 2006). Bu dezavantajlar; klinik çalışmalarda termal, kimyasal, mekanik stresler gibi değişkenlerin ağız ortamında standardize edilememesi, uzun çalışma zamanı gerektirmesi, çok sayıda hastaya ve hastaların çalışmaya uyum sağlamasına gereksinim olması, standart ölçümler yapılabilmesi amacı ile diş çekiminin gerekebilmesi, gözlenen bir başarısızlığın materyale ya da ağız koşullarına bağlı olarak oluştuğunun tespit edilememesi olarak belirtilebilmektedir. Bu dezavantajlar göz önünde bulundurulduğunda, in-vitro çalışmaların daha sıklıkla uygulandığı görülmektedir. Değişkenlerin etkisinin ayrı ve hızlı olarak değerlendirilebilmesi ve objektif sonuçlar elde edilebilmesi in-vitro çalışmaların avantajları olarak bildirilmektedir (Van Meerbeek ve ark. 2003; Koyuturk ve ark. 2008; Ko ve ark. 2015).

Bu bilgiler doğrultusunda, bu çalışmada fissür örtücü materyallerin fiziksel özelliklerinin in-vitro koşullarda incelenmesi amaçlanmıştır.

İn-vitro koşullarda dental materyallerin fiziksel özelliklerinin mikrosertlik, pürüzlülük, aşınma gibi parametreler açısından değerlendirildiği çalışmalarda, materyal örneklerinin standart boyutlarda diskler şeklinde hazırlanması ve standart kalıpların kullanılması önerilmektedir (Rinastiti ve ark. 2010; Guler ve Unal 2018).

Materyallerin özelliklerinin incelendiği çalışmalarda, deney örneklerinin genellikle 3 mm yükseklikte ve 5 mm çapta hazır teflon diskler aracılığı ile hazırlandığı

bildirilmektedir. Fissür örtücü materyallerin özelliklerinin araştırıldığı çalışmada, materyaller 3 mm yüksekliğe, 5 mm çapa sahip teflon disk kalıplarının içine uygulanmış ve diş fırçalama simülasyonu sonucu materyallerin aşınma ve pürüzlülük değerleri karşılaştırılmıştır (Rios ve ark. 2002). Farklı bir çalışmada, materyallerin aşınma ve pürüzlülük değerleri yüksekliği 3 mm ve çapı 5 mm olan teflon disk kalıpları ile hazırlanan örneklerde incelenmiştir (Pardi ve ark. 2008). Soliman ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 3 mm yükseklikte, 9 mm çapta hazır diskler kullanılmış ve materyallerin yaşlandırma prosedürü sonrasındaki aşınma değerleri karşılaştırılmıştır (Soliman ve Mohamed 2017).

Bu çalışmada, 3 mm yüksekliğe ve 5 mm çapa sahip hazır teflon diskler kullanılmış ve fissür örtücü materyaller bu disklerin içerisine üretici firmaların önerilerine göre uygulanarak deney örnekleri hazırlanmıştır. Teflon disklere uygulandıktan sonra materyallerin fazlası siman camı ile kontrol edilerek uzaklaştırılmış ve rezin içerikli materyal örnekleri ışık cihazı ile 20 sn polimerize edilmişlerdir.

In-vitro yaşlandırma prosedürleri

Dental materyaller ağız içerisinde termal, kimyasal ve mekanik olmak üzere birbirinden farklı çok sayıda stres çeşidine maruz kalmaktadır. Maruz kalınan bu stresler sonucunda dental materyallerde zamanla retansiyon kaybı, kenar uyumunda problemler, aşınma veya restoratif materyalin parsiyel ya da tamamen kaybı gözlenebilmektedir. Ağız içi ortamda dental materyallerde zamanla ortaya çıkan bu sorunların taklit edilebilmesi amacı ile çeşitli in-vitro yaşlandırma prosedürleri çalışmalarda uygulanmaktadır.

Restorasyon materyalleri ile diş dokularının termal genleşme katsayısındaki farklılıklar ve oluşan sıcaklık değişimleri, diş ve restoratif materyal uyumunda bozulmalara sebep olmaktadır. Ağız ortamındaki sıcaklık değişikliklerinin restoratif materyaller üzerindeki etkilerinin in-vitro şartlarda değerlendirilebilmesi amacı ile termal siklus ile yaşlandırma prosedürü in-vitro çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Eliasson ve Dahl 2020; Sulimany ve ark. 2021).

Termal siklus prosedürü ile elde edilen yapay yaşlandırmanın etkisinin 2 şekilde görülebildiği bildirilmektedir: (1) Sıcak su, kollajenlerin hidrolizini hızlandırabilir ve yeteri kadar polimerize olmayan rezin oligomerlerin açığa çıkmasına neden olabilir. (2) Restoratif materyalin termal genleşme ve büzülme katsayısının diş dokularından yüksek

olması diş-materyal ara yüzeyinde genleşme ve büzülme streslerine neden olabilir (Abdalla ve ark. 2007).

Termal siklus ile yaşlandırma prosedürü uygulanan çalışmalar incelendiğinde, termal döngü için standart bir yöntemin bulunmadığı, uygulanan banyolardaki sıcaklık dereceleri, banyoda bekleme süreleri ve banyolar arası geçiş sürelerinin farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Farklı çalışmalarda 0-68°C arasında sıcaklık değerleri kullanılmış olmasına karşın, en çok 5°C ve 55°C sıcaklık değerleri arasındaki termal döngünün tercih edildiği ve bu değerlerin restorasyon materyali ile diş arasında mikrosızıntı, mikroboşluk ve yüzey streslerinin oluşması için yeterli derecede olduğu bildirilmektedir (Prabhakar ve ark. 2011; Beslot-Neveu ve ark. 2012; Marković ve ark. 2012; Meller ve ark. 2015).

Literatürde termal siklus sayısı ve uygulanma yöntemleri arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Termal döngü sayısı 125-5000 ve banyo solüsyonunda kalma süresi 10-120 sn olarak değişebilmektedir (Karadağ, 2005). Borsatto ve ark. (2004) ve Prabhakar ve ark. (2011) banyoda kalma süresinin 30 sn, banyolar arası geçiş süresinin 30 sn olduğu 500 devir; Osorio ve ark. (2007) banyoda kalma süresinin 30 sn olduğu 500 devir, Marković ve ark. (2012) banyoda kalma süresinin 30 sn olduğu 300 devir, Meller ve ark. (2015) banyoda kalma süresinin 30 sn, banyolar arası geçiş süresinin 10 sn olduğu 1000 devir uygulamışlardır.

Bu tez çalışmasında, termal siklus ile yaşlandırma prosedürü 5-55°C, banyoda kalma süresi 20 sn; banyolar arası geçiş süresinin 10 sn olduğu 10,000 devir şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Fissür örtücülerin yaşlandırma prosedürleri sonrası fiziksel özelliklerinin değerlendirildiği çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların çoğunda yaşlandırma amacı ile sadece termal siklus prosedürü uygulandığı görülmektedir (Francescut ve Lussi 2006; Pardi ve ark. 2006; Baygin ve ark. 2012). Çalışmaların sadece ikisinde yaşlandırma yöntemi olarak termal siklus ile birlikte çigneme simülatörü prosedürünün kullanıldığı ve rezin içerikli fissür örtücü materyallerin kenar uyumu ve mikrosızıntı açısından değerlendirildiği görülmüştür (Koyuturk ve ark. 2008; Rodriguez ve ark. 2011).

Çigneme fonksiyonu sırasında kayma ve basma hareketleri dental materyaller üzerinde aşındırıcı bir etki göstermektedir. Ek olarak, oluşan oklüzal stresler bağlanmanın uzun dönemde sağ kalım oranını etkilemekte ve restorasyon ile diş

arasındaki adeziv ara yüzeyinin mekanik olarak bozulmasına neden olduğu bildirilmektedir (Vilde ve ark. 2022).

Çiğneme kuvvetlerinin restoratif materyaller ile materyal-diş ara yüzündeki değişimlere uzun dönem etkisinin in-vitro koşullarda değerlendirilebilmesi amacı ile çiğneme simülatörü prosedürleri çeşitli yöntemler ve cihazlar ile uygulanmaktadır. Bu prosedürlerin çiğneme frekansı, antagonist olarak kullanılan materyal, hareket tipi, dikey ve yatay hareketlerin uzunluğu ve uygulanan siklus sayısı açısından farklılıklar gösterdiği gözlenmektedir. Yapılan bir çalışmada çiğneme simülatörü ile 49 N kuvvet altında 240.000 devir ile yapılan çiğneme hareketinin klinik olarak bir yıllık çiğnemeye karşılık geldiği belirtilmektedir (Jung ve ark. 2010).

Bu çalışmada, fissür örtücü materyallerde oluşan aşınmanın incelenmesinde standardizasyonun sağlanabilmesi ve klinik açıdan anlamlı sonuçlar elde edilebilmesi amacı ile çiğneme simülatöründe antagonist olarak metal uçlar kullanılmış ve altı aylık çiğneme süresine karşılık gelen 1.6 Hz frekans ve 49N kuvvetle 75.000 devir çiğneme simülasyonu uygulanmıştır.

Mikrosertlik deneyi

Fissür örtücülerin başarısını belirleyen en önemli faktörlerden biri deforme edici kuvvetlere karşı gösterilen direnci belirten materyalin sertliğidir. Yüksek sertlik değeri ideal bir fissür örtücüde bulunması gereken özelliklerden biri olarak tanımlanmaktadır (Fuentes ve ark. 2003). Bir materyalin sertliği kırılma direnci, akma dayanımı, elastiklik modülü gibi özelliklerle ilişkilendirilmektedir. Materyalin sertliği ve mekanik dayanıklılığına ilişkin parametreler mikrosertlik testleri ile ölçülebilmektedir. Mikrosertlik testleri materyal üzerinde kontrollü ve tekrar edilebilir şekilde uygulanan kuvvetin oluşturduğu izin boyutunu ölçme ilkesine dayanmaktadır; test sonucunda oluşan iz ne kadar büyük olur ise mikrosertlik değeri o kadar azalmaktadır (Mackert 2002; Anusavice ve ark. 2012; Saati ve ark. 2021).

Dental materyallerin mikrosertlik değerlerinin saptanmasında en çok Vickers sertlik cihazı kullanılmaktadır (Fuentes ve ark. 2003; Kakaboura ve ark. 2003). Bu cihazın sertlik ölçümünde kullanılan uç, diğer cihazların uçlarına göre 1/3 oranında daha kısadır ve köşegen elmas uçlar içermektedir; bu uç yapısı Vickers sertlik ölçümlerinin daha hassas olmasına olanak sağlamaktadır (Bahari ve ark. 2021; Saati ve ark. 2022).

Bu bilgiler doğrultusunda bu çalışmada, fissür örtücü materyallerinin yaşlandırma prosedürü öncesinde ve sonrasında mikrosertlik değerlerinin saptanmasında Vickers sertlik yöntemi (VHN) kullanılmıştır. Aynı materyal örneğinin değişik bölgelerinde farklılıkların olabilmesi nedenleri ile bir örneğin rastgele seçilen üç farklı bölgesinde mikrosertlik ölçümü yapılmıştır.

Materyallerin mikrosertlik değerlerinin ölçülmesinde örnek yüzeylerinin düzgün ve pürüzsüz olmasının önemi vurgulanmakta; yüzeylerin 300, 600 ve 1200 gridlik su zımparaları ile zımparalanarak örnek yüzeylerinin düzgün ve pürüzsüz olması önerilmektedir (Pala ve ark. 2016).

Bu çalışmada, örnekler sırası ile 300, 600 ve 1200 gridlik su zımparaları ile zımparalanmış, örnek yüzeylerinin düzgün ve pürüzsüz olması sağlanmıştır.

Literatür incelendiğinde, mikrosertlik testlerinde uygulanan kuvvetlerin farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Çalışmalarda mikrosertlik testlerinde uygulanacak kuvvetin 25 gramdan az olmaması gerektiği belirtilmektedir (Bertrand ve ark. 2000; Beun ve ark. 2012; Eliades ve ark. 2013; Buldur ve Karaarslan 2019).

Bu çalışmada, mikrosertlik değerleri ölçülecek örneklerin yüzeylerine 15 saniye süre ile 500 gramlık kuvvet uygulanmıştır. Fissür örtücü materyallerin VHN sertlik değerleri termal siklus prosedürü ile yaşlandırılma öncesinde ve sonrasında ölçülerek değerlendirilmiştir.

Fissür örtücülerin mikrosertliklerinin incelendikleri çalışmalarda farklı sonuçlar bildirildiği görülmektedir.

Rezin içerikli fissür örtücü (Clinpro), cam iyonmer içerikli fissür örtücü (Fuji Triage) ve nano partikül içerikli fissür örtücü (Grandio Seal) materyallerinin mikrosertlik özelliklerinin karşılaştırıldığı çalışmada; en düşük mikrosertlik VHN değerinin Clinpro grubunda (21.46 ± 0.23), en yüksek mikrosertlik VHN değerinin Fuji Triage grubunda (64.89 ± 3.28) bulunduğu bildirilmiştir (Kuşgöz ve ark. 2010).

Beun ve arkadaşları dört farklı fissür örtücü materyali fiziksel ve mekanik özellikleri açısından karşılaştırmışlar ve Clinpro materyalinin mikrosertlik değerini 17 ± 2.47 VHN olarak belirtmişlerdir (Beun ve ark. 2012).

Farklı ışık cihazları ile polimerize edilen fissür örtücülerin mikrosertlik değerlerinin ve artık monomer miktarlarının karşılaştırıldığı in-vitro çalışmada; Clinpro

materyalinin mikrosertlik değerleri 12.54, 12.55, 12.89 VHN olarak bulunmuştur (Botsalı 2008).

Fissür örtücü materyallerin mikrosertliğinin değerlendirildiği çalışmada Ultraseal XT Hydro'nun mikrosertlik değeri 24.2 ± 1.5 VHN olarak bildirilmiştir (Güçlü ve ark. 2016).

Amorf kalsiyum fosfat (ACP) içerikli fissür örtücü Aegis materyalinin sığır dişine uygulandığı çalışmada, materyalin mikrosertliği 13.64 ± 1.42 MPa olarak bildirilmiştir (Tunc ve ark. 2012).

Er:YAG lazer ve değişik mine yüzeyi hazırlama yöntemleri sonrası uygulanan Aegis fissür örtücü materyalinin mikrosertliğinin termal siklus prosedürü sonrasında değerlendirildiği çalışmada; en yüksek mikrosertlik değerlerinin lazerle pürüzlendirme grubunda, en düşük mikrosertlik değerlerinin air abrazyonla pürüzlendirme grubunda (13.87 MPa) bulunduğu belirtilmiştir (Unal ve ark. 2014).

Sulimany ve arkadaşları dört farklı flor salan rezin içerikli fissür örtücü materyalin yaşlandırma prosedürü sonrasındaki mikrosertlik değerlerini incelemişler; tüm materyallerin mikrosertlik değerlerinde yaşlandırma prosedürü sonrasında azalma olduğunu, ancak materyaller arasında anlamlı bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir (Sulimany ve ark. 2021).

Kim ve arkadaşları farklı ışık kaynakları ve polimerizasyon sürelerinin fissür örtücülerin mikrosertlik ve pürüzlülük değerlerine etkisini incelemişlerdir. Mikrosertlik değerleriyle aşınma değerlerinin negatif korelasyonda olduğunu; plazma ark ışık kaynağı ile polimerize etme süresinin kısaldığını öne sürmüşlerdir (Kim ve ark. 2002).

Cam iyonomer içerikli fissür örtücülerin mikrosertliğinin incelendiği bir çalışmada; Fuji VII EP'in ortalama mikrosertlik değerinin $28,01 \pm 6,70$ MPa olarak bulunduğu ve topikal florid uygulamalarının cam iyonomer içerikli fissür örtücülerin mikrosertlik değerlerinde anlamlı etki oluşturmadığı belirtilmiştir (Savaş ve ark. 2015).

Bu çalışmada, materyallerin termal siklus prosedürü ile yaşlandırılma öncesi ve sonrası ölçülen ortalama mikrosertlik VHN değerleri; C grubunda (Clinpro) $18,27 \pm 1,24$ / $11,84 \pm 0,31$, B grubunda (Beautisealant) $21,74 \pm 0,60$ / $14,18 \pm 0,36$, U grubunda (Ultraseal XT Hydro) $32,12 \pm 1,91$ / $22,25 \pm 0,71$, A grubunda (Aegis) $19,48 \pm 1,18$ / $15,08 \pm 1,39$ olarak saptanmıştır.

Bu çalışmada, termal siklus prosedürü sonrasında tüm materyallerin mikrosertlik değerlerinde azalma gözlenmiştir. İstatistiksel olarak en yüksek düzeyde farklılık gösteren materyal Ultraseal XT Hydro olarak saptanmıştır (U Grubu > B Grubu > C Grubu > A Grubu). Bu sonucun Ultraseal XT Hydro materyalinin hidrofilitesini sağlayan TEDGMA ve DUDMA monomerlerini içermesi ve bu materyalin su emiliminin diğer fissür örtücü materyallere oranla daha fazla olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Literatür incelemesinde, bu çalışmada kullanılan fissür örtücü materyallerin termal siklus prosedürü ile yaşlandırma öncesi ve yaşlandırma sonrası mikrosertlik değerlerinin karşılaştırıldığı çalışmaların olmadığı görülmüştür; bu nedenle, bu çalışmada termal siklus öncesi ve sonrası materyallerin mikrosertlik değerlerinde saptanan değişiklikler diğer çalışmaların bulguları ile karşılaştırılamamıştır. Ayrıca, literatürde S-PRG içerikli fissür örtücü Beautisealant'ın mikrosertliğinin incelendiği bir çalışmanın yapılmadığı belirlendiğinden, Beautisealant'a ilişkin olarak elde edilen mikrosertlik değerleri diğer çalışma bulguları ile birlikte değerlendirilememiştir.

Bu çalışmada, termal siklus sonrasında tüm fissür örtücülerin mikrosertlik değerlerinde anlamlı derecede azalma olduğuna ilişkin olarak elde edilen bulguların Sulimany ve arkadaşlarının (Sulimany ve ark. 2021) flor salınımı yapan rezin içerikli fissür örtücü materyallerin yaşlandırma prosedürü sonrasında mikrosertlik değerlerinde azalma olduğunu belirten bulguları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada, Clinpro grubunda termal siklus öncesi elde edilen ortalama mikrosertlik değerinin ($18,27 \pm 1,24$ VHN) Kuşgöz ve arkadaşlarının ($21,46 \pm 0,23$ VHN), Beun ve arkadaşlarının ($17 \pm 2,47$ VHN) bulgularına yakın olduğu; Botsalı ve arkadaşlarının farklı ışık cihazları ile elde ettikleri değerlerden (12.54, 12.55 ve 12.89 VHN) ise yüksek olduğu görülmektedir. Ultraseal XT Hydro grubunda termal siklus sonrası elde edilen ($22,25 \pm 0,71$ VHN) değerinin Güçlü ve arkadaşlarının bulgusuna ($24,2 \pm 1,5$ VHN) benzer olduğu gözlenmektedir. Aegis grubunda termal siklus öncesi saptanan $19,48 \pm 1,18$ VHN değeri ise Tunç ve arkadaşlarının ($13,64 \pm 1,42$ MPa) ve Unal ve arkadaşlarının (13.87 MPa) MPa değerleri ile karşılaştırılamamıştır.

Pürüzlülük Deneyi

Dental materyallerin yüzey pürüzlülük özelliklerinin materyallerin klinik başarı sürelerine, estetik görünümüne ilişkin bilgi verebildiği ve ayrıca materyallerde yüzey

pürüzlülüğünün fazla olmasının restorasyon üzerindeki plak birikimini artırarak çürüğe ve gingival irritasyona neden olduğu bildirilmektedir (Kakaboura ve ark. 2007; Nikolaidis ve ark. 2020). Araştırmacılar pürüzsüz yüzeylerin sürtünme katsayısının az olması nedeni ile aşınma oranının az olduğunu ve restoratif materyallerin klinik kullanım süresinin arttığını belirtmektedirler (Kakaboura ve ark. 2007; Yazici ve ark. 2010; Sapra ve ark. 2013).

Çalışmalarda materyallerin yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesinde atomik kuvvet mikroskobu (AFM), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve profilometrelerin kullanılabildiği bildirilmektedir. Örnek yüzeylerinde pürüzlülüğün belirlenmesinde, mekanik profilometreler ile doğrusal bir mesafede elmas uç yardımıyla iki boyutlu incelemeler yapılabilirken taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yüzeyin üç boyutlu incelemesi sağlanabilmektedir (Dederichs ve ark. 2021; Kessler ve ark. 2021).

Bu çalışmada, fissür örtücü örneklerin yüzey pürüzlülüğü termal siklus prosedürü öncesinde ve sonrasında mekanik profilometre ve SEM görüntüleme yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

Yüzey pürüzlülüğünün belirtilmesinde ortalama yüzey pürüzlülük değeri R_a (μm) değeri ile belirtilmektedir (Inan ve ark. 2010; Nair ve ark. 2016; Garoushi ve ark. 2018).

Bu çalışmada, yüzey pürüzlülüğü profilometre ile her örnekte üç farklı noktadan yapılmış ve ortalama değerler R_a (μm) olarak kaydedilmiştir.

Restoratif materyal yüzeyinde bakteriyel tutunmanın gerçekleşmemesi için minimum yüzey pürüzlülük değeri ile ilgili değişik görüşlerin bildirildiği görülmektedir.

Weitman ve Eames yüzey pürüzlülüğü 0,7-1,44 μm olduğunda kompozit materyallerde plak birikimi gözlemlendiğini öne sürmüşlerdir (Weitman ve Eames 1975).

Bollen ve arkadaşları eşik pürüzlülük değerinin 0,2 μm olduğunu, bu değerinin üstündeki pürüzlülük değerlerinde bakteriyel tutunmanın gerçekleştiğini bildirmişlerdir (Bollen ve ark. 1997; Heintze ve ark. 2006).

Araştırmacılar restoratif materyallerde bulunan partikül boyutlarının büyüklüğünün artması ile yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığını bildirmişlerdir (Ryba ve ark. 2002; Yap ve ark. 2004; Bayraktar ve ark. 2013; Moda ve ark. 2018).

Smitha ve arkadaşları rezin içerikli Fissürit FX ve nano partikül içerikli Grandioseal fissür örtücü materyallerini 3, 6 ve 12 ay sürelerde pürüzlülük açısından klinik olarak değerlendirmişler ve rezin içerikli Fissürit Fx'in pürüzlülük değerlerinin daha yüksek bulunduğunu belirtmişlerdir (Smitha ve ark. 2019).

Bürgers ve arkadaşları termal siklus prosedürü ile yaşlandırma sonrası fissür örtücü materyallerin pürüzlülük değerlerini karşılaştırmışlar ve en yüksek pürüzlülük değerinin flor salınımı yapan rezin içerikli Guardion Seal grubunda belirlendiğini, Clinpro ve Ultraseal XT gruplarında ise pürüzlülük değerlerinin daha düşük olarak bulunduğunu bildirmişlerdir (Bürgers ve ark. 2009).

Bağlanma dayanımı, yüzey pürüzlülüğü, flor salınımı ve yeniden şarj olabilmek özellikleri açısından dört fissür örtücünün karşılaştırıldığı çalışmada, en yüksek pürüzlülük değeri Fuji VII grubunda, en düşük pürüzlülük değeri ise Clinpro grubunda bulunmuştur (Cildir ve Sandalli 2007). Fissür örtücü materyal olarak kullanılan cam iyonomer simanların diş fırçalama sonrasındaki pürüzlülük değerlerinin incelendiği çalışmada, fırçalama sonrasında tüm materyallerde pürüzlülük değerlerinin arttığı, en yüksek pürüzlülük ve aşınma değerlerinin su ile ¼ oranla seyreltilmiş Vitremer materyali grubunda bulunduğu belirtilmiştir (Rios ve ark. 2002).

Bu çalışmada, fissür örtücü gruplarında termal siklus prosedürü ile yaşlandırılma öncesi ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri; C grubunda (Clinpro) $0,78 \pm 0,25$ µm, B grubunda (Beautisealant) $0,84 \pm 0,16$ µm, U grubunda (Ultraseal XT Hydro) $0,75 \pm 0,18$ µm, A grubunda (Aegis) $0,76 \pm 0,19$ µm olarak saptanmıştır. Termal siklus prosedürü ile yaşlandırma sonrasında ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri; C grubunda (Clinpro) $1,49 \pm 0,41$ µm, B grubunda (Beautisealant) $1,45 \pm 0,12$ µm, U grubunda (Ultraseal XT Hydro) $1,46 \pm 0,12$ µm, A grubunda (Aegis) $1,38 \pm 0,22$ µm olarak bulunmuştur. İstatistiksel olarak en yüksek düzeyde pürüzlülük değişimi gösteren materyaller Clinpro ve Ultraseal XT Hydro olarak belirlenmiştir (C Grubu=U Grubu>A Grubu>B Grubu).

Termal siklus uygulanması sonrası tüm materyal gruplarında pürüzlülük değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Termal siklus prosedürü ile yaşlandırılma öncesi ve sonrası tüm fissür örtücü gruplarında elde edilen pürüzlülük Ra değerlerinin $0,2$ µm olarak bildiren eşik değerinin üzerinde elde edildiği gözlenmiştir.

Termal siklus prosedürü öncesi en yüksek pürüzlülük değeri önceden reaksiyona girmiş cam partikülleri (S-PRG) içeren Beautisealant materyali grubunda saptanmıştır; bu bulgu partikül boyutlarının artması ile yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığını bildiren çalışmaların bulgularını (Ryba ve ark. 2002; Yap ve ark. 2004; Bayraktar ve ark. 2013; Moda ve ark. 2018) desteklemektedir.

Aşınma Deneyi

Dental materyallerde aşınma direnci dental materyalin karşıt diş, diğer restoratif materyal ve gıda gibi diğer etkenlerin kuvvetine karşı gösterdiği direnç; aşınma ise anatomik formun kaybolması olarak tanımlanabilmektedir (Galo ve ark. 2014; Asefi ve ark. 2016). Restorasyonun aşınma direncinin yüksek olması ise restorasyon başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biri olarak belirtilmektedir. Aşınma sonucu ağız ortamına salınan biyolojik partiküller inflamatuvar yanıt oluşumuna neden olabilmekte ve aşınma sonucu meydana gelen şekil bozuklukları çiğneme fonksiyonlarını etkileyebilmektedir (Ölmez ve Kisbet 2013).

Materyallerin aşınma özellikleri çiğneme simülatörü prosedürü ile yaşlandırılması sonrasında farklı yöntemler ile incelenebilmektedir. Materyallerin aşınma miktarlarının belirlenmesinde ağırlık değişimi yöntemi, kalınlık farkı yöntemi ve iz değişim yönteminin kullanılabildiği; en çok kullanılan yöntemin ise ekonomik ve pratik olması nedeniyle ağırlık değişimi yöntemi olduğu belirtilmektedir (Galo ve ark. 2014; Asefi ve ark. 2016).

Bu çalışmada, fissür örtücü materyallerde çiğneme simülatörü prosedürü sonrası oluşan aşınma miktarlarının değerlendirilmesinde ağırlık değişimi yöntemi kullanılmıştır. Örneklerin ağırlıkları çiğneme simülatörü prosedürü öncesinde ve sonrasında elektronik hassas terazi ile ölçülmüştür.

Fissür örtücü materyallerin aşınmalarını inceleyen çalışmalarda farklı bulguların elde edildiği görülmektedir.

Soliman ve Mohamed yaşlandırma prosedürü sonrasında üç farklı fissür örtücünün (Clinpro, Fuji Triage, Tetric-N Flow) aşınma miktarlarını ağırlık değişimi yöntemi ile karşılaştırmışlar; en fazla ağırlık değişiminin cam iyonmer içerikli Fuji Triage grubunda, en az ağırlık değişiminin ise Clinpro grubunda belirlendiğini bildirmişlerdir (Soliman ve Mohamed 2017).

Asefi ve arkadaşları akışkan kompozitlerin (Estelite Flow Quick, Estelite Flow Quick High Flow, Filtek P90, Filtek P60, Tetric N-Ceram) fissür örtücü olarak kullanıldığındaki aşınma dirençlerini pin-on-disk yöntemiyle incelemişler; materyaller arasında anlamlı fark olmadığını ancak aşınma direncinin Estelite grubunda düşük olduğunu belirtmişlerdir (Asefi ve ark. 2016).

Pardi ve arkadaşları dört fissür örtücü materyalin (Delton Flow, Filtek Flow, Dyract Flow, Vitremer) pürüzlülüğünü mekanik profilometre ve fırçalama prosedürü sonrası örneklerde oluşan aşınmayı ise SEM ile değerlendirmişler; materyaller arasında anlamlı bir fark bulunmadığını ancak en başarılı pürüzlülük ve aşınma değerlerinin Vitremer grubunda elde edildiğini öne sürmüşlerdir (Pardi ve ark. 2008).

Bu çalışmada, örneklerde çiğneme simülasyonu prosedürü sonrası belirlenen ağırlık kaybı miktarları C grubunda (Clinpro) $0,0041 \pm 0,0006$ gr, B grubunda (Beautisealant) $0,0081 \pm 0,0006$ gr, U grubunda (Ulraseal XT Hydro) $0,0097 \pm 0,0003$ gr, A grubunda (Aegis) $0,0068 \pm 0,0013$ gr olarak bulunmuştur. İstatistiksel olarak materyal gruplarında saptanan ağırlık kayıpları U Grubu > B Grubu > A grubu > C Grubu olarak belirlenmiştir.

Ağırlık kaybı miktarları incelendiğinde, en yüksek aşınma değerlerinin Ulraseal XT Hydro materyali grubunda gözlenirken, en düşük aşınma değerleri Clinpro materyali grubunda bulunmuştur.

Bu çalışmada, Ulraseal XT Hdyro isimli materyalin aşınma direncinin düşük olup fazla madde kaybı göstermesinin, diğer fissür örtücülere kıyasla içerisinde daha fazla miktarda (%58) doldurucu olmasına bağlı olabileceği düşünülmektedir. En az aşınma değerinin ise Clinpro grubunda saptanması en az ağırlık değişiminin Clinpro grubunda elde edildiğini bildiren Soliman ve Mohammed'in çalışma bulgularına paralellik gösterdiği (Soliman ve Mohamed 2017) görülmektedir.

SEM Analizi

Dental materyallerin fiziksel özelliklerinin incelenmesinde SEM görüntüleme yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (Kakaboura ve ark. 2007; Bortolotto ve ark. 2017; Moreira ve ark. 2020).

Materyallerin yüzey özelliklerinin incelendiği SEM analizlerinde, partikül büyüklüklerinin ve dağılımlarının büyütme oranlarının artması ile net ve detaylı olarak izlenebildiği bildirilmektedir (Ruivo ve ark. 2019; Nikolaidis ve ark. 2020).

Moreira ve arkadaşları fissür örtücülerin indirekt olarak değerlendirilmesinde SEM görüntüleme yöntemini, 3 boyutlu tarama yöntemini (Cerec), fotoğraflama ve stereomikroskop görüntülerini karşılaştırmışlar; çalışma sonucunda, en güvenilir yöntemin 3 boyutlu tarama yöntemi olduğunu, SEM görüntüleme yönteminin ise halen altın standart olarak kabul edildiğini belirtmişlerdir (Moreira ve ark. 2020).

Bu tez çalışmasında, fissür örtücü materyallerinin çiğneme simülasyonu prosedürü öncesi başlangıç yüzey özelliklerinin incelenmesinde ve çiğneme simülasyonu sonrası materyal yüzeylerinde oluşan değişikliklerin değerlendirilmesinde SEM görüntüleme yöntemi kullanılmış ve örneklerin yüzey topografileri x250, x500, x1000 büyütme oranlarında incelenmiştir.

Bala ve arkadaşları materyallerin pürüzlülük değerlerindeki farklılıklara karşın SEM incelemesinde benzer morfolojik yüzey görüntüleri elde edilebildiğini öne sürmüşlerdir (Bala ve ark. 2012). Guler ve Unal ise materyallerin yüzey pürüzlülüğünde oluşan farklılıkların ve değişimlerin SEM incelemesinde net bir şekilde izlenebildiğini bildirmişlerdir (Guler ve Unal 2018).

Bu tez çalışmasında, materyal örneklerinin çiğneme simülasyonu prosedürü uygulanmadan önceki başlangıç yüzey görüntüleri ve çiğneme simülasyonu sonrası yüzeyde oluşan farklılıklar SEM ile detaylı ve net bir şekilde değerlendirilebilmiştir.

Literatürde fissür örtücülerin SEM ile incelendiği çalışmalarda, fissür örtücülerin fiziksel ve yüzey özelliklerinin SEM ile incelendiği çalışmaların bulunmadığı görülmüştür. SEM ile gerçekleştirilen fissür örtücü çalışmalarda, fissür örtücü materyallerin sıklıkla mikrosızıntı ve marjinal adaptasyon açısından analiz edildiği ve aşağıda belirtilen şu sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Tükürükle kontamine edilen ya da edilmeyen fissür örtücülerin (Clinpro, Fuji Triage ve Aegis) marjinal uyumlarının SEM ile incelemesinde; tükürükle kontamine edilmiş örneklerde boşlukların gözleendiği ve cam iyonomer içerikli Fuji Triage'nin bağlantısının başarısız bulunduğu bildirilmiştir (Memarpour ve ark. 2021).

Farklı fissür örtücü materyallerin (Clinpro, Grandio Seal, Heliaseal F) ya da fissür örtücü olarak kullanılan akışkan nano dolduruculu kompozit materyallerin (Heliomolar Flow, Filtek Z350 XT) mikrosızıntılarının boya penetrasyon testi ve SEM ile değerlendirilmesinde; nano dolduruculu akışkan kompozitlerin fissür örtücü olarak kullanılabileceği öne sürülmüştür (Arastoo ve ark. 2019).

Er:YAG lazer ya da asit ile pürüzlendirme sonrasında nemle kontamine edilmiş ve hidrofilik fissür örtücü Ultraseal XT Hydro uygulanmış örneklerde oluşan mikrosızıntının boya penetrasyon testi ve SEM ile incelenmesinde; asit grubu örneklerde boşluk oluşumlarına rastlanırken lazer grubu örneklerde marjinal uyumun başarılı bulunduğu bildirilmiştir (Güçlü ve ark. 2018).

Lazer ya da frez ile pürüzlendirilen dişlerde uygulanan fissür örtücünün marjinal uyumunun SEM ve optik koherens tomografi ile analizinde; lazer grubunda marjinal uyumun başarılı olduğu, optik koherens tomografinin ise SEM'e göre daha hızlı sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Bortolotto ve ark. 2017).

Neme dayanıklı ya da geleneksel fissür örtücülerin farklı fissür tiplerindeki penetrasyon ve adaptasyonlarının SEM ile değerlendirmesinde; fissür morfolojisinin fissür örtücü adaptasyonu ile ilişkili olduğu, neme dayanıklı fissür örtücülerin ise penetrasyon ve uyumlarının daha başarılı olduğu öne sürülmüştür (Iyer ve ark. 2013).

Üç farklı fissür örtücünün (Embrace, Heliaseal, Guardian Seal) SEM ile mikrosızıntı, viskozite ve rezin uzantılarının incelenmesinde; mikrosızıntı- viskozitenin azlığı ve rezin uzantılarının uzunluğu açısından en başarılı fissür örtücünün neme dayanıklı Embrace olduğu bildirilmiştir (Prabhakar ve ark. 2011).

İki fissür örtücünün (Teethmate F-1, Fuji Ionomer III) invaziv ve non invaziv teknikler ile uygulanmasının marjinal uyuma etkisinin SEM ile karşılaştırılmasında; invaziv yöntemle uygulanan Teethmate grubunda marjinal bütünlüğün daha başarılı olduğu öne sürülmüştür (Vineet ve Tandon 2000).

Termal ve kimyasal stres sonucunda farklı fissür örtücülerin (FluroShield, Heliaseal Clear Chroma, Vitremer, Fuji II-LC, Ketac Molar, Fuji XI, Single Bond, Clearfil Protect Bond) marjinal adaptasyonlarının SEM ile araştırılmasında; en başarısız materyalin Clearfil olduğu bildirilmiştir (Kantovitz ve ark. 2008).

Bu çalışmada, fissür örtücülerin çiğneme simülasyonu prosedürü öncesi ve sonrası yüzey özelliklerinin SEM ile incelenmesinde; fissür örtücü materyallerin pürüzlülük, aşınma değerlerinin SEM görüntüleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çiğneme simülasyonu öncesi örnek yüzeylerinin SEM analizi görüntüleri incelendiğinde, en homojen ve pürüzsüz yüzey görüntüleri Aegis materyal örneğinde, heterojen partikül yapılar ise en fazla Clinpro ve Ultraseal XT Hydro materyal örneklerinde görülmüştür. Clinpro ve Ultraseal XT Hydro materyallerin çiğneme simülasyonu sonrası aşınmalarının ($B>U=C>A$) Beautisealant'a göre düşük, pürüzlülük değerlerinin ($C>U>B>A$) Beautisealant ve Aegis'e göre yüksek bulunması SEM görüntüleriyle uyumlu bulunmuştur.

Çiğneme simülasyonu sonrası materyal yüzeylerinde oluşan değişikliklerin değerlendirilmesinde; tüm fissür örtücü materyallerde partikül görünümünün azaldığı izlenmiş ve düzensiz yüzeylerde çatlak oluşumları olduğu görülmüştür. Yüzeylerde en fazla çatlak oluşumu sırası ile Clinpro, Aegis, Ultraseal XT Hydro, Beautisealant materyal örneklerinde gözlenmiştir.

Literatürde, fissür örtücülerin SEM görüntüleme yöntemi ile marjinal adaptasyon, penetrasyon ve mikrosızıntılarının incelendiği çalışmaların bulunması, yüzey özelliklerinin SEM ile incelendiği çalışmaların bulunmaması nedeni ile bu çalışmada elde edilen SEM yüzey görüntüleri diğer çalışmaların bulguları ile karşılaştırılamamıştır.

Yaşlandırma prosedürlerinin farklı içerikli fissür örtücü materyallerinin fiziksel ve yüzey özelliklerine etkisinin incelendiği bu çalışmada; fissür örtücü materyallerin yüzey özelliklerinin farklı şekillerde ve derecelerde etkilendiği gözlenmiştir. Termal siklus ve çiğneme simülasyonu prosedürlerinin tüm fissür örtücü materyallerin mikrosertliklerini azalttığı, pürüzlülüklerini artırdığı ve madde kayıpları oluşturduğu saptanmıştır. Yaşlandırma prosedürleri sonrası materyallerin mikrosertlik, pürüzlülük ve ağırlık değerlerindeki değişim düzeyleri analiz edildiğinde; termal siklus sonrası mikrosertlik azalma düzeyinin en çok Ultraseal XT Hydro grubunda ve en az Aegis grubunda olduğu görülmüştür. Pürüzlülük değişim düzeyinin ise en çok Ultraseal ve Clinpro gruplarında, en az Beautisealant grubunda olduğu saptanmıştır. Beautisealant'ın en yüksek başlangıç pürüzlülük değerleri gösterdiği, yaşlandırma prosedürleri sonrasında ise en az pürüzlülük değişimi gösteren materyal olduğu gözlenmiştir.

Çiğneme simülasyonu sonrasında en çok ağırlık kaybı düzeyinin Ultraseal XT Hydro grubunda, en az ağırlık kaybı düzeyinin ise Clinpro grubunda olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, yaşlandırma prosedürlerinden en fazla etkilenen fissür örtücü materyalin Ultraseal XT Hydro olduğunu göstermektedir; ancak hidrofilik özellikte bir materyal olan Ultraseal XT Hydro'nun sürmekte olan dişlerde, nem izolasyonu sağlanamayan ya da özel bakım gereksinimi bulunan çocuklarda periyodik kontroller ile kullanıldığında avantaj sağlayacak bir materyal olduğu düşünülmektedir. In-vitro çalışmalarda elde edilen bulgularının yanı sıra fissür örtücü materyallerinin içerikleri, avantaj/dezavantajları, uzun dönem klinik başarı oranları, çocuk hastanın spesifik özellikleri ve bireysel tedavi gereksinimleri fissür örtücü seçiminde göz önünde bulundurulması önem taşımaktadır.

SONUÇLAR

Bu çalışmada, yaşlandırma prosedürlerinin amorf kalsiyum fosfat (ACP) içerikli fissür örtücü Aegis (A), giomer (S-PRG) içerikli fissür örtücü BeautiSealant (B), rezin içerikli fissür örtücü Clinpro Sealant (C) ve hidrofilik fissür örtücü UltraSeal XT® Hydro™ (U) materyallerinin fiziksel özelliklerine etkisi mikrosertlik, pürüzlülük, aşınma deneyleri ve SEM analizi ile in-vitro koşullarda karşılaştırmalı olarak incelendi ve aşağıda belirtilen bulgular elde edildi:

Mikrosertlik:

Materyallerin termal siklus prosedürü öncesinde mikrosertlik ortalama değerleri ($U > B > A > C$) arasında anlamlı bir farklılık saptandı ($p < 0,001$).

Materyallerin termal siklus prosedürü sonrasında mikrosertlik ortalama değerlerinin azaldığı ve materyallerin ortalama mikrosertlik değerleri ($U > A > B > C$) arasındaki farklılığın anlamlı olduğu belirlendi ($p < 0,001$). Termal siklus prosedürü sonrasında; en yüksek düzeyde mikrosertlik gösteren materyal Ultraseal XT Hydro, en düşük mikrosertlik düzeyi gösteren materyal Clinpro olarak saptandı.

Materyallerde termal siklus prosedürü sonrası oluşan mikrosertlik değişim değerlerinin ($U > B > C > A$) karşılaştırılmasında anlamlı bir farklılık bulundu ($p < 0,001$). Termal siklus sonrası en yüksek ve en düşük düzeyde mikrosertlik değişimi gösteren materyaller, sırası ile, Ultraseal XT Hydro ve Aegis olarak belirlendi.

Pürüzlülük:

Materyallerin termal siklus prosedürü öncesinde pürüzlülük ortalama değerleri ($B > C > A > U$) arasında anlamlı bir farklılık saptanmadı.

Materyallerin termal siklus prosedürü sonrasında pürüzlülük değerlerinin arttığı ve materyallerin ortalama pürüzlülük değerleri ($C > U > B > A$) arasında anlamlı farklılık bulunmadı. Termal siklus sonrasında; en yüksek düzeyde pürüzlülük gösteren materyal Clinpro, en az pürüzlülük gösteren materyal Aegis olarak belirlendi.

Termal siklus prosedürü sonrası materyallerin pürüzlülüğünde oluşan ortalama değişim değerlerinin ($U = C > A > B$) karşılaştırılmasında anlamlı bir farklılık bulunmadı.

Termal siklus sonrası en yüksek düzeyde pürüzlülük değişimi gösteren materyaller Ultraseal XT Hydro ve Clinpro, en az pürüzlülük değişim görülen materyal Beautisealant olarak belirlendi.

Aşınma:

Çiğneme simülasyonu öncesi materyallerde saptanan ağırlık ortalama değerleri ($B>U>C>A$) arasında anlamlı bir fark bulunmadı.

Çiğneme simülasyonu sonrası tüm materyallerde ağırlık değerlerinin azaldığı ve materyallerin ortalama ağırlık değerleri ($B>U=C>A$) arasındaki farklılığın anlamlı olmadığı saptandı.

Çiğneme simülasyonu prosedürü sonrası materyallerin ağırlıklarında oluşan ortalama değişim değerlerinin ($U>B>A>C$) karşılaştırılmasında anlamlı bir farklılık bulundu ($p<0,001$). Ağırlık kaybının en fazla gözlemlendiği materyal Ultraseal XT Hydro, ağırlık kaybının en az görüldüğü materyal ise Clinpro olarak saptandı.

SEM:

Çiğneme simülasyonu öncesi örnek yüzeylerinin SEM analizinde, en homojen ve pürüzsüz yüzey görüntüleri Aegis materyalinde, heterojen partikül yapılar ise en fazla Clinpro ve Ultraseal XT Hydro materyallerinde gözlemlendi.

Çiğneme simülasyonu sonrası tüm fissür örtücü materyallerde belirgin derecede çatlak ve yarıkların oluştuğu; bu değişikliklerin ise en fazla sırası ile Clinpro, Aegis, Ultraseal XT Hydro, Beautisealant materyal örneklerinde oluştuğu görüldü.

Çiğneme simülasyonu sonrası örnek yüzeylerinin SEM analizinde, fissür örtücü materyallerine ilişkin olarak saptanan aşınma dirençleri ve pürüzlülük değerlerinin SEM görüntüleri ile uyumlu olduğu belirlendi.

Çalışmada elde edilen tüm bulgular değerlendirildiğinde;

In-vitro yaşlandırma prosedürlerinin, tüm fissür örtücü materyallerinin fiziksel ve yüzeysel özelliklerini farklı şekillerde ve derecelerde etkilediği gözlemlendi.

Yaşlandırma prosedürleri sonrasında materyallerin mikrosertlik, pürüzlülük ve aşınma açısından değişim düzeylerine ilişkin bulgular şu şekilde elde edildi:

Mikrosertlik ($U > B > C > A$), *pürüzlülük* ($U = C > A > B$), *aşınma* ($U > B > A > C$)

Hidrofilik fissür örtücü materyali Ultra XT Hydro'nun in-vitro yaşlandırma prosedürleri sonrasında *mikrosertlik*, *pürüzlülük* ve *aşınma* açısından diğer materyallere göre *en fazla değişim* gösteren materyal olduğu belirlendi.

Amorf kalsiyum fosfat içerikli fissür örtücü materyali Aegis'in yaşlandırma prosedürleri sonrasında *mikrosertlik* açısından diğer materyallere göre *en az değişim* gösteren materyal olduğu saptandı.

Giomer (S-PRG) içerikli fissür örtücü materyali Beautisealant'ın yaşlandırma prosedürleri sonrasında pürüzlülük açısından diğer materyallere göre *en az değişim* gösteren materyal olduğu gözlemlendi.

Rezin içerikli fissür örtücü materyali Clinpro'nun yaşlandırma prosedürleri sonrasında *aşınma* açısından diğer materyallere göre *en az aşınma* gösteren materyal olduğu; pürüzlülük değişim düzeyinin ise yüksek olduğu belirlendi.

Sonuç olarak, Aegis, Beautisealant, Clinpro, Ultraseal XT Hydro fissür örtücü materyallerinin in-vitro yaşlandırma prosedürleri sonrasında mikrosertlik, pürüzlülük ve aşınma özelliklerine ilişkin olarak elde edilen bulgular çocuklarda fissür örtücü seçiminin materyallerin içerikleri, avantajları/dezavantajları, hastanın spesifik özellikleri ve bireysel tedavi gereksinimleri göz önünde bulundurularak yapılmasının gerekli olduğunu göstermektedir. Dental materyallerin klinik başarısı ağız ortamına ve hastaya ilişkin faktörler ile değişebildiğinden in-vitro yaşlandırma prosedürleri ile elde edilen bulguların uzun dönem klinik çalışmaları ile desteklenmesi önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Abdalla, A.I., El Zohairy, A.A., Aboushelib, M.M.N., Feilzer, A.J. (2007). Influence of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strength of self etching adhesives. *American Journal of Dentistry*, **20**(4), 250-254.
- Abrams, S.H., Sivagurunathan, K.S., Silvertown, J.D. (2017). Correlation with caries lesion depth of the canary system, DIAGNOdent and ICDAS II. *The Open Dentistry Journal*, **11**, 679-689.
- Ahovuo-Saloranta, A., Forss, H., Walsh, T., Nordblad, A., Mäkelä, M., Worthington, H.V. (2017). Pit and fissure sealants for preventing dental decay in permanent teeth. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **7**, CD001830.
- Alirezai, M., Bagherian, A., Shirazi, A.S. (2018). Glass ionomer cements as fissure sealing materials: yes or no?: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of the American Dental Association*, **149**(7), 640-649.
- Alkurt, M.T., Bala, O. (2007). Okluzal çürük teşhisinde gözle muayene, geleneksel radyografi ve dijital radyografinin etkinliğinin değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **24**(2), 101-107.
- Alsabek, L., Al-Nerabieah, Z., Bshara, N., Comisi, J.C. (2019). Retention and remineralization effect of moisture tolerant resin-based sealant and glass ionomer sealant on non-cavitated pit and fissure caries: Randomized controlled clinical trial. *Journal of Dentistry*, **86**, 69–74.
- American Academy of Pediatric Dentistry (2021). Caries-risk assessment and management for infants, children, and adolescents. *The Reference Manual of Pediatric Dentistry*, 252-7.
- Anusavice, K.J., Shen, C., Rawls, H.R. (2012). Mechanical properties of dental materials. *Phillips' Science of Dental Materials*, 48-68.
- Arastoo, S., Behbudi, A., Rakhshan, V. (2019). In vitro microleakage comparison of flowable nanocomposites and conventional materials used in pit and fissure sealant therapy. *Frontiers in Dentistry*, **16**(1), 21.
- Arsecularatne, J.A., Hoffman, M. (2010). On the wear mechanism of human dental enamel. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, **3**(4), 347-356.

- Arslanoğlu, Z., Altan, H., Kale, E., Bilgiç, F., Şahin, O. (2016). Nanomechanical behaviour and surface roughness of new generation dental fissure sealants. *Acta Physica Polonica*, **130(1)**, 388-393.
- Asefi, S., Eskandarion, S., Hamidiaval, S. (2016). Fissure sealant materials: Wear resistance of flowable composite resins. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, **10(3)**, 194-199.
- Autio-Gold, J. (2008). The role of chlorhexidine in caries prevention. *Operative Dentistry*, **33(6)**, 710-716.
- Avinash, J., Marya, C.M., Dhingra, S., Gupta, P., Kataria, S., Bhatia, H. (2010). Pit and fissure sealants: An unused caries prevention tool. *Journal of Oral Health and Community Dentistry*, **4(1)**, 1-6.
- Ayoub, H.M., Gregory, R.L., Tang, Q., Lippert, F. (2022). The influence of biofilm maturation on fluoride's anticaries efficacy. *Clinical Oral Investigations*, **26(2)**, 1269-1282.
- Axelsson, P. (2000). *Etiologic Factors Involved In Dental Caries. Diagnosis and Risk Prediction of Dental Caries*. Illinois,USA: Quintessence Publishing.
- Babu, G., Mallikarjun, S., Wilson, B., Premkumar, C. (2014). Pit and fissure sealants in pediatric dentistry. *SRM Journal of Research in Dental Sciences*, **5(4)**, 253-257.
- Bagheri, M., Pilecki, P., Sauro, S., Sherrieff, M., Watson, T.F., Hosey, M.T. (2017). An in vitro investigation of pre-treatment effects before fissure sealing. *International Journal of Paediatric Dentistry*, **27(6)**, 514-522.
- Bahari, M., Kahnamoui, M.A., Chaharom, M., Kimyai, S., Sattari, Z. (2021). Effect of curing method and thermocycling on flexural strength and microhardness of a new composite resin with alkaline filler. *Dental Research Journal*, **18**, 96.
- Bala, O., Arisu, D.H., Yikilgan, I., Arslan, S., Gullu, A. (2012). Evaluation of surface roughness and hardness of different glass ionomer cements. *European Journal of Dentistry*, **6(1)**, 79-86.
- Bani, M., Öztaş, N. (2013). Cam iyonomer içerikli farklı restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüklerinin değerlendirilmesi. *Acta Odontologica Turcica*, **30(1)**, 13-17.
- Baseggio, W., Scarparo Naufel, F., de Oliveira Davidoff, D.C., Salata Nahsan, F.P., Flury, S., Almeida Rodrigues, J. (2010). Caries-preventive efficacy and retention of a resin-modified glass ionomer cement and a resin-based fissure sealant: a 3-

- year split-mouth randomised clinical trial. *Oral Health & Preventive Dentistry*, **8(3)**, 261-268.
- Baygin, O., Korkmaz, F.M., Tüzüner, T., Tanriver, M. (2012). The effect of different enamel surface treatments on the microleakage of fissure sealants. *Lasers in Medical Science*, **27(1)**, 153-160.
- Bayraktar, D.Y., Doğan, D.D., Ercan, E. (2013). Farklı polisaj sistem ve tekniklerinin üç farklı kompozit rezinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **23(2)**, 192-198.
- Behroozian, A., Aghazadeh, Z., Sadrabad, Z.K., Aghazadeh, M., Alizadeh, V., Esmaili, Z., Pirzadeh, A.M. (2021). Evaluation of the success rate of pit and fissure sealants on first molars: 12 months follow-up study. *International Journal of Dental Hygiene*, 12566.
- Bekmezoğlu, E.Z., Erken Güngör, Ö., Karayılmaz, H. (2019). Çocuk diş hekimliğinde restoratif materyaller ve cam karbomerin yeri. *7tepe Klinik*, **15(3)**, 359-365.
- Beresescu, L., Kovacs, M., Vlasa, A., Stoica, A.M., Benedek, C., Pop, M., Bungardean, D., Eşian, D. (2022). Retention ability of a glass carbomer pit and fissure sealant. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19(4)**, 1966.
- Bertrand, M.F., Leforestier, E., Muller, M., Lupi-Pégurier, L., Bolla, M. (2000). Effect of surface penetrating sealant on surface texture and microhardness of composite resins. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, **53(6)**, 658-663.
- Beslot-Neveu, A., Courson, F., Ruse, N.D. (2012). Physico-chemical approach to pit and fissure sealant infiltration and spreading mechanisms. *Pediatric Dentistry*, **34(3)**, 57-61.
- Beun, S., Bailly, C., Devaux, J., Leloup, G. (2012). Physical, mechanical and rheological characterization of resin-based pit and fissure sealants compared to flowable resin composites. *Dental Materials Journal*, **28(4)**, 349-359.
- Bollen, C.M., Lambrechts, P., Quirynen, M. (1997). Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dental Materials Journal*, **13(4)**, 258-269.

- Bordoni, N.E., Salgado, P.A., Squassi, A.F. (2021). Comparison between indexes for diagnosis and guidance for treatment of dental caries. *Acta Odontologica Latinoamericana*, **34(3)**, 289–297.
- Borsatto, M.C., Corona, S.A.M., Alves, A.G., Chimello, D.T., Catirse, A.B.E., Palma-Dibb, R.G. (2004). Influence of salivary contamination on marginal microleakage of pit and fissure sealants. *American Journal of Dentistry*, **17**, 365–367.
- Bortolotto, T., Mast, P., Krejci, I. (2017). Laser-prepared and bonding-filled fissure sealing: SEM and OCT analysis of marginal and internal adaptation. *Dental Materials Journal*, 2016-025.
- Botsalı, M.S. (2008). Rezin esaslı fissür örtücülerin farklı ışık kaynaklarıyla polimerizasyonu sonrasında açığa çıkan artık monomer miktarının, yüzey sertliğinin ve bağlanma dayanımının araştırılması. *Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, Konya.
- Boudreau, G.E., Jerge, C.R. (1976). The efficacy of sealant treatment in the prevention of pit and fissure dental caries: a review and interpretation of the literature. *The Journal of the American Dental Association*, **92(2)**, 383–387.
- Bowen R.L. (1982). Composite and sealant resins-past, present, and future. *Pediatric Dentistry*, **4(1)**, 10–15.
- Bowen, W.H., Koo, H. (2011). Biology of streptococcus mutans-derived glucosyltransferases: role in extracellular matrix formation of cariogenic biofilms. *Caries Research*, **45**, 69–86.
- Bowen, W.H. (2016). Dental caries- not just holes in teeth! A perspective. *Molecular Oral Microbiology*, **31(3)**, 228–33.
- Brinker, S.P. (2013). Preventing carious lesions. Clinical steps for applying a newly introduced hydrophilic sealant. *Dentistry Today*, **32(10)**, 82–83.
- Buldur, M., Karaarslan, E.S. (2019). Microhardness of glass carbomer and high-viscous glass Ionomer cement in different thickness and thermo-light curing durations after thermocycling aging. *BMC Oral Health*, **19(1)**, 1–13.
- Buonocore, M. (1970). Adhesive sealing of pits and fissures for caries prevention, with use of ultraviolet light. *The Journal of the American Dental Association*, **80(2)**, 324–328.

- Butera, A., Maiorani, C., Morandini, A. (2022). Evaluation of children caries risk factors: a narrative review of nutritional aspects, oral hygiene habits, and bacterial alterations. *Children-Basel*, **9**(2), 262.
- Bürgers, R., Cariaga, T., Müller, R., Rosentritt, M., Reischl, U., Handel, G., Hahnel, S. (2009). Effects of aging on surface properties and adhesion of Streptococcus mutans on various fissure sealants. *Clinical Oral Investigations*, **13**(4), 419-426.
- Cacciafesta, V., Sfondrini, M.F., De Angelis, M., Scribante, A., Klersy, C. (2003). Effect of water and saliva contamination on shear bond strength of brackets bonded with conventional, hydrophilic, and self-etching primers. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, **123**(6), 633-640.
- Campanaro, M., Huebner, C.E., Davis, B.E. (2014). Facilitators and barriers to twice daily tooth brushing among children with special health care needs. *Special Care in Dentistry*, **34**(4), 185-192.
- Campos, S., Vieira, M., de Sousa, F.B. (2018). Correction: Correlation between ICDAS and histology: Differences between stereomicroscopy and microradiography with contrast solution as histological techniques. *PloS One*, **13**(1), 192270.
- Cannon, M. (2008). A new therapeutic pit-and-fissure sealant improves early dental caries monitoring for minimally invasive dentistry. *Inside Dentistry*, **4**(5), 1-3.
- Carvalho, J.C. (2014). Caries process on occlusal surfaces: evolving evidence and understanding. *Caries Research*, **48**(4), 339-346.
- Carvalho, J.C., Dige, I., Machiulskiene, V., Qvist, V., Bakhshandeh, A., Fatturi-Parolo, C., Maltz, M. (2016). Occlusal caries: biological approach for its diagnosis and management. *Caries Research*, **50**(6), 527-542.
- Carvalho, T.S., van Amerongen, W.E., de Gee, A., Bönecker, M., Sampaio, F.C. (2011). Shear bond strengths of three glass ionomer cements to enamel and dentine. *Medicina Oral, Patologia Oral, Cirugia Bucal*, **16**(3), 406-10.
- Castro, A., Vianna, M., Mendes, C. (2018). Comparison of caries lesion detection methods in epidemiological surveys: CAST, ICDAS and DMF. *BMC Oral Health*, **18**(1), 122.
- Cattani-Lorente, M., Bouillaguet, S., Godin, C.H., Meyer, J.M. (2001). Polymerization shrinkage of Ormocer based dental restorative composites. *Dental Materials Journal*, **1**, 11-14.

- Caufield, P.W., Griffen, A.L. (2000). Dental caries: an infectious and transmissible disease. *Pediatric Clinics of North America*, **47(5)**, 1001-1019.
- Cehreli, S.B., Ebru, T.R., Yalcinkaya, Z., Cehreli, Z.C. (2013). Microleakage of newly developed glass carbomer cement in primary teeth. *European Journal of Dentistry*, **7(01)**, 015-021.
- Cehreli, Z.C., Altay, N. (2000). Three-year clinical evaluation of a polyacid-modified resin composite in minimally-invasive occlusal cavities. *Journal of Dentistry*, **28(2)**, 117-122.
- Çapan, B.Ş., Akyüz, S. (2016). Çocuk diş hekimliğinde florid salınımı yapan güncel restoratif materyaller. *Clinical and Experimental Health Sciences*, **6(3)**, 129-134.
- Çekemoğlu, B. (2007). Ankara ilinde daimi birinci büyük azı dişlerinin oklüzal yüzeylerinin sağlık durumunu yansıtan bulguların sürme, plak miktarı ve fissür morfolojisi ile ilişkisinin değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Çelik, Ç. (2017). Güncel kompozit rezin sistemler. *Türkiye Klinikleri Restorative Dentistry-Special Topics*, **3(3)**, 128-137.
- Chen, H.Y., Manhart, J., Hickel, R., Kunzelmann, K.H. (2001). Polymerization contraction stress in light-cured packable composite resins. *Dental Materials Journal*, **17(3)**, 253-259.
- Chen, W., Jiang, Q., Yan, G., Yang, D. (2020). The oral microbiome and salivary proteins influence caries in children aged 6 to 8 years. *BMC Oral Health*, **20(1)**, 295.
- Chestnutt, I.G., Hutchings, S., Playle, R.A., Morgan-Trimmer, S., Fitzsimmons, D., Aawar, N., Angel, L., Derrick, S., Drew, C.J., Hoddell, C., Hood, K., Humphreys, I., Kirby, N., Lau, T.M., Lises, C., Morgan, M.Z., Murphy, S., Nuttall, J., Onishchenko, K., Phillips, C.J., Pickles, T., Scoble, C., Townson, J., Withers, B., Chadwick, B. (2017). Seal or varnish? A randomised controlled trial to determine the relative cost and effectiveness of pit and fissure sealant and fluoride varnish in preventing dental decay. *Health Technology Assessment*, **21(21)**, 1-256.
- Cildir, S.K., Sandalli, N. (2007). Compressive strength, surface roughness, fluoride release and recharge of four new fluoride-releasing fissure sealants. *Dental Materials Journal*, **26(3)**, 335-341.

- Colombo, S., Paglia, L. (2018). Dental Sealants. Part 1: Prevention First. *European Journal of Paediatric Dentistry*, **19(1)**, 80-82.
- Colombo, S., Ferrazzano, G.F. (2018). Dental Sealants. Part 2: Who should get dental sealants and when. *European Journal of Paediatric Dentistry*, **19(2)**, 165–166.
- Colombo, S., Beretta, M. (2018). Dental Sealants Part 3: Which material? Efficiency and effectiveness. *European Journal of Paediatric Dentistry*, **19(3)**, 247–249.
- Colombo, S., Beretta, M., Ferrazzano, G.F., Paglia, L. (2018). Dental Sealants Part 4: Bisphenol A: What dentists should know. *European Journal of Paediatric Dentistry*, **19(4)**, 333–334.
- Costa, A.R., Correr, A.B., Puppini-Rontani, R.M., Vedovello, S.A., Valdrighi, H.C., Correr-Sobrinho, L. (2011) Effects of thermocycling and light source on the bond strength of metallic brackets to bovine teeth. *Brazilian Dental Journal*, **22(6)**, 486-489.
- Coutinho, T.C., Costa, C. (2014). An in vivo comparison of radiographic and clinical examination with separation for assessment of approximal caries in primary teeth. *European Journal of Paediatric Dentistry*, **15(4)**, 371–374.
- Croll, T.P., Nicholson, J.W. (2002). Glass ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature. *Pediatric Dentistry*, **24(5)**, 423-429.
- Cueto, E.I., Buonocore, M.G. (1967). Sealing of pits and fissures with an adhesive resin: its use in caries prevention. *The Journal of the American Dental Association*, **75(1)**, 121-128.
- Dasgupta, S., Saraswathi, M.V., Somayaji, K., Pentapati, K.C., Shetty, P. (2018). Comparative evaluation of fluoride release and recharge potential of novel and traditional fluoride-releasing restorative materials: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, **21(6)**, 622-626.
- Davidovich, E., Grender, J., Zini, A. (2020). Factors Associated with Dental Plaque, Gingivitis, and Caries in a Pediatric Population: A Records-Based Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **17(22)**, 8595.
- Davidson, C.L. (2006). Advances in glass-ionomer cements. *Journal of Applied Oral Science*, **14**, 3-9.
- De Nys, S., Duca, R.C., Vervliet, P., Covaci, A., Boonen, I., Elskens, M., Vanoirbeek, J., Godderis, L., Van Meerbeek, B., Van Landuyt, K.L. (2022). Bisphenol A

- release from short-term degraded resin-based dental materials. *Journal of Dentistry*, **116**, 103894.
- Decker, E.M., Von Ohle, C., Weiger, R., Wiech, I., Brex, M. (2005). A synergistic chlorhexidine/chitosan combination for improved antiplaque strategies. *Journal of Periodontal Research*, **40(5)**, 373-377.
- Dederichs, M., Fahmy, M.D., An, H., Guentsch, A., Viebranz, S., Kuepper, H. (2021). Comparison of wear resistance of prefabricated composite veneers versus ceramic and enamel. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*, **30(8)**, 711-719.
- DeLong, R. (2006). Intra-oral restorative materials wear: rethinking the current approaches: how to measure wear. *Dental Materials Journal*, **22(8)**, 702-711.
- Diniz, M.B., Rodrigues, J.A., Hug, I., De Cássia Loiola Cordeiro, R., Lussi, A. (2009). Reproducibility and accuracy of the ICDAS-II for occlusal caries detection. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, **37(5)**, 399-404.
- Divyapriya, G.K., Yavagal, P.C., Veeresh, D.J. (2016). Casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate in dentistry: An update. *International Journal of Oral Health Sciences*, **6(1)**, 18-25.
- Dülgergil, Ç.T., Ertürk, A.T. (2016). Diş hekimliği restoratif uygulamalarında yeni materyal olarak cam karbomer simanlar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **26(3)**, 517-523.
- Ei, T.Z., Shimada, Y., Nakashima, S., Romero, M., Sumi, Y., Tagami, J. (2018). Comparison of resin-based and glass ionomer sealants with regard to fluoride-release and anti-demineralization efficacy on adjacent unsealed enamel. *Dental Materials Journal*, **37(1)**, 104-112.
- Ekstrand, K.R., Bjørndal, L. (1997). Structural analyses of plaque and caries in relation to the morphology of the groove-fossa system on erupting mandibular third molars. *Caries Research*, **31(4)**, 336-348.
- Ekstrand, K.R., Kuzmina, I., Bjørndal, L., Thylstrup, A. (1995). Relationship between external and histologic features of progressive stages of caries in the occlusal fossa. *Caries Research*, **29(4)**, 243-250.
- Eliades, A., Birpou, E., Eliades, T., Eliades, G. (2013). Self-adhesive restoratives as pit and fissure sealants: a comparative laboratory study. *Dental Materials Journal*, **29(7)**, 752-762.

- Eliasson, S.T., Dahl, J.E. (2020). Effect of thermal cycling on temperature changes and bond strength in different test specimens. *Biomaterial Investigations in Dentistry*, **7(1)**, 16–24.
- Erdem, A.P. (2013). Kanıta dayalı diş hekimliği kapsamında cam iyonomer simanların önerilen klinik kullanım alanları. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **23(1)**, 123-130.
- Featherstone, J.D. (2000). The science and practice of caries prevention. *The Journal of the American Dental Association*, **131(7)**, 887-899.
- Featherstone, J.D. (2004). The continuum of dental caries—evidence for a dynamic disease process. *Journal of Dental Research*, **83**, 39-42.
- Feigal, R.J., Quelhas, I. (2003). Clinical trial of a self-etching adhesive for sealant application: success at 24 months with Prompt L-Pop. *American Journal of Dentistry*, **16(4)**, 249-251.
- Fejerskov, O. (2004). Changing paradigms in concepts on dental caries: consequences for oral health care. *Caries Research*, **38(3)**, 182-191.
- Fejerskov, O., Kidd, E. (2008). *Dental Caries: The Disease and Its Clinical Management. (2nd edition)*. Copenhagen, Denmark: Blackwell Munksgaard.
- Fernández-Barrera, M.Á., de Jesús Saucedo-Molina, T., Scougall-Vilchis, R.J., de Lourdes Márquez-Corona, M., Medina-Solís, C.E., Maupomé, G. (2021). Comparison of two types of pit and fissure sealants in reducing the incidence of dental caries using a split-mouth design. *Acta Stomatologica Croatica*, **55(2)**, 137–146.
- Field, J., Waterhouse, P., German, M. (2010). Quantifying and qualifying surface changes on dental hard tissues in vitro. *Journal of Dentistry*, **38(3)**, 182-190.
- Francescut, P., Lussi, A. (2006). Performance of a conventional sealant and a flowable composite on minimally invasive prepared fissures. *Operative Dentistry*, **31(5)**, 543-550.
- Frencken, J.E, Sharma, P., Stenhouse, L., Green, D., Laverty, D., Dietrich, T. (2017). Global epidemiology of dental caries and severe periodontitis-a comprehensive review. *Journal of Clinical Periodontology*, **44(18)**, 94-105.
- Frencken, J.E., Wolke, J. (2010). Clinical and SEM assessment of ART high-viscosity glass-ionomer sealants after 8–13 years in 4 teeth. *Journal of Dentistry*, **38(1)**, 59-64.

- Fuentes, V., Toledano, M., Osorio, R., Carvalho, R.M. (2003). Microhardness of superficial and deep sound human dentin. *Journal of Biomedical Materials Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, **66(4)**, 850-853.
- Fung, E.Y., Ewoldsen, N.O., Germain Jr, H.A.S., Marx, D.B., Miaw, C.L., Siew, C., Meyer, D.M. (2000). Pharmacokinetics of bisphenol A released from a dental sealant. *The Journal of the American Dental Association*, **131(1)**, 51-58.
- Galo, R., Contente, M.M., Borsatto, M.C. (2014). Wear of two pit and fissure sealants in contact with primary teeth. *European Journal of General Dentistry*, **8**, 241-48.
- Garg, N., Indushekar, K.R., Saraf, B.G., Sheoran, N., Sardana, D. (2018). Comparative evaluation of penetration ability of three pit and fissure sealants and their relationship with fissure patterns. *Journal of Dentistry*, **19(2)**, 92-99.
- Garoushi, S., Vallittu, P.K., Lassila, L. (2018). Reinforcing effect of discontinuous microglass fibers on resin-modified glass ionomer cement. *Dental Materials Journal*, **37(3)**, 484-492.
- Geiger, S.B., Gulayev, S., Weiss, E.I. (2000). Improving fissure sealant quality: mechanical preparation and filling level. *Journal of Dentistry*, **28(6)**, 407-412.
- Gonulol, N., Ozer, S., Sen Tunc, E. (2015). Water sorption, solubility, and color stability of giomer restoratives. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, **27(5)**, 300-306.
- Gorseta, K., Glavina, D., Borzabadi-Farahani, A., Van Duinen, R.N., Skrinjaric, I., Hill, R.G., Lynch, E. (2014). One-year clinical evaluation of a glass carbomer fissure sealant, a preliminary study. *European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, **22(2)**, 67-71.
- Gp, H., Joseph, T., Jayanthi, M. (2004). Comparative evaluation of glass ionomer and resin based fissure sealant using noninvasive and invasive techniques-A SEM and microleakage study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, **22(2)**, 56-62.
- Grandhi, R.K., Combe, E.C., Speidel, T.M. (2001). Shear bond strength of stainless steel orthodontic brackets with a moisture-insensitive primer. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, **119(3)**, 251-255.

- Grewal, N., Chopra, R. (2008). The effect of fissure morphology and eruption time on penetration and adaptation of pit and fissure sealants: An SEM study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, **26(2)**, 59-63.
- Güçlü, Z.A., Dönmez, N., Hurt, A.P., Coleman, N.J. (2016). Characterisation and microleakage of a new hydrophilic fissure sealant-UltraSeal XT® hydro™. *Journal of Applied Oral Science*, **24**, 344-351.
- Güçlü, Z.A., Hurt, A.P., Dönmez, N., Coleman, N.J. (2018). Effect of Er: YAG laser enamel conditioning and moisture on the microleakage of a hydrophilic sealant. *Odontology*, **106(3)**, 225-231.
- Gugnani, N., Pandit, I. K., Srivastava, N., Gupta, M., Sharma, M. (2011). International caries detection and assessment system (ICDAS): a new concept. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **4(2)**, 93-100.
- Guler, S., Unal, M. (2018). The evaluation of color and surface roughness changes in resin based restorative materials with different contents after waiting in various liquids: an SEM and AFM study. *Microscopy Research and Technique*, **81(12)**, 1422-1433.
- Guler, C., Yilmaz, Y. (2013). A two-year clinical evaluation of glass ionomer and ormocer based fissure sealants. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **37(3)**, 263-268.
- Haffajee, A.D., Thompson, M., Torresyap, G., Guerrero, D., Socransky, S.S. (2001). Efficacy of manual and powered toothbrushes. Effect on clinical parameters. *Journal of Clinical Periodontology*, **28(10)**, 937-946.
- Hatirli, H., Yasa, B., Yasa, E. (2018). Microleakage and penetration depth of different fissure sealant materials after cyclic thermo-mechanic and brushing simulation. *Dental Materials Journal*, **37(1)**, 15-23.
- Heintze, S.D., Albrecht, T., Cavalleri, A., Steiner, M. (2011). A new method to test the fracture probability of all-ceramic crowns with a dual-axis chewing simulator. *Dental Materials Journal*, **27(2)**, 10-19.
- Heintze, S.D., Forjanic, M., Rousson, V. (2006). Surface roughness and gloss of dental materials as a function of force and polishing time in vitro. *Dental Materials Journal*, **22(2)**, 146-165.
- Herschfeld, J.J. (1978). Classics in dental history: WD Miller and the chemico-parasitic theory of dental caries. *Bulletin of the History of Dentistry*, **26(1)**, 11-20.

- Hicks, J., Flaitz, C.M. (2005). *Fissure sealants and conservative adhesive restoration: Scientific and clinical rationale. Pediatric Dentistry: Infancy Through Adolescence. 4th. ed.* St. Louis: WB Saunders; 522-576.
- Hicks, M.J., Flaitz, C.M., Silverstone, L.M. (1986). Secondary caries formation in vitro around glass ionomer restorations. *Quintessence International*, **17**(9), 527-532.
- Holmgren, C., Gaucher, C., Decerle, N., Doméjean, S. (2014). Minimal intervention dentistry II: part 3. Management of non-cavitated (initial) occlusal caries lesions–non-invasive approaches through remineralisation and therapeutic sealants. *British Dental Journal*, **216**(5), 237-243.
- Hyatt, T.P. (1924). Prophylactic odontotomy: an operative procedure for the prevention of decay. *Journal of Dental Research*, **6**(4), 389-426.
- Hwang, G., Liu, Y., Kim, D., Sun, V., Aviles-Reyes, A., Kajfasz, J.K., Lemos, J.A., Koo, H. (2016). Simultaneous spatiotemporal mapping of in situ pH and bacterial activity within an intact 3D microcolony structure. *Scientific Reports*, **6**, 32841.
- Ikemura, K., Tay, F.R., Endo, T., Pashley, D.H. (2008). A review of chemical-approach and ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. *Dental Materials Journal*, **27**(3), 315-339.
- Ilie, N., Hickel, R. (2011). Resin composite restorative materials. *Australian Dental Journal*, **56**, 59-66.
- Inan, H., Tamam, E., Bagis, B. (2010). Tam protezlerde kullanılan farklı kaide materyallerinin ıslanabilirlik yönünden in vitro incelenmesi. *Türkiye Klinikleri Dishekimligi Bilimleri Dergisi*, **16**(1), 35-43.
- Ismail, A. I., Sohn, W., Tellez, M., Amaya, A., Sen, A., Hasson, H., Pitts, N. B. (2007). The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, **35**(3), 170-178.
- Ito, S., Iijima, M., Hashimoto, M., Tsukamoto, N., Mizoguchi, I., Saito, T. (2011). Effects of surface pre-reacted glass-ionomer fillers on mineral induction by phosphoprotein. *Journal of Dentistry*, **39**(1), 72-79.

- Ito, Y., Ito, T., Yamashiro, K., Mineshiba, F., Hirai, K., Omori, K., Yamamoto, T., Takashiba, S. (2020). Antimicrobial and antibiofilm effects of abietic acid on cariogenic *Streptococcus mutans*. *Odontology*, **108**(1), 57–65.
- Itota, T., Carrick, T.E., Yoshiyama, M., McCabe, J.F. (2004). Fluoride release and recharge in giomer, compomer and resin composite. *Dental Materials Journal*, **20**(9), 789-795.
- Iyer, R.R., Gopalakrishnapillai, A.C., Kalantharakath, T. (2013). Comparisons of in vitro penetration and adaptation of moisture tolerant resin sealant and conventional resin sealant in different fissure types. *Chinese Journal of Dental Research*, **16**(2), 127-36.
- Jaafar, N., Ragab, H., Abedrahman, A., Osman, E. (2020). Performance of fissure sealants on fully erupted permanent molars with incipient carious lesions: A glass-ionomer-based versus a resin-based sealant. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, **14**(1), 61–67.
- Jablonski-Momeni, A., Stachniss, V., Ricketts, D.N., Heinzl-Gutenbrunner, M., Pieper, K. (2008). Reproducibility and accuracy of the ICDAS-II for detection of occlusal caries in vitro. *Caries Research*, **42**(2), 79-87.
- Jafarzadeh, D., Rezapour, R., Abbasi, T., Tabrizi, J., Zeinolabedini, M., Khalili, A., Yousef, M. (2022). The effectiveness of fluoride varnish and fissure sealant in elementary school children: A systematic review and meta-analysis. *Iranian Journal of Public Health*, **51**(2), 266-277.
- Jafer, M., Patil, S., Hosmani, J., Bhandi, S.H., Chalisserry, E.P., Anil, S. (2016). Chemical plaque control strategies in the prevention of biofilm-associated oral diseases. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, **17**(4), 337–343.
- Jager, S., Balthazard, R., Dahoun, A., Mortier, E. (2016). Filler content, surface microhardness, and rheological properties of various flowable resin composites. *Operative Dentistry*, **41**(6), 655–665.
- Jayaraj, D., Ganesan, S. (2015). Salivary pH and buffering capacity as risk markers for early childhood caries: A clinical study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **8**(3), 167-171.
- Joniot, S., Salomon, J.P., Dejoui, J., Grégoire, G. (2006). Use of two surface analyzers to evaluate the surface roughness of four esthetic restorative materials after polishing. *Operative Dentistry*, **31**(1), 39-46.

- Jung, Y.S., Lee, J.W., Choi, Y.J., Ahn, J.S., Shin, S.W., Huh, J.B. (2010). A study on the in-vitro wear of the natural tooth structure by opposing zirconia or dental porcelain. *The Journal of Advanced Prosthodontics*, **2(3)**, 111-115.
- Jurić, H. (2013). Current possibilities in occlusal caries management. *Acta Medica Academica*, **42(2)**, 216.
- Kakaboura, A., Fragouli, M., Rahiotis, C., Silikas, N. (2007). Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, **18(1)**, 155-163.
- Kakaboura, A., Rahiotis, C., Zinelis, S., Al-Dhamadi, Y.A., Silikas, N., Watts, D.C. (2003). In vitro characterization of two laboratory-processed resin composites. *Dental Materials Journal*, **19(5)**, 393-398.
- Kamala, B., Hegde, A. (2008). Fuji III vs. Fuji VII glass ionomer sealants—A clinical study. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **33(1)**, 29-33.
- Kanık, Ö., Türkün, L.Ş. (2016). Restoratif cam iyonomer simanlarda güncel yaklaşımlar. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, **37(2)**, 54-65.
- Kantovitz, K.R., Pascon, F.M., Alonso, R.C., Nobre-Dos-Santos, M., Rontani, R.M. (2008). Marginal adaptation of pit and fissure sealants after thermal and chemical stress. A SEM study. *American Journal of Dentistry*, **21(6)**, 377-382.
- Kapakin, K.A.T. (2006). Scanning-elektron mikroskobu. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, **17(1)**, 55-58.
- Kapor, S., Rankovic, M.J., Khazaei, Y., Crispin, A., Schüller, I., Krause, F., Lussi, A., Neuhaus, K., Eggmann, F., Michou, S., Ekstrand, K., Huysmans, M.C., Kühnisch, J. (2021). Systematic review and meta-analysis of diagnostic methods for occlusal surface caries. *Clinical Oral Investigations*, **25(8)**, 4801–4815.
- Karadağ, S. (2005). Mikrosızıntı araştırma teknikleri ve mikrosızıntıyı etkileyen faktörler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **15(2)**, 80-87.
- Karaman, E., Yazıcı, A.R., Tuncer, D., Fırat, E., Unluer, S., Baseren, M. (2013). A 48-month clinical evaluation of fissure sealants placed with different adhesive systems. *Operative Dentistry*, **38(4)**, 369-375.
- Kashbour, W., Gupta, P., Worthington, H.V., Boyers, D. (2020). Pit and fissure sealants versus fluoride varnishes for preventing dental decay in the permanent teeth of children and adolescents. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **11**, 3067.

- Kaya, T., Tirali, R.E. (2013). Cam iyonomer simanlardaki gelişmeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **7**, 71-77.
- Kessler, A., Kapor, S., Erdelt, K., Hickel, R., Edelhoff, D., Syrek, A., Güth, J.F., Kühnisch, J. (2021). Two-body wear and fracture behaviour of an experimental paediatric composite crown in comparison to zirconia and stainless steel crowns dependent on the cementation mode. *Dental Materials Journal*, **37**(2), 264–271.
- Khan, T.N., Khan, F.R., Abidi, S. (2020). Ameloplasty is counterproductive in reducing microleakage around resin modified glass ionomer and resin based fissure sealants. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, **36**(3), 544–549.
- Khan, T.N., Khan, F.R., Rizwan, S., Nawaz Khan, K.B., Iqbal, S.N., Ali Abidi, S.Y. (2019). Comparison of the adaptability of two fissure sealants in various tooth fissure morphology patterns: An in vitro experimental study. *Journal of Ayub Medical College*, **31**(3), 418–421.
- Khanna, R., Pandey, R.K., Singh, N., Agarwal, A. (2009). A comparison of enameloplasty sealant technique with conventional sealant technique: A scanning electron microscope study. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, **27**(3), 158-163.
- Khoroushi, M., Keshani, F. (2013). A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dental Research Journal*, **10**(4), 411-420.
- Kırzioğlu, Z., Güngör E.Ö., (2009). Okluzal yüz çürüklerinin tanı yöntemleri. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, **15**, 30-39.
- Kim, J.W., Jang, K.T., Lee, S.H., Kim, C.C., Hahn, S.H., García-Godoy, F. (2002). Effect of curing method and curing time on the microhardness and wear of pit and fissure sealants. *Dental Materials Journal*, **18**(2), 120-127.
- Kimyai, S., Savadi-Oskoei, S., Ajami, A.A., Sadr, A., Asdaghi, S. (2011). Effect of three prophylaxis methods on surface roughness of giomer. *Medicina Oral, Patologia Oral, Cirugia Bucal*, **16**(1), 110-114.
- Ko, H.Y., Kang, S.M., Kim, H.E., Kwon, H.K., Kim, B.I. (2015). Validation of quantitative light induced fluorescence-digital (QLF-D) for the detection of approximal caries in vitro. *Journal of Dentistry*, **43**(5), 568-575.
- Koenraads, H., Van der Kroon, G., Frencken, J.E. (2009). Compressive strength of two newly developed glass-ionomer materials for use with the atraumatic restorative

- treatment (ART) approach in class II cavities. *Dental Materials Journal*, **25(4)**, 551-556.
- Kockanat, A., Unal, M. (2017). In vivo and in vitro comparison of ICDAS II, DIAGNOdent pen, CarieScan PRO and SoproLife camera for occlusal caries detection in primary molar teeth. *European Journal of Paediatric Dentistry*, **18(2)**, 99-104.
- Korkut, B., Tağtekin, D.A., Yanıkoğlu, F.Ç. (2011). Diş çürüklerinin erken teşhisi ve teşhiste yeni yöntemler: QLF, Diagnodent, elektriksel iletkenlik ve ultrasonik sistem. *Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **32**, 55-67.
- Koyuturk, A.E., Kusgoz, A., Ulker, M., Yesilyurt, C. (2008). Effects of mechanical and thermal aging on microleakage of different fissure sealants. *Dental Materials Journal*, **27(6)**, 795-801.
- König, K.G. (1963). Dental morphology in relation to caries resistance with special reference to fissures as susceptible areas. *Journal of Dental Research*, **42(1)**, 461-476.
- Köroğlu, A., Ekren, O., Kurtoğlu, C. (2012). Geleneksel ve adeziv dental simanlar hakkında bir derleme çalışması. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **2012(2)**, 205-216.
- Kuşğöz, A., Tüzüner, T., Ülker, M., Kemer, B., Saray, O. (2010). Conversion degree, microhardness, microleakage and fluoride release of different fissure sealants. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, **3(8)**, 594-599.
- Lam, P.P., Sardana, D., Lo, E.C., Yiu, C.K. (2021). Fissure sealant in a nutshell. Evidence-based meta-evaluation of sealants' effectiveness in caries prevention and arrest. *The Journal of Evidence-Based Dental Practice*, **21(3)**, 101587.
- Lemos, J.A., Palmer, S.R., Zeng, L. (2019). The biology of streptococcus mutans. *Microbiology Spectrum Journal*, **7(1)**, 101128.
- Li, F., Jiang, P., Yu, F. (2020). Comparison between fissure sealant and fluoride varnish on caries prevention for first permanent molars: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, **10**, 2578.
- Llena, C., Leyda, A., Forner, L., Garcet, S. (2015). Association between the number of early carious lesions and diet in children with a high prevalence of caries. *European Journal of Paediatric Dentistry*, **16(1)**, 7-12.

- Lo, Y.F., Crispin, A., Kessler, A., Hickel, R., Kühnisch, J. (2019). What is an appropriate etching time for sealant application on permanent molars? Results from a meta-analysis. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **21(6)**, 487-495.
- Lopes, C., Galvan, J., Chibinski, A., Wambier, D.S. (2018). Fluoride release and surface roughness of a new glass ionomer cement: glass carbomer. *Revista de Odontologia da UNESP*, **47(1)**, 1-6.
- Mackert, J.R. (2002). *Physical Properties and Biocompatibility. In Dental Materials and Their Selection, 4th ed.; O'Brien, W.J., Ed.; Chicago, IL, USA. Quintessence Publishing.*
- Maltz, M., Silva, B.B., Carvalho, D.Q.D., Volkweis, A. (2003). Results after two years of non-operative treatment of occlusal surface in children with high caries prevalence. *Brazilian Dental Journal*, **14**, 48-54.
- Mangaiyarkarasi, S. P., Manigandan, T., Sivagami, S., Vijayakumar, R., Chowdary, N. (2013). Biosmart Dentistry. *Annals and Essences of Dentistry*, **5(4)**, 34-38.
- Marković, D., Petrović, B., Perić, T., Blagojević D. (2012). Microleakage, adaptation ability and clinical efficacy of two fluoride releasing fissure sealants. *Vojnosanitetski Pregled*, **69(4)**, 320-325.
- Matalon, S., Peretz, B., Sidon, R., Weiss, E.I., Slutzky, H. (2010). Antibacterial properties of pit and fissure sealants combined with daily fluoride mouth rinse. *Pediatric Dentistry Journal*, **32(1)**, 9-13.
- Mathew, S.R., Narayanan, R.K., Vadekkepurayil, K., Puthiyapurayil, J. (2019). One-year clinical evaluation of retention ability and anticaries effect of a glass ionomer-based and a resin-based fissure sealant on permanent first molars: An in vivo study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **12(6)**, 553–559.
- Matsumoto-Nakano, M. (2018). Role of Streptococcus mutans surface proteins for biofilm formation. *Japanese Dental Science Review*, **54(1)**, 22-29.
- Mattar, R.E., Sulimany, A.M., Binsaleh, S.S., Al-Majed, I.M. (2021). Comparison of fissure sealant chair time and patients' preference using three different isolation techniques. *Children-Basel*, **8(6)**, 444.
- Mc Comb, D., Tam, L.E. (2001). Diagnosis of occlusal caries: Part I. Conventional methods. *Journal of Canadian Dental Association*, **67(8)**, 454–457.

- Mc Donald, R.E., Avery, D.R., Dean, J.A. (2000). Dentistry for the child and adolescent. Mosby, St. Louis, Philadelphia, 446-448.
- Mc Donald, R.E., Avery, D.R., Stookey, G.K., Chin, J.R., Kowolik, J.E. (2011). *Dental Caries in the Child and Adolescent*. St. Louis, Philadelphia. Mosby.
- Mehta, P. (2012). The use of sealants in dentistry-A review. *International Journal of Clinical Dental Science*, **3**(1), 13-9.
- Mejia-Olea, O., Contreras-Bulnes, R., Zamudio-Ortega, R.M., Morales-Luckie, R.M., Olea Cardoso, O. (2014). Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive Spectroscopy microanalysis applied to human dental specimens under laser irradiation for caries prevention. *Microscopy: advances in scientific research and education* (A. Méndez-Vilas, Ed.) Formatex, 70-77.
- Melgar, R.A., Pereira, J.T., Luz, P.B., Hugo, F.N., Araujo, F.B. (2016). Differential impacts of caries classification in children and adults: A comparison of ICDAS and DMF-T. *Brazilian Dental Journal*, **27**(6), 761-766.
- Meller, C., Reichenmiller, K., Schwahn, C., Samietz, S., Blunck, U. (2015). Resin-based pit-and-fissure sealants: microleakage reduction and infiltration enhancement using a bonding agent. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **17**(1), 59-65.
- Memarpour, M., Afzali Baghdadabadi, N., Rafiee, A., Vossoughi, M. (2020). Ion release and recharge from a fissure sealant containing amorphous calcium phosphate. *PloS One*, **15**(11), 0241272.
- Memarpour, M., Rafiee, A., Shafiei, F., Dorudizadeh, T., Kamran, S. (2021). Adhesion of three types of fissure sealant in saliva-contaminated and noncontaminated conditions: an in vitro study. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 1-9.
- Menne-Happ, U., Ilie, N. (2013). Effect of gloss and heat on the mechanical behaviour of a glass carbomer cement. *Journal of Dentistry*, **41**(3), 223-230.
- Mickenausch, S., Yengopal, V. (2011). Caries-preventive effect of glass ionomer and resin-based fissure sealants on permanent teeth: An update of systematic review evidence. *BMC Research Notes*, **4**(1), 22.
- Moda, M.D., Godas, A.G.D.L., Fernandes, J.C., Suzuki, T.Y., Guedes, A.P.A., Briso, A.L., Dos Santos, P.H. (2018). Comparison of different polishing methods on the surface roughness of microhybrid, microfill, and nanofill composite resins. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, **9**(1), 12287.

- Mohamed-Tahir, M.A., Yap, A.U.J. (2004). Effects of pH on the surface texture of glass ionomer based/containing restorative materials. *Operative Dentistry*, **29**(5), 586-591.
- Mohapatra, S., Prabakar, J., Indiran, M.A., Kumar, R.P., Sakthi, D.S. (2020). Comparison and evaluation of the retention, cariostatic effect, and discoloration of conventional Clinpro 3M ESPE and hydrophilic Ultraseal XT Hydro among 12-15-year-old schoolchildren for a period of 6 months: A single-blind randomized clinical trial. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **13**(6), 688–693.
- Moll, K., Fritzenschaft, A., Haller, B. (2004). In vitro comparison of dentin bonding systems: effect of testing method and operator. *Quintessence International*, **35**(10), 845-852.
- Monsarrat, P., Garnier, S., Vergnes, J.N., Nasr, K., Grosgeat, B., Joniot, S. (2017). Survival of directly placed ormocer-based restorative materials: A systematic review and meta-analysis of clinical trials. *Dental Materials Journal*, **33**(5), 212-220.
- Moreira, K., Kantovitz, K., Bueno, T., Agulhari, M.A., Rizzante, F., Aguiar, J., Pascon, F., Arias, V., Borges, A.F., Rontani, R.M. (2020). Indirect evaluation of pit and fissure sealants: A 3D-based method validation. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, **12**(9), 852–856.
- Muntean, A., Simu, M.R., Suhani, R., Mesaros, A.S. (2019). Pit and fissure sealants penetration capacity and their correlation with fissure morphology. *Medicine and Pharmacy Reports*, **92**(3), 50–54.
- Mutluay, M.S. (2016). Süt dişlerinde restoratif materyal seçimi ve etkileyen faktörler. *Selcuk Dental Journal*, **3**(3), 151-158.
- Naaman, R., El-Housseiny, A.A., Alamoudi, N. (2017). The use of pit and fissure sealants-A literature review. *Dentistry Journal*, **5**(4), 34.
- Nagai, N., Homma, H., Sakurai, A., Takahashi, N., Shintani, S. (2020). Microbiomes of colored dental biofilms in children with or without severe caries experience, *Clinical and Experimental Dental Research*, **6**(6), 659-668.
- Nagano, T. (1960). Relation between the form of pit and fissure and the primary lesion of caries. *Shika Gakuho*, **60**, 80-90.

- Nair, V.S., Sainudeen, S., Padmanabhan, P., Vijayashankar, L.V., Sujathan, U., Pillai, R. (2016). Three-dimensional evaluation of surface roughness of resin composites after finishing and polishing. *Journal of Conservative Dentistry*, **19**(1), 91–95.
- Neuhaus, K.W., Jasarevic, E., Lussi, A. (2015). Impact of different illumination conditions on visual caries detection with ICDAS. *Caries Research*, **49**(6), 633–636.
- Newbrun, E. (1989). *Cariology*. London: Quintessence Pub. Co. Inc.
- Newbrun, E. (1992) Preventing dental caries: current and prospective strategies. *The Journal of the American Dental Association*, **123**(5), 68–73.
- Nicholson, J.W. (2014). Fluoride-releasing dental restorative materials: An update. *Balkan Journal of Dental Medicine*, **18**(2), 60–69.
- Nicolae, C.S., Amariei, C.I. (2011). Comparative study using scanning electron microscopy and energy dispersive X-Ray spectroscopy to assess morphological modifications to the enamel surface produced by three sodium fluoride solutions. *Oral Health and Dental Management*, **10**(4), 199–208.
- Nikolaidis, A., Vouzara, T., Koulaouzidou, E. (2020). Pit and fissure nanocomposite sealants reinforced with organically modified montmorillonite: A study of their mechanical properties, surface roughness and color stability. *Dental Materials Journal*, **39**(5), 773–783.
- Nowak, A., Christensen, J.R., Mabry, T.R., Townsend, J.A., Wells, M.H. (2018). *Pediatric Dentistry-E-Book: Infancy Through Adolescence*. Elsevier Health Sciences.
- Ntaoutidou, S., Arhakis, A., Tolidis, K., Kotsanos, N. (2018). Clinical evaluation of a surface pre-reacted glass (S-PRG) filler-containing dental sealant placed with a self-etching primer/adhesive. *European Archives of Paediatric Dentistry: Official Journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, **19**(6), 431–437.
- Nunn, J.H., Murray, J.J., Smallridge, J. (2000). British Society of Paediatric Dentistry: a policy document on fissure sealants in paediatric dentistry. *International Journal of Paediatric Dentistry*, **10**(2), 174–177.
- Oba, A.A., Sönmez, I.Ş., Ercan, E., Dülgergil, T. (2012). Comparison of retention rates of fissure sealants using two flowable restorative materials and a conventional

- resin sealant: two-year follow-up. *Medical Principles and Practice*, **21(3)**, 234-237.
- O'Brien, W.J. (2008). *Dental materials and their selection. (4th edition)*. Chicago, USA: Quintessence Publishing.
- Olegário, I.C., Hesse, D., Mendes, F.M., Bonifácio, C.C., Raggio, D.P. (2019). Glass carbomer and compomer for ART restorations: 3-year results of a randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, **23(4)**, 1761-1770.
- Osorio, E., Osorio, R., Davidenko, N., Sastre, R., Aguilar, J.A., Toledano, M. (2007). Polymerization kinetics and mechanical characterization of new formulations of light-cured dental sealants. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, **80(1)**, 18-24.
- Ozer, S., Gonulol, N., Tunc, E.S., Ay, T. (2016). The effect of different surface conditioning methods and curing protocols on bond strengths of two different fissure sealants. *Acta Odontologica Turcica*, **33(1)**, 18-23.
- Ozveren, N., Uslu, Y.S., Donmez, N. (2020). Effect of acid etching and Er: YAG laser enamel conditioning on the microleakage of glass carbomer fissure sealants. *Journal of Dentistry Indonesia*, **27(1)**, 6-12.
- Ölmez, A., Kisbet, S. (2012). Kompozit rezin restorasyonlarda bitirme ve polisaj işlemlerindeki yeni gelişmeler. *Acta Odontologica Turcica*, **30(2)**, 115-22.
- Pala, K., Tekce, N., Tuncer, S., Serim, M.E., Demirci, M. (2016). Evaluation of the surface hardness, roughness, gloss and color of composites after different finishing/polishing treatments and thermocycling using a multitechnique approach. *Dental Materials Journal*, **35(2)**, 278-289.
- Papacchinia, F., Cury, Á.H., Goracci, C., Chieffi, N., Tay, F.R., Polimeni, A., Ferrari, M. (2006). Noninvasive pit and fissure sealing: microtensile bond strength to intact bovine enamel of different pit and fissure sealants in a simplified fissure model. *Journal of Adhesive Dentistry*, **8(6)**, 375-380.
- Paradella, T.C., Bottino, M.A. (2012). Scanning electron microscopy in modern dentistry research. *Brazilian Dental Science*, **15(2)**, 43-48.

- Pardi, V., Pereira, A.C., Mialhe, F.L., de Castro Meneghim, M., Ambrosano, G.M.B. (2003). A 5-year evaluation of two glass-ionomer cements used as fissure sealants. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, **31**(5), 386-391.
- Pardi, V., Sinhoreti, M.A.C., Pereira, A.C., Ambrosano, G.M.B., Meneghim, M.D.C. (2006). In vitro evaluation of microleakage of different materials used as pit-and-fissure sealants. *Brazilian Dental Journal*, **17**, 49-52.
- Pardi, V., Sinhoreti, M.A.C., Pereira, A.C., Ambrosano, G.M.B., Meneghim, M.D.C. (2008). Fissure sealants: in vitro evaluation of abrasion wear and superficial roughness. *Materials Research*, **11**(2), 117-120.
- Petersen, P.E. (2003). The World Oral Health Report 2003: continuous improvement of oral health in the 21st century—the approach of the WHO global oral health programme. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, **31**(1), 3-24.
- Phuangkaew, T., Booranabunyat, N., Kiatkamjornwong, S., Thanyasrisung, P., Hoven, V.P. (2022). Amphiphilic quaternized chitosan: Synthesis, characterization, and anti-cariogenic biofilm property. *Carbohydrate Polymers*, **277**, 118882.
- Pinkham, J.R., Casamassimo, P.S., Fields, H.W., McTigue, D.J., Nowak, A. (2005). *Pediatric Dentistry. Infancy Through Adolescence*, Philadelphia, USA: Saunders Co.
- Pitts, N.B., Twetman, S., Fisher, J., Marsh, P.D. (2021). Understanding dental caries as a non-communicable disease. *British Dental Journal*, **231**(12), 749–753.
- Poornima, P., Krithikadatta, J., Ponraj, R.R., Velmurugan, N., Kishen, A. (2021). Biofilm formation following chitosan-based varnish or chlorhexidine-fluoride varnish application in patients undergoing fixed orthodontic treatment: a double blinded randomised controlled trial. *BMC Oral Health*, **21**(1), 465.
- Prabakar, J., John, J., Arumugham, I.M., Kumar, R.P., Srisakthi, D. (2018). Comparative evaluation of retention, cariostatic effect and discoloration of conventional and hydrophilic sealants - A single blinded randomized split mouth clinical trial. *Contemporary Clinical Dentistry*, **9**(2), 233–239.
- Prabhakar, A.R., Murthy, S.A., Sugandhan, S. (2011). Comparative evaluation of the length of resin tags, viscosity and microleakage of pit and fissure sealants—an in vitro scanning electron microscope study. *Contemporary Clinical Dentistry*, **2**(4), 324-330.

- Ramamurthy, P., Rath, A., Sidhu, P., Fernandes, B., Nettern, S., Fee, P.A., Zaror, C., Walsh, T. (2022). Sealants for preventing dental caries in primary teeth. *Cochrane Database of Systemic Reviews*, **2(2)**, CD012981.
- Puppin-Rontani, R.M., Baglioni-Gouvea, M.E., deGoes, M.F., Garcia-Godoy, F. (2006). Compomer as a pit and fissure sealant: effectiveness and retention after 24 months. *Journal of Dentistry for Children*, **73(1)**, 31-36.
- Rashid, M.F., Karobari, M.I., Halim, M.S., Noorani, T.Y. (2022) Effectiveness of visual-tactile examination and DIAGNOdent pen in detecting early enamel caries and its remineralisation: An in vitro study. *Biomed Research International*. 1263750.
- Reić, T., Galić, T., Negovetić Vranić, D. (2021). Retention and caries-preventive effect of four different sealants - A 2-year prospective split-mouth study. *International Journal of Paediatric Dentistry*, 12924.
- Reynolds, E.C. (2009). Casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate: the scientific evidence. *Advances in Dental Research*, **21(1)**, 25-29.
- Rinastiti, M., Özcan, M., Siswomihardjo, W., Busscher, H.J., Van Der Mei, H.C. (2010). Effect of biofilm on the repair bond strengths of composites. *Journal of Dental Research*, **89(12)**, 1476-1481.
- Rios, D., Honório, H.M., Araújo, P.A., Machado, M.A. (2002). Wear and superficial roughness of glassionomer cements used as sealants, after simulated tooth brushing. *Pesquisa Odontologica Brasileira*, **16(4)**, 343-348.
- Rodriguez, T.M., Ardu, S., Daeniker, L., Krejci, I. (2011). Evaluation of marginal adaptation, seal and resistance against fatigue cracks of different pit and fissure sealants under laboratory load. *American Journal of Dentistry*, **24(6)**, 367-371.
- Rodrigues, J.A., Santos, N.M., Azevedo, C.B., Haas, A.N., Lenzi, T.L. (2021). Non-invasive and micro-invasive treatments to arrest active occlusal carious lesions in erupting permanent molars: A randomized clinical trial. *Brazilian Oral Research*, **35.0058**.
- Ruivo, M.A., Pacheco, R.R., Sebold, M., Giannini, M. (2019). Surface roughness and filler particles characterization of resin-based composites. *Microscopy Research and Technique*, **82(10)**, 1756-1767.
- Ryba, T.M., Dunn, W.J., Murchison, D.F. (2002). Surface roughness of various packable composites. *Operative Dentistry*, **27(3)**, 243-247.

- Saati, K., Khansari, S., Mahdisiar, F., Valizadeh, S. (2022). Evaluation of microhardness of two bulk-fill composite resins compared to a conventional composite resin on surface and in different depths. *Journal of Dentistry*, **23(1)**, 58–64.
- Salama, F.S., Al-Hammad, N.S. (2002). Marginal seal of sealant and compomer materials with and without enameloplasty. *International Journal of Paediatric Dentistry*, **12(1)**, 39-46.
- Sancakli, H.S., Erdemir, U., Yildiz, E. (2011). Effects of Er: YAG laser and air abrasion on the microleakage of a resin-based fissure sealant material. *Photomedicine and Laser Surgery*, **29(7)**, 485-492.
- Sanders, B. J., Feigal, R. J., Avery, D. R. (2010). *Pit and fissure sealants and preventive resin restorations. Dentistry for the Child and Adolescent. 9th ed.* St. Louis: Mosby, 313-21.
- San-Martin, L., Ogunbodede, E.O., Kalenderian, E. (2013). A 50-year audit of published peer-reviewed literature on pit and fissure sealants, 1962-2011. *Acta Odontologica Scandinavica*, **71(6)**, 1356–1361.
- Sapra, V., Taneja, S., Kumar, M. (2013). Surface geometry of various nanofiller composites using different polishing systems: A comparative study. *Journal of Conservative Dentistry*, **16(6)**, 559-563.
- Savage, B., McWhorter, A.G., Kerins, C.A., Seale, S.N. (2009). Preventive resin restorations: practice and billing patterns of pediatric dentists. *Pediatric Dentistry Journal*, **31(3)**, 210-215.
- Savaş, S., Bölükbaşı, B., Küçükylmaz, E. (2015). Topikal flor uygulamalarının cam iyonomer esaslı fissür örtücü materyallerin mikrosertlikleri üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **25(1)**, 7-12.
- Schestakow, A., Pütz, N., Guth, M.S., Eisenmenger, T.A., Dudek, J., Hannig, M. (2022). Influence of a hydroxyapatite suspension on 48-h dental biofilm formation in-situ. *Archives of Oral Biology*, **136**, 105388.
- Schwimmer, Y., Beyth, N., Ram, D., Mijiritsky, E., Davidovich, E. (2020). Laser tooth preparation for pit and fissure sealing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **17(21)**, 7813.

- Schwengberg, S., Bohlen, H., Kleinsasser, N., Kehe, K., Seiss, M., Walther, U.I. (2005). In vitro embryotoxicity assessment with dental restorative materials. *Journal of Dentistry*, **33**(1), 49-55.
- Seguya, A., Mowafy, M., Gaballah, A., Zaher, A. (2022). Chlorhexidine versus organoselenium for inhibition of *S. mutans* biofilm, an in vitro study. *BMC Oral Health*, **22**(1), 14.
- Selecman, J.B., Owens, B.M., Johnson, W.W. (2007). Effect of preparation technique, fissure morphology, and material characteristics on the in vitro margin permeability and penetrability of pit and fissure sealants. *Pediatric Dentistry Journal*, **29**(4), 308-314.
- Selwitz, R.H., Ismail, A.I., Pitts, N.B. (2007). Dental caries. *The Lancet*, **369**(9555), 51-59.
- Shah, S., Roebuck, E.M., Nugent, Z., Deery, C. (2007). In vitro microleakage of a fissure sealant polymerized by either a quartz tungsten halogen curing light or a plasma arc curing light. *International Journal of Paediatric Dentistry*, **17**(5), 371-377.
- Sharma, N.C., Qaqish, J.G., Galustians, H.J., Goyal, C.R., Cugini, M.A., Thompson, M.C., Warren, P.R. (2005). Plaque removal efficacy of two electric toothbrushes with different brush head designs. *Journal of Dentistry*, **33**, 17-21.
- Shimazu, K., Ogata, K., Karibe H. (2011). Evaluation of the ion-releasing and recharging abilities of a resin-based fissure sealant containing S-PRG filler. *Dental Materials Journal*, **30**(6), 923-927.
- Shingare, P., Chaugule, V. (2021). An in vitro microleakage study for comparative analysis of two types of resin-based sealants placed by using three different types of techniques of enamel preparation. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **14**(4), 475–481.
- Shivakumar, K.M., Prasad, S., Chandu, G.N. (2009). International Caries Detection and Assessment System: A new paradigm in detection of dental caries. *Journal of Conservative Dentistry*, **12**(1), 10.
- Sidhu, S.K., Nicholson, J.W. (2016). A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *Journal of Functional Biomaterials*, **7**(3), 16.
- Simonsen, R.J. (2005). Preventive resin restorations and sealants in light of current evidence. *Dental Clinics*, **49**(4), 815-823.

- Singh, S., Adlakha, V., Babaji, P., Chandna, P., Thomas, A.M., Chopra, S. (2013). A comparative evaluation of the effect of bonding agent on the tensile bond strength of two pit and fissure sealants using invasive and non-invasive techniques: An in-vitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, **7(10)**, 2343-2347.
- Singh, C., Kaur, K., Kapoor, K. (2019). Retention of pit and fissure sealant versus flowable composite: An in vivo one-year comparative evaluation. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, **37(4)**, 372–377.
- Singh, A., Konark Patil, V., Juyal, M., Raj, R., Rangari, P. (2020). Comparative evaluation of occlusal pits and fissures morphology modification techniques before application of sealants: An In vitro study. *Indian Journal of Dental Research: Official Publication of Indian Society for Dental Research*, **31(2)**, 247–251.
- Smitha, M., Paul, S.T., Nagaraj, T., Khan, A.R., Rinu, K. (2019). Comparison and clinical evaluation of two pit and fissure sealants on permanent mandibular first molars: an in vivo study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, **20(10)**, 1151-1158.
- Soliman, N., Mohamed, M. (2017). In vitro evaluation of wear resistance of different fissure sealants after aging procedures. *Egyptian Dental Journal*, **63(2)**, 1729-1737.
- Sözen, Ç. (2013). *Estetik restoratif materyallerde farklı koşullarda oluşan aşınmanın in vitro olarak incelenmesi*. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Sreedevi, A., Brizuela, M., Mohamed, S. (2021). *Pit and Fissure Sealants*. In: StatPearls(Internet). Treasure Island, FL: StatPearls Publishing.
- Strassler, H.E., Grebosky, M., Porter, J., Arroyo, J. (2005). Success with pit and fissure sealants. *Dentistry Today*, **24(2)**, 124, 126-30, 132-33.
- Struzycka, I. (2014). The oral microbiome in dental caries. *Polish Journal of Microbiology*, **63**, 127- 35.
- Sulimany, A.M., BinSaleh, S.S., AlYahya, E., Bataweel, R., Alhussain, I., Almahdy, A. (2021). Effect of aging on the microhardness of different resin-based fluoride-releasing fissure sealants: An in vitro study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, **22(10)**, 1144–1149.

- Sundfeld, D., Machado, L.S., Franco, L.M., Salomão, F.M., Pini, N.I.P., Sundfeld, M.L.M.M., Sundfeld, R.H. (2017). Clinical/photographic/scanning electron microscopy analysis of pit and fissure sealants after 22 years: a case series. *Operative Dentistry*, **42(1)**, 10-18.
- Sungurtekin, E., Öznurhan, F., Öztaş, N. (2010). Pit ve fissür sealant uygulamaları: sistematik bir derleme. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **27(2)**, 145-149.
- Sunyaruri, E., Nainggolan, T.R., Angelia, P., Sumantadireja, Y.H., Gartika, M. (2019). PRR Using Cention N® in Children's Teeth. *Journal Of Applied Dental and Medical Sciences*, **5(2)**, 52-58.
- Symons, A.L., Chu, C.Y., Meyers, I.A. (1996). The effect of fissure morphology and pretreatment of the enamel surface on penetration and adhesion of fissure sealants. *Journal of Oral Rehabilitation*, **23(12)**, 791-798.
- Tagtekin, D.A., Yanikoglu, F.C., Bozkurt, F.O., Kologlu, B., Sur, H. (2004). Selected characteristics of anOrmocer and a conventional hybrid resin composite. *Dental Materials Journal*, **20(5)**, 487-497.
- Tauböck, T.T., Jäger, F., Attin, T. (2019). Polymerization shrinkage and shrinkage force kinetics of high-and low-viscosity dimethacrylate-and ormocer-based bulk-fill resin composites. *Odontology*, **107(1)**, 103-110.
- Teixeira, G.S., Pereira, G., Susin, A.H. (2021). Aging methods-an evaluation of their influence on bond strength. *European Journal of Dentistry*, **15(3)**, 448-453.
- Tekce, N., Pala, K., Tuncer, S., Demirci, M. (2017). The effect of surface sealant application and accelerated aging on posterior restorative surfaces: An SEM and AFM study. *Dental Materials Journal*, **36(2)**, 182-189.
- Tiwari, S., Kenchappa, M., Bhayya, D., Gupta, S., Saxena, S., Satyarth, S., Gupta, M. (2016). Antibacterial activity and fluoride release of glass-ionomer cement, compomer and zirconia reinforced glass-ionomer cement. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, **10(4)**, 90.
- Topal, B.G., Kırzioğlu, Z. (2016). Tükürük ve nem kontaminasyonunun fissür örtücü başarısızlığındaki rolü. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, **7(3)**, 45-50.

- Topal, B.G., Kirzioglu, Z. (2019). Evaluation of the fissure sealants applied to erupting permanent molars in accordance to eruption stages: A prospective study. *Nigerian Journal of Clinical Practice*, **22(11)**, 1495-1502.
- Tosun, G., Altan, H.O., Göztaş, Z., Kahraman, K., Sarı T., Botsalı, M.S. (2015). Farklı yüzey hazırlama yöntemlerinin fissür örtücülerin bağlanma dayanımı üzerine olan etkisi. *Selcuk Dental Journal*, **2(2)**, 65-70.
- Tuna, M.S.Y. (2014). Tükürükle ve nemle kontamine mine yüzeylerine uygulanan farklı fissür örtücülerin tutuculuk, mikrosızıntı ve adaptasyonlarının değerlendirilmesi. Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Pedodonti Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Tunc, E.S., Bayrak, S., Tuloglu, N., Ertas, E. (2012). Evaluation of microtensile bond strength of different fissure sealants to bovine enamel. *Australian Dental Journal*, **57(1)**, 79-84.
- Tuncer, D., Halaçoğlu, D.M., Çelik, Ç., Arhun, N. (2016). Bitirme ve parlatma sistemlerinin farklı tipteki kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğüne etkisi. *7tepe Klinik Dergisi*, **12(2)**, 25-30.
- Uchil, S.R., Suprabha, B.S., Shenoy, R., Rao, A. (2022). Clinical effectiveness of resin-modified glass ionomer-based fluoride varnish for preventing occlusal caries lesions in partially erupted permanent molars: A randomised active-controlled trial. *International Journal of Paediatric Dentistry*, **32(3)**, 314-323.
- Ulu, O., Dörter, C. (2008). Fissür örtücüler ve kullanım alanları. *İstanbul Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, **42(3)**, 25-30.
- Ulusoy, A.T. (2010). Pedodontide güncel koruyucu yaklaşımlar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **3**, 28-37.
- Unal, M., Hubbezoglu, I., Zan, R., Oznurhan, F. (2014). The effect of Er: YAG laser and different surface conditioning procedures on microtensile bond strength of the fissure sealant containing amorphous calcium phosphate after artificial aging. *Dental Materials Journal*, **33(1)**, 21-26.
- Utneja, S., Talwar, S., Nawal, R.R., Sapra, S., Mittal, M., Rajain, A., Verma, M. (2018). Evaluation of remineralization potential and mechanical properties of pit and fissure sealants fortified with nano-hydroxyapatite and nano-amorphous calcium phosphate fillers: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*, **21(6)**, 681-690.

- Ünlügenç, E., Bolgöl, B. (2019). Güncel fissür örtücüler–literatür derlemesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, **30(3)**, 507-518.
- Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., Vanherle, G. (2003). Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry*, **28(3)**, 215-235.
- Veneri, F., Bardellini, E., Amadori, F., Gobbi, E., Belotti, R., Majorana, A. (2020). Antibacterial activity of new hydrophilic sealants: In vitro study. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, **38(4)**, 387–392.
- Venkatesan, K., Ranjan, M. (2014). Remineralizing agents in dentistry: A review. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, **13**, 57-60.
- Vilde, T., Stewart, C.A., Finer, Y. (2022). Simulating the intraoral aging of dental bonding agents: A narrative review. *Dentistry Journal*, **10(13)**, 1-16.
- Vineet, D., Tandon, S. (2000). Comparative evaluation of marginal integrity of two new fissure sealants using invasive and non-invasive techniques: a SEM study. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **24(4)**, 291–297.
- Wadhwa, S.A., Nayak, U., Kappadi, D., Prajapati, D., Sharma, R., Pawar, A. (2018). Comparative clinical evaluation of resin-based pit and fissure sealant and self-adhering flowable composite: An in vivo study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **11(5)**, 430–434.
- Weitman, R.T., Eames, W.B. (1975). Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. *The Journal of the American Dental Association*, **91(1)**, 101-106.
- Welbury, R., Raadal, M., Lygidakis, N.A. (2004). EAPD guidelines for the use of pit and fissure sealants. *European Journal of Paediatric Dentistry*, **5(3)**, 179-184.
- Wen, P.Y.F., Chen, M.X., Zhong, Y.J., Dong, Q.Q., Wong, H.M. (2022). Global burden and inequality of dental caries, 1990 to 2019. *Journal of Dental Research* **101(4)**, 392-399.
- Wilson, I.P. (1895). Preventive dentistry. *The American Journal of Dental Science*, **29(1)**, 10-13.
- Wright, J. T., Crall, J. J., Fontana, M., Gillette, E. J., Nový, B. B., Dhar, V., Donly, K., Hewlett, E. R., Quinonez, R. B., Chaffin, J., Crespín, M., Iafolla, T., Siegal, M. D., Tampi, M. P., Graham, L., Estrich, C., Carrasco-Labra, A. (2016). Evidence-

- based clinical practice guideline for the use of pit-and-fissure sealants: A report of the American Dental Association and the American Academy of Pediatric Dentistry. *Journal of the American Dental Association*, **147**(8), 672-682.
- Yadav, G., Rehani, U., Rana, V. (2012). A comparative evaluation of marginal leakage of different restorative materials in deciduous molars: An in vitro study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **5**(2), 101-107.
- Yap, A.U., Tan, C.H, Chung, S.M. (2004). Wear behavior of new composite restoratives. *Operative Dentistry*, **29**(3), 269-274.
- Yazici, A.R., Kiremitçi, A., Celik, C., Özgünaltay, G., Dayangaç, B. (2006). A two year clinical evaluation of pit and fissure sealants placed with and without air abrasion pretreatment in teenagers. *Journal of American Dental Association*, **137**(10), 1401-1405.
- Yazici, A.R., Tuncer, D., Antonson, S., Onen, A., Kilinc, E. (2010). Effects of delayed restorative materials. *European Journal of Dentistry*, **4**(1), 50-56.
- Yilmaz, Y., Beldüz, N., Eyübo, O. (2010). A two-year evaluation of four different fissure sealants. *European Archives of Paediatric Dentistry*, **11**(2), 88-92.
- Yip, H.K., Smales, R.J. (2002). Glass ionomer cements used as fissure sealants with the atraumatic restorative treatment (ART) approach: review of literature. *International Dental Journal*, **52**(2), 67-70.
- Yun, X., Li, W., Ling, C., Fok, A. (2013). Effect of artificial aging on the bond durability of fissure sealants. *The Journal of Adhesive Dentistry*, **15**(3), 251–258.
- Zainuddin, N., Karpukhina, N., Law, R.V., Hill, R.G. (2012). Characterisation of a remineralising glass carbomer® ionomer cement by MAS-NMR spectroscopy. *Dental Materials Journal*, **28**(10), 1051-1058.
- Zawaideh, F.I., Owais, A.I., Kawaja, W. (2016). Ability of pit and fissure sealant-containing amorphous calcium phosphate to inhibit enamel demineralization. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, **9**(1), 10-14.
- Zero, D.T. (2013). How the introduction of the acid-etch technique revolutionized dental practice. *Journal of the American Dental Association* , **144**(9), 990–994.
- Zhang, X.Z., Anderson, P., Dowker, S.E.P., Elliott, J.C. (2000). Optical profilometric study of changes in surface roughness of enamel during in vitro demineralization. *Caries Research*, **34**(2), 164-174.

- Zhang, K., Xiang, Y., Peng, Y., Tang F., Cao Y., Xing Z., Li Y., Liao X., Sun Y., He Y., Ye Q. (2022). Influence of fluoride-resistant streptococcus mutans within antagonistic dual-species biofilms under fluoride in vitro. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, **12**, 801569.
- Zhanga, W., Chenb, X., Fanc, M., Mulderd, J., Frencken, J.E. (2017). Retention rate of four different sealant materials after four years. *Oral Health and Preventive Dentistry*, **15**, 307-314.



İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

FARKLI İÇERİĞE SAHİP FİSSÜR ÖRTÜCÜLERİN YAŞLANDIRMA PROSEDÜRÜ SONRASINDAKİ AŞINMA, PÜRÜZLÜLÜK VE MİKROSERTLİK DEĞERLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ORJİNALLİK RAPORU

% 13	% 13	% 3	% 1
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	% 6
2	www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	% 1
3	dspace.ankara.edu.tr İnternet Kaynağı	% 1
4	hdl.handle.net İnternet Kaynağı	<% 1
5	nek.istanbul.edu.tr:4444 İnternet Kaynağı	<% 1
6	acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
7	dergipark.org.tr İnternet Kaynağı	<% 1
8	dfd.atauni.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1

Submitted to Istanbul University