



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**NaOCI UYGULANAN DENTİNİN BAĞLANMA
DAYANIMINA FARKLI ANTİOKSİDANLARIN
ETKİSİNİN YAŞLANDIRMA İŞLEMİ SONRASI
KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ**

İrem GÜRSES

Uzmanlık Tezi

Doç. Dr. Güneş BULUT EYÜBOĞLU

TRABZON-2023



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**NaOCI UYGULANAN DENTİNİN BAĞLANMA
DAYANIMINA FARKLI ANTİOKSİDANLARIN
ETKİSİNİN YAŞLANDIRMA İŞLEMİ SONRASI
KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ**

İrem GÜRSES
ORCID: 0000-0003-4606-0677

Uzmanlık Tezi

Doç. Dr. Güneş BULUT EYÜBOĞLU
ORCID: 0000-0002-0033-7135

TRABZON-2023

ONAY SAYFASI



BEYAN

Bu tez çalışmasının KTÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzu standartlarına uygun olarak yazıldığını, tezin akademik ve etik kurallara bağlı kalınarak gerçekleştirilmiş özgün bir bilimsel araştırma eserim olduğunu, tezde yer alan ve bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen tüm bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve kaynakların kaynaklar listesinde yer aldığını, tezin çalışılması ve yazımı aşamalarında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışım olmadığını, tezimin BAP koordinasyon birimi tarafından TDH-2021-9446 proje kodu ile desteklendiğini beyan ederim.

26.01.2023

İrem GÜRSES

(İmza)

İthaf

Uzmanlık tezimi, hayatındaki en zorlu sınavı başarıyla geçerek bana en büyük hediyeı veren sevgili anneme ve her zaman bize destek olan sevgili babama ithaf ediyorum.



TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimiyle bana yardımcı olan ve her konuda yol gösteren, klinik tecrübe ve deneyimlerini benimle paylaşan, tüm yardımları ve fedakarlıkları için hocam ve tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Güneş BULUT EYÜBOĞLU'na,

Uzmanlık eğitimim boyunca üzerimde emeği geçen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tuğba SERİN KALAY'a, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Kıvanç DÜLGER'e,

KTÜ Makina Mühendisliği Bölümü Sayın Dr. Öğr. Üyesi Harun YANAR'a, KTÜ Merkezi Araştırma Laboratuvarı'na, Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'na ve KTÜ Tıbbi Biyokimya Bölümü Arş. Gör. Sevil KÖR'e, KTÜ Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi'ne,

Asla unutmayacağım birçok güzel anı paylaştığım, sevgi ve desteklerini kalpten hissettiğim canım arkadaşlarım; Elif KARAPIÇAK ve Ayşenur YAVUZ GÜNGÖR'e,

Uzmanlık eğitimimin başından sonuna kadar en zor zamanlarımda yanımda olan ve her koşulda destekleri ile yalnız bırakmayan, çalışma ortamımı güzelleştiren canım eşkıdemlerim; Zuhale ATA, Özge MİMİR, İrem Nur ÇAKMAK, Leyla DEVLETLİ ÖZYİĞİT'e,

Birlikte çalışma fırsatı bulduğum için mutluluk duyduğum kıdemlilerim; Pınar NAİBOĞLU, Hatice ERYUVA, Esmahan OKUR, Beyza ZAHİR KÜÇÜKERDEN, Fatih YAVUZ, Pelin TÜRKYILMAZ'a,

Bölüm sekreterlerimiz; Nahide KUVVET ve Yeşim YILMAZ AYDIN'a, bölüm personellerimiz; Burak YAZICI, Serhat ŞAHİN ve Fatma İSKENDER'e,

Sadece uzmanlık döneminde değil hayatım boyunca beni en içten anlayan ve destek olan, en mutlu günlerimde olduğu gibi en zor günlerimde de yanımda olan can dostum Fırat İSKENDER'e

Hayatımdaki her adımda benden desteklerini esirgemeyen, arkamda oldukları için gurur duyduğum ve şanslı hissettiğim biricik ailem; sevgili annem Sabiha GÜRSES, babam Recep GÜRSES, ağabeyim Ali Doğukan GÜRSES ve eşi Ebru HAN GÜRSES'e

Bilimin ışığında pes etmeden ilerlememi sağlayan en büyük ilham kaynağım başöğretmenimiz Mustafa Kemal ATATÜRK'e,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İrem GÜRSES

İÇİNDEKİLER

KAPAK SAYFASI

ONAY

İÇ KAPAK SAYFASI

İTHAF

TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
RESİMLER DİZİNİ.....	xi
KISALTMALAR, SİMGELER VE FORMÜLLER.....	xii
ÖZET	xiv
ABSTRACT	xv
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Adezyon.....	3
2.1.1. Mineye Adezyon.....	3
2.1.2. Dentine Adezyon	4
2.2. Adeziv Sistemlerin Sınıflandırılması.....	5
2.2.1. Etch-and-rinse (Total-etch sistemler) Adeziv Sistemler	5
2.2.2. Self-etch Adeziv Sistemler	7
2.2.3. Universal (Multi-mode) Adeziv Sistemler	10
2.3. Adezyonu Etkileyen Faktörler.....	11
2.4. Serbest Oksijen Radikalleri ve Oksidatif Stres.....	12
2.5. Kavite Dezenfektanları.....	13
2.5.1. Klorheksidin.....	14
2.5.2. Hidrojen Peroksit	14
2.5.3. Ozon	15
2.5.4. Sodyum Hipoklorit	15
2.6. Antioksidanlar.....	17
2.6.1. Sodyum Askorbat	18
2.6.2. Proantosiyanidin.....	19
2.7. Yapay Yaşlandırma Yöntemleri Bağlanma Dayanımı Testleri.....	20

2.7.1.	Termal Yaşlandırma İşlemi.....	20
2.8.	Bağlanma Dayanımı Testleri	21
2.8.1.	Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi.....	22
3.	GEREÇ VE YÖNTEM	25
3.1.	Power Analizi	25
3.2.	Dişlerin Seçimi ve Örneklerin Hazırlanması.....	25
3.3.	Deney Örneklerinin Gruplandırılması	28
3.4.	Çalışmada Kullanılan Materyaller.....	31
3.5.	Kontrol Gruplarının Hazırlanması	32
3.6.	Deney Gruplarının Hazırlanması.....	32
3.6.1.	Sodyum Askorbat Antioksidan Solüsyonunun Hazırlanması ve Örneklerle Uygulanması.....	33
3.6.2.	Proantosiyanidin Antioksidan Solüsyonunun Hazırlanması ve Örneklerle Uygulanması	34
3.7.	Örneklerle Adeziv Sistem Uygulanması ve Restorasyonların Tamamlanması	35
3.8.	Kontrol ve Deney Örneklerine Termal Yaşlandırma İşleminin Uygulanması	38
3.9.	Makaslama Bağlanma Dayanımı Testleri	39
3.10.	İstatistiksel Analiz	40
4.	BULGULAR	41
5.	TARTIŞMA	46
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	57
7.	KAYNAKLAR.....	59

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Sayfa
Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyaller	31
Tablo 2. Çalışmada kullanılan adeziv sistemin üretici kullanım talimatları	36
Tablo 3. Dönem ve grupların bağlanma dayanımı üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi	41
Tablo 4. Deney ve kontrol gruplarının erken ve geç dönem arasındaki bağlanma dayanımlarının değerlendirilmesi	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 1.	Çalışmada kullanılan kontrol ve deney grupları	28
Şekil 2.	Deney ve kontrol gruplarının erken ve geç dönem bağlanma dayanımı değerleri	43
Şekil 3.	Kontrol ve deney gruplarının makaslama bağlanma dayanımı sonrası kırılma tiplerinin dağılımı	45

RESİMLER DİZİNİ

Resim No		Sayfa
Resim 1.	Düşük hızlı hassas kesme cihazı	26
Resim 2.	Dentin örneği kesim işlemi	26
Resim 3.	Dentin örneği	26
Resim 4.	Akrilik rezine gömülü dentin örneği	26
Resim 5.	Zımparalama cihazı	27
Resim 6.	Cerkamed Chloraxid Extra %5.25'lik NaOCl solüsyonu	32
Resim 7.	Sodyum askorbat tuzu	33
Resim 8.	Sodyum askorbat solüsyonu	33
Resim 9.	Üzüm çekirdeği ekstresi	34
Resim 10.	Proantosiyanidin solüsyonu	34
Resim 11.	Clearfil SE Bond	35
Resim 12.	LED ışık cihazı	35
Resim 13.	Pleksiden yapılmış kompozit kalıbı ve kompozit rezin uygulaması	37
Resim 14.	Pleksiden yapılmış kompozit kalıbı ve kompozit rezin uygulaması	37
Resim 15.	Filtek P60	37
Resim 16.	Restorasyonları tamamlanmış deney örnekleri	38
Resim 17.	Restorasyonları tamamlanmış deney örnekleri	38
Resim 18.	Termal yaşlandırma cihazı	38
Resim 19.	Universal çekme-basma cihazı	39
Resim 20.	Vidalı aparat ve düz-ince uçlu bıçak	39
Resim 21.	Kırma işleminden önce örneğin önden ve yandan görünüşü	40
Resim 22.	Kırma işleminden önce örneğin önden ve yandan görünüşü	40

KISALTMALAR, SİMGELER VE FORMÜLLER

Kısaltmalar:

10-MDP	10-metakriloyloksidesil dihidrojenfosfat
4-AETA	4-akriloyloksietil trimelitat anhidrit
4-MET	4-metakriloyloksietil trimelitik asit
4-META	4 metakriloyloksietil trimelitat anhidrit
Ark	Arkadaşları
Bis-EMA	Bisetlen Glikol Dimetakrilat
Bis-GMA	Bisfenol Glisidil Dimetakrilat
BPDM	Bifenil Dimetakrilat
CSE	Clearfil SE Bond
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
EDTA	Etilendiamin tetraasetik asit
HEMA	Hidroksietilmetakrilat
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü (Internatioal Organization For Standardization)
KTÜ	Karadeniz Teknik Üniversitesi
LED	Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
MAC- 10	11-metakriloyloksi-1,1'undekandikarboksilik asit
MBD	Makaslama Bağlanma Dayanımı
MDP	Metakriloyloksidesil dihidrojenfosfat
MDPB	Metakriloyloksidodesilpiridinyum bromür
MEP	2-metakriloyloksietil dihidrojen fosfat
MMP	Matriks metalloproteinaz
MPa	Megapaskal
N	Kuvvet
nm	Nanometre
PA	Proantosiyanidin
ppm	Milyonda bir birim (Parts Per Million)
RNA	Ribonükleik asid

SA	Sodyum Askorbat
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope)
UDMA	Üretan Dimetakrilat

Simgeler:

%	Yüzde
<	‘den küçüktür
=	Eşittir
>	‘den büyüktür
°C	Santigrat derece
cm	Santimetre
dk	Dakika
mm	Milimetre
µm	Mikrometre
sn	Saniye

Formüller:

H₂O	Su
H₂O₂	Hidrojen Peroksit
HOCl	Hipokloröz asit
NaOCl	Sodyum hipoklorit
NaOH	Sodyum hidroksit
O₃	Ozon
OCl⁻	Hipoklorit iyonu

ÖZET

Bu in vitro tez çalışmasının amacı; dentin yüzeyine sodyum hipoklorit (NaOCl) uygulamasından sonra farklı sürelerde uygulanan iki antioksidanın [sodyum askorbat (SA) ve proantosiyanidin (PA)] dentin ile iki aşamalı bir self-etch adeziv (Clearfil SE Bond) arasındaki erken ve geç dönem makaslama bağlanma dayanımına (MBD) etkisini incelenmesidir.

Bu çalışmada 160 adet daimi insan molar diş koronal dentin yüzeyi açığa çıkarılacak şekilde, düşük hızda elmas disk ile kesildi. Dentin örnekleri 30 mm çapında, 10 mm yüksekliğindeki akrilik silindirlere gömüldü. Örnekler rastgele olarak 8 ana gruba (n=20) ayrıldı. NaOCl uygulanmayan ve uygulanan grup olmak üzere iki kontrol grubu oluşturuldu (CSE, NaOCl). Geriye kalan deney örneklerine önce 10 dakika %5,25'lik NaOCl sonrasında %10'luk SA ve %15'lik PA antioksidan solüsyonları farklı sürelerde (1 dk, 5 dk, 10 dk) uygulanarak 6 adet antioksidan deney grubu hazırlandı (SA1, SA5, SA10, PA1, PA5, PA10). Tüm gruplardaki örnekler 2 aşamalı bir self-etch adeziv (Clearfil SE Bond, Kuraray Inc.) ve kompozit rezin (Filtek P60, 3M ESPE) üretici talimatlarına göre uygulanarak ışıkla polimerize edildi. Tüm gruplar erken ve geç dönem olmak üzere iki alt gruba ayrıldı (n=10). Erken dönemdeki örnekler restorasyondan hemen sonra, geç dönem grubundaki örnekler ise termal yaşlandırma işlemi (5000 siklus) sonrasında MBD testi yapıldı.

Bu çalışmanın sonucunda; NaOCl grubunun erken ve geç dönemdeki MBD değerleri her iki antioksidanın da tüm uygulama sürelerindeki erken ve geç dönem MBD değerlerinden düşük bulundu ($p<0,05$). *Erken dönemde*; SA uygulanan gruplarda, 1 dk uygulanan SA grubu 5 ve 10 dk SA uygulanan gruplardan anlamlı derecede düşük MBD değeri gösterdi ($p<0,05$). PA uygulanan gruplarda ise 1 dk uygulanan PA grubunun erken dönemdeki MBD değeri, 5 dk PA uygulanan gruptan anlamlı derecede düşük olduğu görüldü ($p<0,019$; $p<0,05$). *Geç dönemde ise*; her iki antioksidanın da farklı uygulama sürelerindeki MBD değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$).

Bu in vitro çalışmanın bulgularına göre NaOCl uygulaması sonrası her iki antioksidanın uygulama süresi arttıkça hem erken hem de geç dönemde MBD değerlerini arttırdığı görülmüştür. Bu çalışmanın sınırları içerisinde NaOCl sonrası rezin-dentin MBD değerlerinin artırılması ve uzun vadede restorasyonun dayanıklılığının korunması amacıyla %10'luk SA veya %15'lik PA antioksidan ajanlarının en az 1 dk kullanımı önerilebilir.

Anahtar kelimeler: Sodyum hipoklorit, Makaslama bağlanma dayanımı, Sodyum Askorbat, Proantosiyanidin

ABSTRACT

The aim of this in vitro thesis study was to investigate the effect two antioxidants [(sodium ascorbate (SA) and proanthocyanidin (PA)] applied at different application times to the dentin surface after sodium hypochlorite (NaOCl) application on the short and long term SBS of between dentin and a two-step self-etch adhesive (Clearfil SE Bond).

In this study, 160 permanent human molar teeth were cut with a low-speed diamond disc, exposing the coronal dentin surface. Dentin samples were embedded in acrylic cylinders with a diameter of 30 mm and a height of 10 mm. The samples were randomly divided into 8 main groups (n=20). Two control groups were prepared, one group with and one without application of NaOCl (CSE, NaOCl). Six antioxidant experimental groups [(SA1, SA5, SA10, PA1, PA5, PA10)] were prepared by applying 5.25% NaOCl for 10 minutes, then 10% SA and 15% PA antioxidant solutions to the remaining experimental samples at different application times (1 min, 5 min, 10 min). Samples in all groups were light cured by applying a two-step self-etch adhesive (Clearfil SE Bond, Kuraray Inc.) and composite (Filtek P60, 3M ESPE) according to the manufacturers' instructions. All groups were divided into two subgroups as immediate and long term groups (n=10). SBS tests were performed right after restoration on the immediate term groups, and after thermal aging procedures (5000 cycles) for the long term groups.

As a result of this study; the SBS values of NaOCl group of immediate and long term groups were lower than the SBS values of both antioxidants groups of immediate and long term groups at all application times ($p<0.05$). *At the immediate term SA groups*; the SA group applied for 1 min showed a significantly lower SBS value than the groups applied SA for 5 and 10 min ($p<0.05$).

At the immediate term PA groups, the SBS values of the PA group applied for 1 min was found to be significantly lower than the PA group applied for 5 minutes ($p:0.019$; $p<0.05$). In the long term, there was no statistically significant difference between the SBS values of both antioxidants groups at different application times ($p>0.05$).

According to the findings of this in vitro study, it was observed that SBS values increased as the application time of both antioxidants increased after NaOCl application, for the immediate and long term groups.

Within the limitations of this study, it could be recommended the application of 10% SA and 15% PA antioxidant agents for at least 1 minute in order to increase and protect the resin-dentin SBS values after application of NaOCl for the long term durability of the restorations.

Keywords: Sodium hypochlorite, Shear bond strength, Sodium Ascorbate, Proanthocyanidin

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Restoratif diş tedavilerinin başarısını etkileyen en önemli kriterlerden biri kavite preparasyonu sonrası tüm mikroorganizmaların kavite duvarından, smear tabakasından, dentin tübüllerinden uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Restorasyon öncesi, enfekte dentinin mekanik olarak kaldırılması bu mikroorganizmaların eliminasyonunda yetersiz kalmaktadır. Dentin tübüllerinde, kavite tabanında ve duvarlarında kalan bu rezidüel mikroorganizmalar postoperatif hassasiyete, pulpal inflamasyona, mikrosızıntıya ve sekonder çürüklere neden olabilmektedir (1, 2). Bu nedenle çürük temizlendikten sonra kavite dezenfeksiyonu amacıyla yıllardır çeşitli antimikrobiyal ajanlar kullanılmaktadır.

Sodyum hipoklorit (NaOCl) geniş spektrumlu antimikrobiyal etkinliği, organik doku çözücü özelliği, uygulamasının kolay ve maliyetinin düşük olması gibi avantajları sebebiyle diş tedavilerinde kavite dezenfektanı olarak sıklıkla tercih edilmektedir (3, 4). Ancak bazı çalışmalarda NaOCl'nin ortaya çıkardığı serbest radikaller ile adeziv sistemin polimerizasyonunu ve rezin materyallerin diş dokusuna bağlanmasını olumsuz etkilediği bildirilmiştir (5–8). Bu nedenle bu serbest radikalleri nötralize etmek ve dentin-rezin bağlanma dayanımını iyileştirmek amacıyla çeşitli antioksidanlar ile çalışmalar yapılmaktadır (9–12). Bu amaçla sodyum askorbat (SA) sıklıkla kullanılan sentetik bir antioksidan ajandır (13).

SA askorbik asitin bir tuzudur ve askorbik asite göre daha nötral bir pH'a (yaklaşık 7) sahip olması nedeniyle diş dokularında kullanım için uygun bir ajandır. SA ayrıca toksik olmayan, ucuz ve kolay elde edilebilir bir antioksidandır bu nedenle tıp ve diş hekimliği alanlarında yıllardır kullanılmaktadır (14, 15). Literatürde okside edici ajanlardan sonra SA uygulamasının bağlanma dayanımını arttırdığı birçok çalışma mevcuttur (5, 6, 14, 16).

Dentin-rezin bağlanma dayanımının iyileştirilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda bir diğer antioksidan proantosiyanidindir. Proantosiyanidin (PA), başta üzüm çekirdeği olmak üzere birçok sebze ve meyvede bulunan doğal bir antioksidan ajandır (17–19). PA güçlü bir antioksidan olmasının yanında tendon, deri, kan damarları, kemik ve dentin gibi birçok dokunun esas bileşini olan tip-I kollajenler arası çapraz bağlarını arttırmakta ve stabilize etmektedir (20). Bu özellikleri sayesinde doğal bir çapraz bağlayıcı ajan olarak PA, dentindeki kollajenler arasındaki çapraz bağları, dentinin biyomekanik özelliklerini ve dentin ile rezin materyaller arasındaki adezyonu arttırmaktadır (19, 21). Ayrıca PA, diş

tedavilerinde kullanılan oksitleyici ajanlardan sonra ortamdaki serbest radikallerin olumsuz etkileri nötrale amacıyla literatürdeki çalışmalarda kullanılmaktadır (22–24) .

Bu tez çalışmasının amacı; diş tedavilerinde dezenfeksiyon amacıyla sıklıkla tercih edilen NaOCl'nin ve sonrasında farklı sürelerde (1 dk, 5 dk, 10 dk) uygulanan iki farklı antioksidan solüsyonunun [proantosiyanidin (PA) ve sodyum askorbat (SA)] dentin ile restoratif materyaller arasındaki erken dönem bağlanma dayanımına etkilerini değerlendirmektir. Ayrıca bu erken dönem bağlanma dayanımları ile yaşlandırma işlemi sonrası geç dönem bağlanma dayanımı değerlerini karşılaştırmalı olarak incelemektir.

Bu doğrultuda çalışmamızın hedefi şunlardır;

1. NaOCl uygulamasının ve NaOCl sonrasında uygulanan iki farklı antioksidan solüsyonunun farklı uygulama sürelerindeki bağlanma dayanımı değerlerinin karşılaştırılması ve en ideal uygulama sürelerinin belirlenmesidir.
2. NaOCl uygulamasının ve NaOCl sonrasında uygulanan iki farklı antioksidan solüsyonunun erken ve geç dönem bağlanma dayanımlarının karşılaştırılması olarak incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Adezyon

Günümüz restoratif diş hekimliğinde, mekanik tutuculuk amacıyla hazırlanan geleneksel kavitelerin yerini diş dokusunu koruyan minimal invaziv yöntemler almıştır (25, 26). Hastaların estetik tedavilere talep ve ilgilerinin artmasıyla ve adeziv sistemlerin geliştirilmesiyle daha konservatif kaviteler hazırlanarak fonksiyon ve estetik beklenti sağlanabilmektedir. Bu nedenle bir restorasyonun klinik başarısında restorasyon ile diş dokusu arasındaki bağlantının önemi büyüktür (25).

Adezyon kelimesi, latince *adhaerere* ("yapışmak") kelimesinden gelmektedir. Amerikan Test ve Materyal Birliği (ASTM) adezyonu; “iki yüzeyin birleşme, bağlanma ya da hem birleşme hem de bağlanma içeren kuvvetlerle bir arada olduğu durum” olarak tanımlamaktadır (27). Adherent kelimesi, bağlanan yüzey veya nesne için kullanılmaktadır (28). Adeziv ise; iki nesnenin bağlanma yüzeyleri arasında katılaşarak birleşmesini ve birinin yüzeyinden diğerine yük geçişini sağlayan ve genellikle viskoz sıvı formunda bir materyaldir. Adezyon veya adezivin gücü, adeziv bağlantının yük taşıma kapasitesinin ölçüsüdür (27, 29).

Diş hekimliğinde rezin içerikli materyallerin diş dokusuna bağlanması aşağıda sıralanan dört olası mekanizma ile gerçekleşmektedir (27);

1. Mekanik: Diş yüzeyinde rezin uzantılarının oluşumu ve penetrasyonu

2.Adsorpsiyon: Diş dokusunun inorganik bileşenine (hidroksiapatit) veya organik bileşenlerine (özellikle tip I kollajen) kimyasal bağlantı

3.Difüzyon: Diş yüzeyinde biriken maddelere rezin monomerlerinin mekanik veya kimyasal olarak bağlanması

4. Önceki üç mekanizmanın kombinasyonları

2.1.1. Mineye Adezyon

Modern adeziv diş hekimliğinin temeli, 1955 yılında Buonocore'un " mine yüzeyini adezyona daha uygun hale getirmek amacıyla" asitlerin kullanılabileceğini bildirmesiyle atılmıştır (25, 30, 31). Buonocore mine yüzeyine %85'lik fosforik asiti 30 saniye uygulamış

ve sınıf III, sınıf V kavitelerde, pit ve fissür sealantlarda asit uygulaması ile mine dokusuna adezyonun kullanılabileceğini öne sürmüştür (30). Günümüz diş hekimliğinde mine dokusunu pürüzlendirmek amacıyla sıklıkla kullanılan fosforik asit genellikle %30 ile %40 arasındaki konsantrasyonlarda tercih edilmektedir (27). Asitleme işlemi ile mineye adezyonun sağlanması restoratif diş hekimliğinin yanı sıra ortodontik, pediatrik diş hekimliği dallarında ve estetikle birlikte koruyucu yaklaşımın ön planda olduğu alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (30).

Mine yüzeyinin asit ile pürüzlendirilmesinin amacı, minenin serbest yüzey enerjisini arttırmaktır. Rezin içerikli akışkan materyaller asitle pürüzlendirilmiş mine yüzeyine uygulandığında, kapiller etkiyle arayüzde rezin penetrasyonu sağlanmaktadır. Asitlenmiş mine yüzeyindeki mikroporozitelere rezin içerikli materyallerin dolarak prizma benzeri mikrotaglerin oluşması, rezin-mine adezyonunun temel mekanizmasıdır (26, 27).

2.1.2. Dentine Adezyon

Rezin içerikli materyallerin dentine bağlanması, mineye bağlamasından çok daha komplekstir (30, 32). Dentin dokusunun kimyasal içeriği ve yapısal özellikleri mineden oldukça farklıdır. Mine ile dentin arasındaki temel fark, dentinin mineden çok daha az mineralize olması ve çok daha fazla su içeriğine sahip olmasıdır (27). Dentin dokusu, mineden daha karmaşık bir histolojik yapıya sahip olmakla birlikte dentinin inorganik içeriği mineye göre oldukça azdır. Mine dokusunda hacimce %92 inorganik hidroksiapatit içerik bulunurken dentin dokusunun %45'i inorganiktir. Bununla birlikte, dentin dokusundaki hidroksiapatit kristalleri, büyük çoğunluğu kolajenden oluşan organik bir matris içerisinde rastgele bulunurken, mine dokusundaki hidroksiapatit kristalleri düzenli dizilmiştir (30, 31).

Kavite preparasyonu sonrasında dentin derinliği adezyonu etkilemektedir. Derin dentinde yüzeysel dentine göre bağlanma dayanımı daha düşüktür (33). Yüzeysel dentin bol miktarda intertübüler dentin içermektedir. Bununla birlikte derin dentin az miktarda intertübüler dentin ve yüzeysel dentine göre daha geniş ve sayıca fazla tübül içermektedir (27). İntertübüler dentin dokusunun içerdiği sıvı ve pulpal basınç sonucunda dentin tübüllerinde sıvı akışı meydana gelmektedir. Bu sıvı akışı nedeniyle dentin nemli bir yapıya sahiptir. Dentin dokusundaki bu faktörler adeziv sistemlerin bağlantısını zorlaştırmaktadır (31).

2.2. Adeziv Sistemlerin Sınıflandırılması

Adeziv sistemlerin geliştirilmesi ve diş hekimliğinde kullanımının artmasıyla günümüze kadar birçok sınıflandırılma yapılmıştır. Bu sınıflandırmalar genel olarak; uygulama aşamalarına göre, smear tabakasıyla etkileşimlerine göre, klinik uygulamalarına göre ve tarihsel gelişimlerine göre sınıflandırılmaktadır (26, 27). Diş hekimliğinde güncel olarak kullanılan adeziv sistemler için genellikle klinik uygulamalarına göre sınıflandırma kullanılmaktadır. Klinik uygulamalarına göre adeziv sistemler aşağıda gösterildiği gibi üç ayrı grupta sınıflandırılmaktadır (34);

Klinik uygulamalarına göre sınıflandırma:

- a. Etch-and-rinse (total-etch) adeziv sistemler
- b. Self-etch adeziv sistemler
- c. Universal (multimode) adeziv sistemler

2.2.1. Etch-and-rinse (Total-etch sistemler) Adeziv Sistemler

Etch-and-rinse (asitle ve yıka) adeziv sistemler, mine ve dentin yüzeyine asit uygulanmasının ayrı bir basamak olarak yapıldığı sistemlerdir. Asitleme işleminde genellikle %30 ile %40 arasında değişen konsantrasyonlardaki ortofosforik asit kullanılmaktadır (31, 34, 35). Asitleme işlemi ile smear tabakasının kaldırılması ve dentin tübüllerinin açılması ile adeziv sistemin penetrasyonun artırılması amaçlanmaktadır (26, 30).

Etch-and-rinse adeziv sistemler klinikte uygulama aşamalarına göre iki aşamalı ve üç aşamalı olarak ikiye ayrılmaktadır. Üç aşamalı etch-and-rinse sistemler ilk olarak 1990'ların başında asit, primer ve adezivin her birinin üç ayrı aşamada uygulanmasını içeren şekliyle tanıtılmıştır (26). Asit/primer/bond aşamalarının her birinin ayrı aşamalarda uygulanması işlem sırasında hataların olma ihtimalini arttırmaktadır ve klinik uygulamada teknik bir hassasiyet gerektirmektedir (26, 30, 35). Bu nedenle üreticiler uygulamayı kolaylaştırmak adına iki aşamalı etch-and-rinse adeziv sistemi geliştirmişlerdir (27, 35). İki aşamalı sistemlerde birinci aşamada asit, ikinci aşamada ise tek bir şişede birleştirilen primer ve adeziv uygulanmaktadır (34). Üç aşamalı etch-and-rinse sistemler bağlanma dayanımı açısından altın standart olarak gösterilse de iki aşamalı etch-and-rinse sistemlerin de

bağlanma dayanımları genel olarak başarılı kabul edilmektedir (36). Yapılan çalışmalarda etch-and-rinse adeziv sistemlerin başarılı bir laboratuvar ve klinik performansa rağmen postoperatif hassasiyet oluşturabildiği gösterilmiştir (30).

Kavite preparasyonu ile açığa çıkan debrislerin oluşturduğu dentin dokusunun en üst kısmını kaplayan 1.0 µm'lik tabakaya “smear tabakası” denilmektedir (26). Mine ve dentin yüzeyine asit uygulanması smear tabakasının uzaklaştırılmasına, dentin tübüllerinin açılmasına, minede hidroksiapatitlerin uzaklaşmasına ve derin boşluklar meydana gelmesine, peritübüler ve intertübüler dentin 3-5 µm derinliğe kadar dekalsifiye olmasına neden olmaktadır (30, 35, 37). Asit uygulaması sonrası dentinde meydana gelen demineralizasyon sonucunda kollajen fibriller ortaya çıkmaktadır. Bu kollajen fibriller rezin polimerizasyonu ile meydana gelen mikro-mekanik bağlantı için mikro-retantif alanlar oluşturmaktadır (35).

Asit uygulaması sonrasında diş yüzeyine, aseton, etanol ve/veya su gibi solventler ve bifonksiyonel monomerler içeren primer uygulanmaktadır. Primer, kollajen ağına penetre olarak yüzey enerjisini ve dolayısıyla dentinin ıslanabilirliğini arttırmaktadır. Primerde bulunan hidroksietilmetakrilat (HEMA) gibi monomerler, hidrofilik grup ve hidrofobik grup olmak üzere 2 fonksiyonel grup içermektedir. Hidrofilik grup dentin yüzeyine bağlanırken hidrofobik grup rezin içerikli dolgu materyale bağlanmaktadır (30).

Diş yüzeyine primer sonrasında adeziv uygulanmaktadır. Adezivler genellikle Bis-GMA gibi bir hidrofobik ve dentin ıslanabilirliğini arttırmak amacıyla HEMA gibi hidrofilik özellikli monomerler içermektedir (30). Hidrofilik monomer içeriği fazla olan adezivler, diş sert dokularında su emilimini arttırmaktadır. Bu dentin dokusuna absorbe olmuş fazla su adeziv sistemin hidrolizini arttırmakta ve mekanik özelliklerini azaltmaktadır. Bu nedenle adeziv sistemlerin içeriğine hidrofobik monomerlerin eklenmesi, bu problemlerin önüne geçerek, restoratif materyal ile diş dokusu arasındaki bağlantıyı oluşturan hibrit tabakanın dayanıklılığını arttırmaktadır (38).

Etch-and-rinse adeziv sistemlerin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (31):

- Etch-and-rinse sistemler 1990 yılından itibaren piyasada olması sebebiyle uzun dönem takip edilen sistemlerdir.

- İn vitro çalışmalarda etch-and-rinse sistemlerin dentin ve mineye erken dönem bağlanma dayanımı oldukça başarılı bulunmaktadır. Özellikle üç aşamalı etch-and-rinse adeziv sistemlerin bağlanma dayanımı, iki aşamalı etch-and-rinse göre daha yüksektir.
- Beş yılın üstündeki klinik çalışmalarda etch-and-rinse sistemlerin uzun dönem bağlanma dayanımı başarılı bulunmaktadır.
- Etch-and-rinse adezivler; dentinin gereğinden fazla asitlenmediği, iki aşamalı etch-and-rinse adezivlerin de primer/adeziv solüsyonun fazla nemli bırakılmaması koşuluyla, asitle pürüzlendirilmiş diş dokusuna mekanik bir kilitlenme ile bağlanmaktadır.
- Etch-and-rinse sistemler kompozite, porselene, fiber postlara, asitlenmiş veya kumlanma işlemi uygulanmış metallere ve amalgama bağlanabilmektedir.

Etch-and-rinse adeziv sistemler dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (26, 31):

- Etch-and-rinse sistemler diğer adeziv sistemlere göre klinik uygulama aşamalarında daha fazla teknik hassasiyet gerektirmektedir bu da hasta başındaki klinik süreyi uzatmaktadır.
- Gereğinden fazla uzun süre asitleme işlemi yapılırsa adeziv sistemin dentin dokusuna bağlanma dayanımını azaltmaktadır.
- İki aşamalı etch-and-rinse adeziv sistemlerin klinik ve in vitro performansı, üç aşamalı etch-and-rinse adeziv sistemlere göre daha hızlı bozunmaya uğramaktadır.
- Bazı çalışmalar etch-and-rinse adezivlerin smear tabakası tamamen uzaklaştırdığından self-etch adezivlerden daha yüksek postoperatif hassasiyete neden olduğunu göstermiştir.

2.2.2. Self-etch Adeziv Sistemler

Self-etch adeziv sistemler, etch-and-rinse adeziv sistemlerdeki gibi ayrı bir asitle pürüzlendirme ve yıkama aşaması yerine, yıkama aşaması gerektirmeyen asidik monomerler ile mine ve dentinin aynı anda pürüzlendirilmesi amacıyla geliştirilmiştir (39, 40). Etch-and-rinse adeziv sistemlerdeki asitleme aşaması ile smear tabakası tamamen ortadan kaldırılırken self-etch adeziv sistemler smear tabakasını çözerek diş dokusuna bağlanmayı sağlamaktadır (31).

Self-etch adeziv sistemler, asitleme ve yıkama işlemi gerektirmediğinden etch-and-rinse adeziv sistemlere göre klinik uygulama aşamaları kısaltılmış ve basitleştirilmiştir. Bu nedenle self-etch sistemlerde, etch-and-rinse sistemlere kıyasla uygulanma sırasında gereken teknik beceri gereksiniminin azalması, işlem sırasında oluşabilecek hataları ve sonrasında oluşabilecek postoperatif hassasiyet ihtimalini de azaltmaktadır (39–41).

Self-etch adeziv sistemler; pH'ı fosforik asite kıyasla genellikle daha yüksek olan, asidik fonksiyonel monomerler içermektedir. Asidik monomerlerin suda çözünürlüğü düşük olduğu için self-etch adeziv sistemler içerdiği “HEMA” monomeri ile dentin yüzeyinin ıslanabilirliğini arttırmaktadır. Self-etch adeziv sistemler ayrıca çapraz bağlanmayı sağlamak amacıyla bifonksiyonel veya multifonksiyonel monomerler içermektedir (39). Bu fonksiyonel asidik monomerler; fenil-P, 10-metakriloyloksidesil dihidrojenfosfat (10-MDP), metakriloyloksidodesilpiridinyum bromür (MDPB), 4 metakriloyloksietil trimelitit anhidrit (4-META), 4-metakriloyloksietil trimelitik asit (4-MET), 11-metakriloyloksi-1,1'undekandikarboksilik asit (MAC- 10), 4-akriloyloksietil trimelitit anhidrit (4-AETA), 2-metakriloyloksietil dihidrojen fosfat (MEP), fosfat metakrilatlar, akrilik eter fosfonik asit ve diğer fosforik asit esterleri gibi grupları içerebilmekte ve hidroksiapatit ile kimyasal olarak etkileşime girebilmektedir (39).

Self-etch adeziv sistemlerin bağlanma mekanizması; kimyasal ve mikro-mekanik kilitlenme olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Mikro-mekanik bağlanma, restorasyon üzerine gelen mekanik strese karşı dayanıklılık sağlamaya katkıda bulunurken, kimyasal bağlanma, restorasyonların marjinal sızdırmazlığını daha uzun süre koruyarak hidrolitik bozulmayı azaltmaktadır (39).

Self-etch adeziv sistemlerin içerdiği asidik monomerlerin pH derecelerine göre; pH derecesi 1'in altında olanlar kuvvetli asidik, pH derecesi 1 ile 2 arasında olanlar orta düzeyde kuvvetli asidik, pH'ı yaklaşık 2 olanlar hafif asidik ve pH'ı 2,5 ve üstünde olanlar ultra hafif asidik olarak sınıflandırılmaktadır (31, 40).

Kuvvetli asidik (pH<1) self-etch adeziv sistemler ile smear tabakası neredeyse tamamen çözülürken, çözülmüş kalsiyum fosfatlar ortamdaki uzaklaştırılamamaktadır. Ortamdaki bu kalsiyum fosfatların düşük hidrolitik etkisi dentin yüzeyindeki kollajenler ile stabil olmayan kimyasal bir etkileşime girmesi uzun dönemde arayüzdeki bağlantıyı zayıflatmaktadır (39).

Orta düzeyde asidik ($1 \leq \text{pH} \leq 2$) self-etch adezivlerin uygulanması sonrası dentin yüzeyi, kuvvetli ve hafif asidik self-etch adezivlerin arasında morfolojik özellikler sergilemektedir. Orta düzeyde asidik adezivler dentinin yüzeysel demineralizasyonu ile smear tabakasını çözmekte ve kısa rezin taglar ($\pm 10 \mu\text{m}$) oluşturmaktadır. Orta düzeyde asidik adezivler, dentin yüzeyinde hafif asidik adezivlere göre daha kalın bir hibrit tabaka oluşumu gözlenmektedir (35).

Hafif asidik ($\text{pH} \approx 2$) self-etch adeziv sistemler dentini ancak $1 \mu\text{m}$ derinliğe kadar kısmen çözebilmektedir. Hafif asidik self etch adeziv sistemler smear tabakasını kısmen çözerek ince bir hibrit tabaka oluşturmaktadır. Diş dokusunda çözünmeden kalan hidroksiapatit kristalleri ile adeziv sistemin bifonksiyonel monomerleri arasında bağlanma gerçekleşmektedir (31, 35, 39). Ultra-hafif asidik adeziv sistemler ise ancak yüzeysel dentindeki kollajenleri açığa çıkabilmektedir ve nanometrik bir bağlanma bölgesi oluşturmaktadır (39).

Kuvvetli asidik self-etch adeziv sistemler minedeki bağlanmayı arttırırken, hafif asidik sistemlerde minede bağlantı yeterli olmamaktadır. Bu nedenle özellikle hafif asidik self-etch adeziv sistemlerde, minenin asitle pürüzlendirilmesi işlemi ile mine dokusundaki bağlanma arttırılabilmektedir (39, 40).

Self-etch adeziv sistemlerin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir(27, 31, 40):

- Self-etch adeziv sistemler, asitle pürüzlendirme ve yıkama aşamaları olmadığı için etch-and-rinse adeziv sistemlere göre uygulamaları oldukça kolaylaştırılmış sistemlerdir.
- Self-etch adezivler etch-and-rinse sistemlere göre daha az aşamaya sahip olduğundan hasta başındaki klinik süre daha kısa olmaktadır.
- Self-etch adeziv sistemler selektif asitleme yöntemiyle uygulanabilmektedir ve bu yöntemle klinik performansları arttırılabilmektedir.
- Self-etch sistemler 1990'ların sonlarından beridir piyasada olması nedeniyle uzun dönem takip edilen sistemlerdir.
- Hafif asidik self-etch adeziv sistemler, kalsiyum açısından zengin ve rezin infiltre olmuş bir hibrit tabaka aynı anda hem mikro-mekanik ve hem de kimyasal bağlanmaya izin verebilmektedir.

- İki aşamalı self-etch adezivler sistemlerin içeriğine, rezin-dentin ara yüzünün bozulmasını önleyen veya geciktiren hidrofobik Metakriloyloksidesil dihidrojen fosfat (MDP) gibi kalsiyuma kimyasal olarak bağlanabilen monomerlerin eklenmesi adeziv restorasyonların dayanıklılığı açısından büyük bir atılım olmuştur.

Self-etch adeziv sistemlerin dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (31):

- Self-etch adeziv sistemlerin içerdiği asidik primer fosforik asit kadar asidik değildir bu nedenle self-etch adezivler mineyi fosforik asitle aynı derecede pürüzlendirememektedir.
- Bazı çalışmalarda tek aşamalı self-etch adezivlerin, bir yıllık klinik takipte mine dokusunda meydana gelen mikrosızıntı belirtilerinin iki yılda kabul edilemez derecede marjinal renk değişikliği ile sonuçlandığını gösterilmiştir.
- Tek aşamalı self-etch adezivlerin asidik yapısı, kompozit rezin materyallerin polimerizasyonunu olumsuz etkilemektedir.

2.2.3. Universal (Multi-mode) Adeziv Sistemler

Günümüz adeziv diş hekimliğinde işlem basamaklarını azaltarak teknik hassasiyeti azaltmaya ve klinik uygulama süresini kısaltmaya yönelik iyileştirmeler yapılmaktadır. Bu amaçla universal adeziv sistemler geliştirilmiş ve piyasaya sürülmüştür. “Universal” ya da diğer adıyla “Multi-mode” adeziv sistemler etch-and-rinse, self-etch veya selektif etch olarak kullanılabilen, klinik duruma göre uyarlanabilen sistemlerdir (26, 27, 39). Universal adezivler en yeni nesil adeziv sistemler olup 2011 yılında piyasaya sunulmuşlardır (26).

Universal adeziv sistemler etch-and-rinse olarak iki aşamalı, self-etch olarak tek aşamalı uygulanabilirliği sayesinde çok yönlü ve en kolaylaştırılmış sistem olduğu öne sürülse de tek şişede birleştirilmiş adezivin farklı diş dokularına (mine, sklerotik dentin, kronik çürüklü dentin) bağlanmasını sağlamak oldukça zordur. Universal adeziv sistemlerde bağlanmayı arttırmak amacıyla mine dokusunun (özellikle işlem görmemiş mine yüzeyinin) ayrı bir aşamada fosforik asitle pürüzlendirilmesi tavsiye edilmektedir (26, 37).

Universal adeziv sistemlerin organik matriksi; Bis-GMA, hidrofilik yapıya sahip HEMA, hidrofobik yapıya sahip decandiol dimetakrilat monomerlerinin bir kombinasyonundan oluşmaktadır. Universal adezivler bu içeriği sayesinde çeşitli yüzey

koşulları altında hidrofilik diş yüzeyi ile hidrofobik rezin restoratif materyal arasında bir köprü oluşturmaktadır (26). Ayrıca cam seramiklere bağlanma öncesinde uygulanan silanlama basamağını elimine etmek amacıyla bazı universal adeziv sistemlerin içeriğine silan eklenmektedir. Universal adezivler basitleştirilmiş sistemler olmasına rağmen in vitro çalışmalarda zayıf bağlanma dayanımı gösterdikleri, bazı in vivo çalışmalarda da restorasyonların uzun dönem başarısını olumsuz etkiledikleri bildirilmektedir (26).

Universal adeziv sistemlerin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (31):

- Universal adeziv sistemler etch-and-rinse, self-etch ve selektif etch yöntemlerle kullanılabildiği için çok yönlü sistemlerdir.
- Universal adeziv sistemler; hızlı, kullanımı kolay, çok fazla teknik hassasiyet gerektirmeyen sistemlerdir.
- Self-etch olarak kullanıldığında hidroksiapatit kristallerine kimyasal bir bağlanma sağlanmaktadır.
- Çok çeşitli restoratif işlemlerde kullanım endikasyonları vardır.

Universal adeziv sistemlerin dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (31):

- Mine dokusunun selektif olarak asitlenmesi önerildiğinden self-etch adeziv sistemlere göre klinik uygulama süresi daha fazladır.
- Self-etch yöntemi ile uygulanan universal adeziv sistemlerin diş dokusuna retansiyon özellikleri, selektif etch yöntemiyle uygulanması ve etch-and-rinse sistemler ile kıyaslandığında düşük bulunmaktadır.
- Universal adeziv sistemlerin içeriğine silan eklenmesi, cam matrisli seramiklere bağlanma dayanımlarını olumlu etkilememektedir. Cam matrisli seramiklere bağlanmada universal adezivler yetersiz kaldığından ayrı bir silan uygulaması gerektirmektedir.

2.3. Adezyonu Etkileyen Faktörler

Diş tedavilerinde kullanılan adeziv sistemlerin dentin dokusuna bağlanmasını etkileyen birçok faktör mevcuttur. Adeziv sistemin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biri diş tedavisi sırasında tükürük veya kan kontaminasyonunun meydana gelmesidir. Adeziv sistem ile diş dokusu arasındaki ideal bağlanmayı gerçekleştirebilmek

için yeterli izolasyonun sağlanarak kontaminasyonun önlenmesi gerekmektedir (42). Kontaminasyon özellikle kooperasyon sağlanamayan hastalarda, kavitenin subgingival marjinde sonlanması durumunda, malpoze ve tam sürmemiş dişlerde rubberdam izolasyonunun sağlanamaması durumlarında gerçekleşmektedir. Diş dokusunun kan ve tükürük gibi oral sıvılarla kontaminasyonu, sonrasında uygulanan adeziv sistemlerinin bağlanma dayanımlarını olumsuz etkilemektedir (42, 43).

Diş tedavilerinde kullanılan oksitleyici ajanların işlem sırasında ortaya çıkardığı serbest radikaller adeziv sistemin başarısını olumsuz etkileyen bir diğer faktördür. Yapılan çalışmalarda bu oksitleyici ajanlar sonrası diş dokusunda kalan rezidüel serbest radikallerin rezin materyallerin polimerizasyonunu olumsuz etkilediği ve bağlanma dayanımını azalttığı bildirilmektedir (10, 24, 44).

2.4. Serbest Oksijen Radikalleri ve Oksidatif Stres

Serbest radikal, en dıştaki atomik veya moleküler orbitalinde bir veya birden fazla eşleşmemiş elektron içeren ve bağımsız olarak var olabilen atom grupları veya moleküler olarak tanımlanabilir (45, 46). Serbest radikaller vücudun normal metabolik süreci sırasında toksinler ve metabolik atıklarla ortaya çıkmaktadır. Serbest radikaller düşük/orta konsantrasyonlarda normal fizyolojik fonksiyonlarda işlev görmektedir. Bununla birlikte fazla miktarda serbest radikal üretimi ise oksidatif strese yol açmaktadır. Serbest radikallerin oluşturduğu bu oksidatif stres lipidler, proteinler, RNA ve DNA dahil olmak üzere hücre yapılarına zarar vererek birçok hastalığa yol açabilmektedir. (45–50)

Diş tedavilerinde beyazlatma amacıyla hidrojen peroksit, karbamid peroksit ve kavite dezenfeksiyonu amacıyla NaOCl gibi oksitleyici ajanlar kullanılmaktadır. Bu oksitleyici ajanların uygulama sırasında ve sonrasında ortaya çıkardığı serbest radikaller adeziv sistemin polimerizasyonunu ve restorasyon ile diş dokusu arasındaki bağlanma dayanımını olumsuz etkilemektedir (10–13, 51). Oksitleyici ajanların uygulaması sonrası ortaya çıkan ve mine prizmaları ve dentin içerisinde mahsur kalan rezidüel oksijen molekülleri, dentin ile restorasyon arasındaki bağlanma dayanımında meydana gelen azalmadan sorumlu tutulmaktadır (51).

Restoratif diş tedavilerinde kullanılan oksitleyici ajanların oluşturduğu serbest radikallerin nötralize edilmesi amacıyla antioksidanlar kullanılmaktadır (10–12, 24, 52).

Serbest radikallerin ortamdan uzaklaştırılması amacıyla antioksidanlar arasında en çok askorbik asitin bir tuzu olan sodyum askorbat (SA) kullanılmıştır. Literatürdeki birçok çalışmada SA'nın %10'luk konsantrasyonunun oksidatif etkiler ile azalan dentin-rezin bağlanma dayanımını arttırdığı bildirilmiştir (6, 51). Bu amaçla özellikle son dönemde sıklıkla kullanılan bir diğer antioksidan ise proantosiyanidindir (PA). PA güçlü antioksidan etkisi ile oksitleyici ajanlar sonrasında ortamda oluşan serbest radikalleri ortamdan uzaklaştırmaktadır. Ayrıca PA doğal bir çapraz bağlayıcı ajan olduğundan kollajenlerin yapısında meydana gelen bozulmaları azaltarak bağlanma dayanımını olumlu etkilediği öne sürülmektedir (53).

2.5. Kavite Dezenfektanları

Restoratif diş tedavilerinin başarısında en önemli etkenlerden biri restorasyon yapımı öncesinde enfekte çürük dokusunun tamamen uzaklaştırılmasıdır. Kavite preparasyonu sırasında enfekte dokuların tamamen temizlense bile ortamdaki rezidüel bakteriler; sekonder çürük oluşumu, postoperatif hassasiyet ve pulpal enflamasyon gibi istenmeyen sonuçlara sebebiyet verebilmektedir. Rezidüel mikroorganizmaların uzaklaştırılması restoratif tedavilerin başarısı için büyük önem taşımaktadır (1, 7, 54).

Restorasyon yapımından önce enfekte dentinin sadece mekanik olarak temizlenmesi ortamdaki mikroorganizmaların uzaklaştırılmasında yetersiz kalmaktadır. Kavite preparasyonu sonrası kavite duvarlarında, mine- dentin sınırında, dentin tübüllerinde ve smear tabakasında kalan rezidüel bakteriler restorasyon başarısını olumsuz etkilemektedir. Kavitedeki bu rezidüel bakterilerin kavite dezenfektanları uygulanarak elimine edilmesi önerilmektedir. Bu amaçla diş hekimliğinde günümüze kadar pek çok antimikrobiyal ajan kullanılmıştır (1, 7, 55).

Diş hekimliğinde tedavi sırasında dezenfeksiyon amacıyla;

- Sodyum Hipoklorit (NaOCl)
- Klorheksidin Glukonat
- Hidrojen Peroksit (H₂O₂)
- Ozon tedavisi
- Etilendiamin tetraasetik asit (EDTA)
- Benzalkonyum Klorür

- İyodin solüsyonları

gibi antibakteriyel ajanlar ve uygulamalar kullanılmaktadır (7, 56, 57). Bununla birlikte özellikle son dönemde kavite preperasyonu, kök kanal ve kavite dezenfeksiyonu amacıyla lazer uygulamaları da kullanılmaktadır (56–58).

2.5.1. Klorheksidin

Klorheksidin glukonat gram (+), gram (-) bakterilere, bazı mantarlar ve mayalara karşı etkinlik gösteren geniş spektruma sahip bir antiseptik ajandır. Klorheksidinin pozitif yüklü yapısı; bakteri hücre duvarı, ekstrasellüler polisakkaritler, hidroksiapatit, pelikül, tükürük müsinleri ve oral mukoza gibi negatif yüklü yüzeylere bağlanarak uzun süreli etki göstermektedir (59).

Klorheksidin glukonat uzun süreli antibakteriyel etkinliği sayesinde; gingivitise, periodontitise, periodontal enflamasyona ve diş çürüğüne karşı oral kavitede antiseptik olarak sıklıkla tercih edilmektedir. Klorheksidin, tek bir uygulama sonrası, ağız florasındaki mikroorganizmaları birkaç saat boyunca %90'ın üzerinde azaltabilmektedir (59). Ayrıca yapılan çalışmalar sonucu, klorheksidin solüsyonu ile subgingival bölgenin irrigasyonunun diş eti kanamasını, periodontal enflamasyonu ve cep derinliği miktarlarını azalttığı göstermiştir (60).

Çürük lezyonunun oluşumunda; bakterilerin asidik metabolizma ürünlerinin sebep olduğu demineralizasyon ile konak kaynaklı matriks metalloproteinazlar da (MMP) dentin yıkımında etkili olmaktadır. Bu nedenle klorheksidin glukonat MMP inhibitörü olarak antiproteolitik aktiviteye sahiptir ve çürük oluşumunun önlenmesinde etkilidir (61, 62). Klorheksidin ayrıca çürük oluşumunda önemli rol oynayan *Streptococcus mutans* üzerinde bakterisidal etkinliği kanıtlanmış ve diş hekimliğinde kavite dezenfektanı olarak sıklıkla tercih edilen bir antibakteriyel ajandır (7, 59).

2.5.2. Hidrojen Peroksit

Hidrojen peroksit (H_2O_2), özellikle %1 ve üstündeki konsantrasyonlarda bakteriler, mantarlar, virüsler ve mayalar üzerine etki eden geniş antimikrobiyal spektruma sahip bir ajandır (63). Hidrojen peroksitin sulu çözeltisinde süperoksit reaksiyonları sonucunda

ortaya hidroksil radikalleri çıkmaktadır. Hidroksil radikalleri mikroorganizmaların sülfidril grupları ile oksidasyonu ve hücrelerin membranına, lipidlere, proteinlere bağlanmaktadır. Bu mekanizmanın sonucunda hidrojen peroksit, mikroorganizmaların hücre zarı, DNA ve hücresel temel bileşenlerine hasar vererek güçlü bir antimikrobiyal etkinlik göstermektedir (64). Hidrojen peroksit hem gram pozitif ve hem gram negatif bakteriler üzerine etki etmektedir. Diş tedavilerinde hidrojen peroksitin %3 lük konsantrasyonu subgingival irrigasyon amacıyla periodontal ceplerde kullanılmaktadır (63).

2.5.3. Ozon

Ozon (O_3) üç adet oksijen atomundan oluşan ve atmosferin stratosfer tabakasında 1-10 ppm konsantrasyonda doğal olarak bulunan bir gazdır (65). Ozon; bakteri, fungus, protozoa ve virüslere karşı etkili bir antimikrobiyal ajandır bu sebeple tıp ve diş hekimliği tedavilerinde dezenfeksiyon amacıyla sıvı ve gaz formunda kullanılmaktadır (66).

Ozon antimikrobiyal özelliğini; güçlü oksidan özelliği sayesinde mikroorganizmaların hücre duvarına, sitoplazmik membranına, glikoproteinlere, glikolipitlere ve aminoasitlere zarar vererek göstermektedir. Bu durum mikroorganizmalar için önemli fonksiyonlara sahip olan hücre membranındaki geçirgenliği arttırarak hücreye ozon moleküllerinin girmesini kolaylaştırmakta ve hücre ölümüne sebep olmaktadır (65–67).

Ozon diş çürüklerinin önlenmesi ve kavite dezenfeksiyonunda antimikrobiyal etkilerinden dolayı tercih edilmeye başlanmıştır. Diş çürüğünün oluşmasında başlıca etkili olan *Streptococcus mutans*, *Actinomyces naeslundii* ve *Lactobacillus casei* 30 saniyelik ozon uygulanması sonucunda elimine edilmektedir (67).

2.5.4. Sodyum Hipoklorit

Sodyum hipoklorit su arıtma işlemlerinde, kimya endüstrisinde, tıp ve diş hekimliğinde bir çok alanda kullanılan ağartıcı ve dezenfekte edici bir ajandır (68). Sodyum hipoklorit, kimyasal formülü $NaOCl$ olan, bir sodyum katyonu (Na^+) ve hipoklorit anyonundan (OCl^-) oluşan iyonik bir bileşiktir ve sulu çözeltisinde aşağıdaki denklemde gösterildiği gibi sodyum (Na^+) ve hipoklorit (OCl^-) iyonlarına ayrılmaktadır (7, 68–70).



NaOCl suda ortaya çıkardığı hipoklorit iyonu (OCl^-) ve hipokloröz asit (HOCl) arasında dinamik bir denge mevcuttur. Bu iyonlar protein, amino asitler, peptitler, ve lipitler ile etkileşime girerek aminoasit degradasyonuna ve hidrolizine sebep olan, organik doku çözücü güçlü oksidan ajanlardır (68–71).

NaOCl'nin sulu çözeltisindeki hipokloröz asitin organik dokular ile teması sırasında meydana gelen reaksiyon sonucu aktif klor açığa çıkmaktadır. Bu aktif klor iyonu proteinlerin amino grupları ile birleşerek kloraminasyon reaksiyonu sonucu, kloraminleri oluşturmaktadır. Kloraminler, mikroorganizmaların hücrel enzimlerinin sülfidril gruplarını geri dönüşümsüz olarak inaktive ederek ve hücrel metabolik fonksiyonlarını bozarak antimikrobiyal etkinlik sağlamaktadır (7, 68, 70, 72).

Literatürdeki çalışmalarda NaOCl %0,5 ile %10 arasında değişen konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (73). NaOCl'nin antibakteriyel etkinliği aktif klor ve oksijen salınımına bağlı olduğu için solüsyonlardaki konsantrasyonu arttıkça antibakteriyel etkinliği artmaktadır. Düşük konsantrasyonlardaki sodyum hipoklorit solüsyonunun daha fazla miktarda ve sıklıkla yenilenerek uygulanması ile antimikrobiyal etkinliğinin artırılabilceği düşünülmektedir (72).

Diş hekimliğinde sodyum hipoklorit ;

- Geniş spektrumlu antimikrobiyal etkinliği,
- Proteolitik özelliği,
- Uygulaması kolay ve
- Maliyetinin düşük olması gibi avantajları sebebiyle kavite dezenfektanı olarak sıklıkla tercih edilmektedir (3).

Diş tedavilerinde NaOCl kavite dezenfektanı ve kök kanal irrigasyonu amacıyla sıklıkla tercih edilen antimikrobiyal bir ajandır. Bununla birlikte NaOCl'nin meydana getirdiği serbest oksijen radikalleri, sonrasında uygulanacak olan adeziv ajanın polimerizasyonu sırasında erken zincir sonlanmasına sebep olarak ve bağlanma dayanımını olumsuz etkilemektedir (6, 10, 12, 52, 70, 74). Bu nedenle literatürdeki çalışmalarda NaOCl'nin ortaya çıkardığı oksidan ürünlerini elimine etmek ve diş dokusunun maruz kaldığı oksitleyici etkiyi nötralize etmek amacıyla sodyum askorbat, proantosiyanidin gibi

çeşitli antioksidanlar uygulanmaktadır (5, 6, 74–76).

2.6. Antioksidanlar

Antioksidanlar, hücre metabolizmasının toksik yan ürünleri olan serbest radikalleri nötralize ederek hücre hasarını önleyen maddelerdir.(48, 50) Antioksidanlar insan vücudunda doğal olarak üretildiği (endojen antioksidanlar) gibi gıdalar ve/veya takviyeler yoluyla da (eksojen antioksidanlar) sağlanabilmektedir.(48) Antioksidanlardan zengin bir beslenme düzeni ile hastalıkların önlenebileceği ve sağlık sorunlarının azaltılabildiği yapılan çalışmalar ile gösterilmektedir (47).

Antioksidanlar;

- Endojen kaynaklı antioksidanlar
- Eksojen kaynaklı antioksidanlar

olmak üzere iki grupta incelenmektedir.(45, 48)

Endojen antioksidanlar içerisinde “enzimatik antioksidanlar” olarak sınıflandırılan başta süperoksit dismutaz (SOD) olmak üzere, katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPx) ve glutatyon redüktaz (GRx) reaktif oksijen türlerine karşı ilk savunma hattını oluşturan önemli antioksidanlardır (45, 48).

“Enzimsel olmayan (non-enzimatik) antioksidanlar” ise endojen kaynaklı veya eksojen kaynaklı (gıdalar yoluyla alınan) olabilmektedir. Endojen kaynaklı non-enzimatik antioksidanlar; glutatyon, melatonin, bilirubin, albümin , ürik asit, koenzim Q10, α -lipoik asit, seruloplazmin ve transferrindir.(45, 48)

Eksojen kaynaklı non-enzimatik antioksidanlar gıda ve/veya takviyeler yoluyla dışardan alınması gereken vücutta üretilemeyen antioksidanlardır. Eksojen kaynaklı enzimsel olmayan antioksidanlara; C vitamini, E vitamini, karotenoidler, flavonoidler, eser metaller (selenyum, manganez, çinko), omega-3 ve omega-6 yağ asitleri örnek verilebilir.(45, 48, 49)

Diş tedavilerinde NaOCl gibi okside edici ajanların etkilerini nötralize etmek amacıyla antioksidanlar ile çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla yapılan in vitro ve in vivo çalışmalarda birçok antioksidan solüsyonu kullanılmıştır. Bu çalışmalarda antioksidan

olarak en çok sodyum askorbat kullanılmıştır (76).

2.6.1. Sodyum Askorbat

Sodyum Askorbat (SA) genellikle C vitamini olarak bilinen askorbik asitin sodyum tuzudur (9, 44). Moleküler formülü “ $C_6H_7NaO_6$ ” olan SA, serbest radikalleri ve oksidatif bileşiklerin etkisini nötralize etme konusunda başarılı sonuçlar veren bir antioksidan ajandır (9–12). Askorbik asitin tuzu olan SA, toksik olmaması nedeniyle oral ortamlar da dahil olmak üzere biyolojik sistemlerdeki serbest radikalleri ortadan kaldırabilen güçlü bir antioksidandır (13). SA’nın antioksidan solüsyonu biyoyoumlu olması, ekonomik ve kolay ulaşılabilme gibi avantajları sayesinde tıp ve diş hekimliği alanında yapılan çalışmalarda sıklıkla tercih edilmektedir (11, 12, 44, 76).

Askorbik asit ve tuzları, düşük toksisiteye ($LD50 = 11.900 \text{ mg/kg}$) sahip ürünlerdir ve gıda endüstrisinde antioksidan maddeler olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Askorbik asit yaklaşık 4'lük bir pH'a sahipken, SA daha yüksek bir pH'a (yaklaşık 7) sahiptir ve bu nedenle SA, askorbik asite göre diş dokularında kullanım için daha uygundur (15).

Diş tedavilerinde sıklıkla kullanılan NaOCl ve hidrojen peroksit gibi oksitleyici ajanların ortaya çıkardığı oksijen radikallerinin dental adezivlerin bağlanma dayanımına olan olumsuz etkisini iyileştirmek ve nötralize etmek amacıyla SA kullanılmaktadır (6, 10, 12). Yapılan çalışmalarda SA’nın ortamdaki oksitleyici ajanları nötralize ederek adeziv sistemin polimerizasyonun erken sonlandırma olmadan tamamlanmasını sağladığı ve böylece dentin rezin bağlanma dayanımını koruduğu bildirilmiştir (6, 10, 12, 52). SA’nın ayrıca NaOCl ve hidrojen peroksitin neden olduğu mikrosızıntıyı azalttığı da bildirilmiştir (10).

Literatürde bağlanma dayanımı çalışmalarında sıklıkla kullanılan SA ile birlikte son dönemde tannik asit, yeşil çay ve proantosiyanidin açısından zengin olan üzüm çekirdeği ekstresi gibi yeni, biyoyoumlu ve doğal antioksidan solüsyonlarına ilgi artmaktadır (23, 53, 76).

2.6.2. Proantosiyanidin

Proantosiyanidinler (PA) doğada birçok sebze, meyve, yemiş, çiçek ve bitki kabuklarında yaygın olarak bulunan polimerik flavan-3-ol yapısında bir flavonoid türüdür (17–19). Özellikle üzüm çekirdeği, PA açısından en zengin doğal kaynaklardan birisidir ve oldukça güçlü antioksidan özellik göstermektedir. PA'nın; anti-bakteriyel, anti-viral, anti-inflamatuar, anti-diyabetik, anti-obezite, anti-kanserojen ve yaşlanma karşıtı etkileri olduğu ileri sürülmektedir (17, 77). Bununla birlikte PA; fosfolipaz A2, siklooksijenaz ve lipooksijenaza gibi enzimleri inhibe edici aktivite göstermektedir (22). Bazı in vitro ve klinik çalışmalarda ise PA'nın kolesterol azaltıcı ve kardiovasküler sistemi koruyucu etkileri olduğu, kanser hücrelerine sitotoksik etki ettiği ve dermal yara iyileşmelerinde anjiyogenezi stimüle ettiği bildirilmiştir (78). Bu nedenle üzüm çekirdeği ekstresinden elde edilen PA tıp ve diş hekimliği alanındaki birçok çalışmada kullanılmaktadır (17–19, 22, 24, 76, 79) .

Üzüm çekirdeğinden elde edilen PA, güçlü antioksidan özellikleri sayesinde ortamdaki serbest radikalleri uzaklaştırarak anti-oksidatif etki göstermektedir (17). Bu nedenle PA diş tedavilerinde kullanılan hidrojen peroksit ve sodyum hipoklorit gibi oksitleyici ajanlardan sonra ortamdaki serbest radikalleri nötralize etmek ve bu serbest radikallerin adeziv sistemler üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkileri elimine etmek amacıyla çalışmalar yapılmaktadır (22–24). Literatürdeki çalışmalarda bu amaçla kullanılmış pek çok antioksidan bulunmaktadır (12, 52). Bu antioksidanlar içerisinde çalışmalarda en çok kullanılan antioksidan solüsyonu SA olsa da, PA antioksidan etkinliğinin SA'ya göre çok daha yüksek olduğu öne sürülmektedir (23, 76).

Tip-I kollajen, hücre dışı matriksin temel bileşeni olarak toplam vücut proteininin yaklaşık %20-25'ini oluşturmaktadır. Tendon, deri, kan damarları, kemik ve dentin gibi birçok dokunun ağırlıklı olarak tip-I kollajenden oluşmaktadır. PA, bu tip-I kollajenlerin çapraz bağlarını arttırmakta ve stabilize etmektedir (20).

Kollajenler arasındaki çapraz bağlar, kollajen moleküllerinde bulunan amino asitlerin yan zincirleri arasındaki bağlantıdır ve kollajen moleküllerinin stres altında kaymasını önleyerek kollajen fibrillerin mekanik dayanıklılığını arttırmaktadır (19). Ayrıca kollajen fibrillerinin çapraz bağlayıcı ajanlarla güçlendirilmesi, enzimatik degradasyonu azaltarak hibrit tabakanın stabilitesini, dentin dokusuna adezyonu, dentin-rezin bağlantısının mekanik özelliklerini ve restorasyonların dayanıklılığını arttırmaktadır (19, 21). Bu nedenle kollajen matrikslerinin çapraz bağlayıcı ajanlarla (genipin, glutaradehit, karboniimid,

proantosiyonidin) biyomodifikasyonu, dentinin biyomekanik özelliklerinin iyileştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Gluteraldehit ve karbodiimid gibi sentetik çapraz bağlayıcı ajanlarla in vitro ve in vivo olarak karşılaştırıldığında, üzüm çekirdeği ekstraktından elde edilen PA'nın daha etkili ve toksik olmayan çapraz bağlayıcı ajanlar olduğu gösterilmiştir (21, 80).

2.7. Yapay Yaşlandırma Yöntemleri Bağlanma Dayanımı Testleri

Restorasyonun başarısındaki en önemli kriterlerden biri uzun ömürlü olmasıdır (81). Restorasyonun uzun vadede ağızda kalmasında bağlanma dayanımının korunması önem taşımaktadır. Yapay yaşlandırma yöntemleri, intraoral koşulları in vitro ortamda taklit ederek, restoratif materyallerde ağız içerisinde meydana gelen değişiklikleri incelemeyi amaçlamaktadır. (81–86).

Yapay yaşlandırma yöntemleri termal, kimyasal ve mekanik olabileceği gibi bunların kombinasyonları şeklinde olabilmektedir (87). İn vitro ortamda yapılan yapay yaşlandırma testleri, in vivo çalışmalara göre daha az maliyetli, daha kolay ve hızlı sonuç vermektedir (81, 86, 88).

Literatürde farklı yapay yaşlandırma yöntemleri bulunmaktadır;

- Termal yaşlandırma işlemi,
- pH döngüsü ile yaşlandırma işlemi,
- Suda bekleterek yaşlandırma işlemi,
- Suda kaynatma ile yaşlandırma işlemi,
- Sitrik asit ile yaşlandırma işlemi,
- Mekanik okluzal yükleme ile yaşlandırma işlemi,
- Işık uygulanarak yaşlandırma işlemi,
- Ultraviyole (UV) ışık ile yaşlandırma işlemi,
- Hızlandırılmış yapay yaşlandırma işlemi ve
- Termomekanik yükleme ile yaşlandırma işlemi bunlardan bazılarıdır.(81, 89–95)

2.7.1. Termal Yaşlandırma İşlemi

Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyaller, 1950'lerden beri in vitro çalışmalarda ağız ortamındaki sıcaklık değişimlerini stimüle etmek amacıyla, termal

streslere maruz bırakılarak test edilmektedir (82). Ağız ortamı sıcaklığı; besinleri tüketme, içme ve nefes alma gibi bireylerin günlük rutin fizyolojik fonksiyonları sırasında değişmektedir (88). Ağız ortamındaki sıcaklık değişimleri sonucu meydana gelen termal stresler, diş ile restoratif materyal arasındaki bağlanma arayüzünde mekanik gerilimlere sebep olarak kopmalara ve restorasyon ile diş yüzeyi arasında boşluklar oluşmasına bunun sonucunda da mikrosızıntıya sebep olabilmektedir (81, 88).

Termal yaşlandırma işlemi; in vitro çalışmalarda en sık tercih edilen ve intraoral ortamı en iyi taklit eden etkili bir yapay yaşlandırma yöntemidir.(81, 96, 97). Bu yüzden restoratif materyallerin uzun dönemdeki stabilitesini inceleyen çalışmalarda termal yaşlandırma işlemi yapılması önerilmektedir (96, 97). ISO (Uluslararası Standartlar Örgütü) standartlarına göre 5–55 °C arasındaki sıcaklıklar ağız ortamının sıcaklık aralığına en yakın olarak kabul edilmektedir (81, 83, 86, 97). Bu nedenle termal yaşlandırma işlemlerinde genellikle soğuk ortamı taklit etmek için 5 °C, sıcak ortamı taklit etmek için 55 °C'ye ayarlanmış su banyoları kullanılmaktadır (81, 82, 88).

Termal yaşlandırma işlemi yapılan çalışmalarda, örneklerin sıcak ve soğuk su banyolarına birer kez daldırılması bir döngüye karşılık gelmektedir. Sıcak ve soğuk su banyolarında örneklerin bekletilme süresi ve toplam döngü sayısı çok çeşitlidir (81, 88). Son 15 yılda literatürdeki termal yaşlandırma yapılan çalışmalarda, su banyolarında bekletilme süreleri genellikle 10 sn ile 3 dk arasında, toplam döngü sayıları ise 100 ve 100.000 arasında değişmektedir (81, 84) .

Klinik ortamdaki yaşlanmaya karşılık gelen termal döngü sayısını öngörmek çok zordur (81). Bununla birlikte çalışmaların çoğunda, ağız ortamındaki 6 aylık fizyolojik yaşlanmanın 5000 döngüye, 1 yıllık fizyolojik yaşlanmanın ise 10.000 termal döngüye karşılık geldiği kabul edilmektedir.(83, 88, 98, 99)

2.8. Bağlanma Dayanımı Testleri

Adeziv sistemlerin diş yüzeyine bağlanma dayanımı restorasyonların klinik başarısını belirlemede önemli bir rol oynamaktadır (100, 101). Bu nedenle piyasadaki adeziv sistemler, üretici firmalar tarafından, diş yüzeyine bağlanmanın artırılması, kullanım kolaylığının sağlanması gibi konularda sürekli bir geliştirilme ve güncellenme içerisinde

(100, 102). Son yıllarda diş hekimliğinde adeziv sistemlerin hızlı gelişimi, klinik diş hekimliğinin birçok yönünü büyük ölçüde iyileştirmiştir (100, 102).,

Literatürdeki birçok çalışmada, adeziv sistemlerin mine ve dentine bağlanma dayanımlarını incelemek ve farklı adeziv sistemleri karşılaştırmalı olarak değerlendirmek amacıyla klinik çalışmalar ve laboratuvar bağlanma dayanımı testleri yapılmaktadır (102, 103). Bağlama dayanımı çalışmaları, Buonocore'un 1955 yılında yaptığı çalışmasından bu yana istikrarlı bir şekilde gelişmektedir (103, 104).

Adeziv sistemlerin bağlanma dayanımını incelemek amacıyla klinik çalışmalar ve laboratuvar testleri yapılmaktadır. Ancak adeziv sistemlerin bağlanma etkinliğini değerlendiren in vivo çalışmalarda standardizasyonu sağlamak zordur. Ayrıca in vivo çalışmalar, in vitro çalışmalara göre daha pahalı ve daha çok zaman gerektirmektedir (101, 105, 106).

İn vitro bağlanma dayanımı testleri; kullanılan örneklerin bağlanma yüzey alanlarına göre makro ve mikro olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Makro bağlanma dayanımı testleri (makaslama, gerilim, push-out) bağlanma yüzey alanı 3 mm² üstü olan örneklerde uygulanırken, mikro bağlanma dayanımı testleri (mikro-makaslama, mikro-gerilim, mikro-push-out) 1 mm² ve daha küçük bağlanma yüzey alanına sahip örneklerde uygulanmaktadır (102, 106).

Literatürdeki bağlanma dayanımı testlerinden bazıları aşağıdaki gibidir (102, 106);

- Makaslama bağlanma dayanımı testi
- Mikro-makaslama bağlanma dayanımı testi
- Gerilim bağlanma dayanımı testi
- Mikro-gerilim makaslama bağlanma dayanımı testi
- Push-out bağlanma dayanımı testi
- Mikro push-out bağlanma dayanımı testi

2.8.1. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi

Makaslama bağlanma dayanımı testi; yeni geliştirilen adeziv sistemlerin bağlanma etkinliğini incelemek amacıyla kolay ve hızlı bir yöntem olduğundan sıklıkla kullanılan bağlanma dayanımı testlerinden biridir (101, 102, 106).

Makaslama bağlanma dayanımı testinde, iki materyal bir adeziv sistem ile birbirine bağlanmakta ve kırılma olana kadar bir makaslama kuvveti uygulanmaktadır. Bu kırılma meydana gelmeden önce materyalin dayanabileceği maksimum stres, makaslama bağlanma dayanımı (MBD) olarak tanımlanmaktadır (101, 102). Bağlanma dayanımı testi sırasında örneklerde meydana gelen kırılma tipleri genellikle; adeziv (materyaller arasındaki bağlanma arayüzünde kırılma), koheziv (materyallerin herhangi birinde meydana gelen kırılma) veya miks (karma) kırılma (adeziv ve koheziv kırılmaların birlikte meydana gelmesi) olarak sınıflandırılmaktadır (107).

Diş tedavilerinde kavite dezenfektanı, kök kanal irrigasyon solüsyonu ve hemostatik ajan olarak sıklıkla tercih edilen NaOCl'nin ortaya çıkardığı serbest radikaller, adeziv sistemlerin polimerizasyonunu olumsuz etkilemekte ve dentin bağlanma dayanımını düşürmektedir (5, 10). Literatürde NaOCl'nin dentin-rezin yüzeyine uygulanması sonrasında ortaya çıkardığı bu serbest radikalleri elimine etmek ve bağlanma dayanımını arttırmak amacıyla çeşitli antioksidanların uygulandığı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda sıklıkla tercih edilen ve sentetik bir antioksidan olan SA bağlanma dayanımını arttırdığını gösteren çalışmalar mevcuttur (6, 10, 74). Bununla birlikte son zamanlarda üzüm çekirdeğinde bol miktarda bulunan, biyouyumlu ve antioksidan özelliği oldukça yüksek olan PA'nın bağlanma dayanımını arttırdığı gösteren sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (21).

Bu nedenle bu tez çalışmasında, bir self-etch adeziv ile oksitleyici bir ajan olan sodyum hipokloritin ve sonrasında uygulanan sodyum askorbat ve proantosiyonidin antioksidan solüsyonlarının dentin dokusuna erken dönem ve termal yaşlandırma işlemi sonrasındaki geç dönem bağlanma dayanımlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmamızın başlangıç hipotezleri şunlardır;

1. Farklı antioksidan uygulamalarının (SA ve PA) her birinin farklı uygulama sürelerinde kontrol grupları (CSE ve NaOCl) ile her iki dönem içinde (erken ve geç dönem) self-etch adezivin dentine bağlanma dayanımına etkisi yoktur.
2. Her bir antioksidan uygulamasının farklı uygulama sürelerinin erken dönem rezin-dentin MBD değerleri arasında fark yoktur.

3. Her bir antioksidan uygulamasının farklı uygulama sürelerinin geç dönem rezin-dentin MBD değerleri arasında fark yoktur.
4. Her bir antioksidan solüsyonunun aynı uygulama sürelerinin her iki dönem içinde rezin-dentin MBD değerleri arasında fark yoktur.
5. Antioksidan solüsyonlarının her bir uygulama süresinde erken ve geç dönem rezin-dentin MBD değerleri arasında fark yoktur.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu in vitro tez çalışması Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklendi (Proje no: 9446). 21.04.2021 tarihinde KTÜ Tıp Fakültesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı tarafından 2021-99 numarası ile etik onayı alındı. Çalışmadaki örnekler Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda hazırlandı. Örneklerle uygulanan termal yaşlandırma işlemi Erciyes Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda, makaslama bağlanma dayanımı (MBD) testleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Laboratuvarı'nda yapıldı.

Bu çalışmada; %5,25'lik konsantrasyondaki sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonunun ve sonrasında farklı sürelerde (1 dk, 5 dk, 10 dk) uygulanan iki farklı antioksidan solüsyonunun [sodyum askorbat (SA) ve proantosiyanidin (PA)] dentin dokusu ile iki aşamalı bir self-etch adeziv rezinin (Clearfil SE Bond) arasındaki bağlanma dayanımına etkisi değerlendirildi. Ayrıca tüm örneklerin yarısına hemen MBD testi yapılarak erken dönem ve diğer yarısına 5000 döngü termal yaşlandırma işlemi uygulandıktan sonra MBD testi yapılarak geç dönem MBD değerlerinin karşılaştırılması yapıldı.

3.1. Power Analizi

G*Power programı kullanılarak yapılan Power analizi sonucunda bağlanma dayanımını için effect size d (etki boyutu):0.7791 ve standart sapma 6 alındığında Power:0.80 ve α :0.05 için tespit edilen örneklem sayısı her grup için minimum n=6 olarak saptandı. Her grupta 10 örnek olacak şekilde (n=10) gruplandırma yapıldı.

3.2. Dişlerin Seçimi ve Örneklerin Hazırlanması

Bu in vitro çalışma için Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş Çene Hastalıkları Cerrahisi Anabilim Dalı kliniklerinde deneylere başlanmadan önceki son üç ayda çekilmiş 160 adet çürüksüz, restorasyonsuz daimi molar dişler toplandı ve cam kavanozda % 0.1'lik timol solüsyonu içerisinde deney zamanına kadar saklandı ve solüsyon her hafta değiştirildi (6). Dişlerin seçimi sırasında; gömülü daimi molar diş olması, dişlerde restorasyon, çürük, kırık, çatlak, travmaya bağlı veya gelişimsel bir deformasyon

bulunmaması gibi kriterler göz önünde bulunduruldu. Dişlerin yüzeylerindeki eklentiler akan su altında keskin bir el aleti yardımıyla mekanik olarak uzaklaştırıldı.

Dişler mine – sement bağlantısı hizasından, dişin kronu tamamen açık kalacak şekilde soğuk akrilik bloklara gömülerek dişlerin okluzal 1/3'lük kısımları, hassas kesme cihazında (Micra Cut 125, düşük hızlı hassas kesme cihazı, Metkon, Bursa) elmas kesme diski (DIMOS Ø125 mm, Metkon, Bursa, Türkiye) ile düşük devirde su soğutması altında mine dokusu kalmadığından ve pulpa ekspozu olmadığından emin olunarak kaldırıldı ve dentin yüzeylerinin ortaya çıkması sağlandı.



Resim 1. Düşük hızlı hassas kesme cihazı



Resim 2. Dentin örneği kesim işlemi

Daha sonra dişlerin kökleri de elmas kesme diski ile kronlarından ayrıldı. Dişlerin ayrılan kron kısımları dentin yüzeyleri açıkta kalacak şekilde 30 mm çapında, 10 mm yüksekliğindeki silindirik kalıp yardımıyla akrilik rezine gömüldü (Resim 3-4).



Resim 3. Dentin örneği



Resim 4. Akrilik rezine gömülü dentin örneği

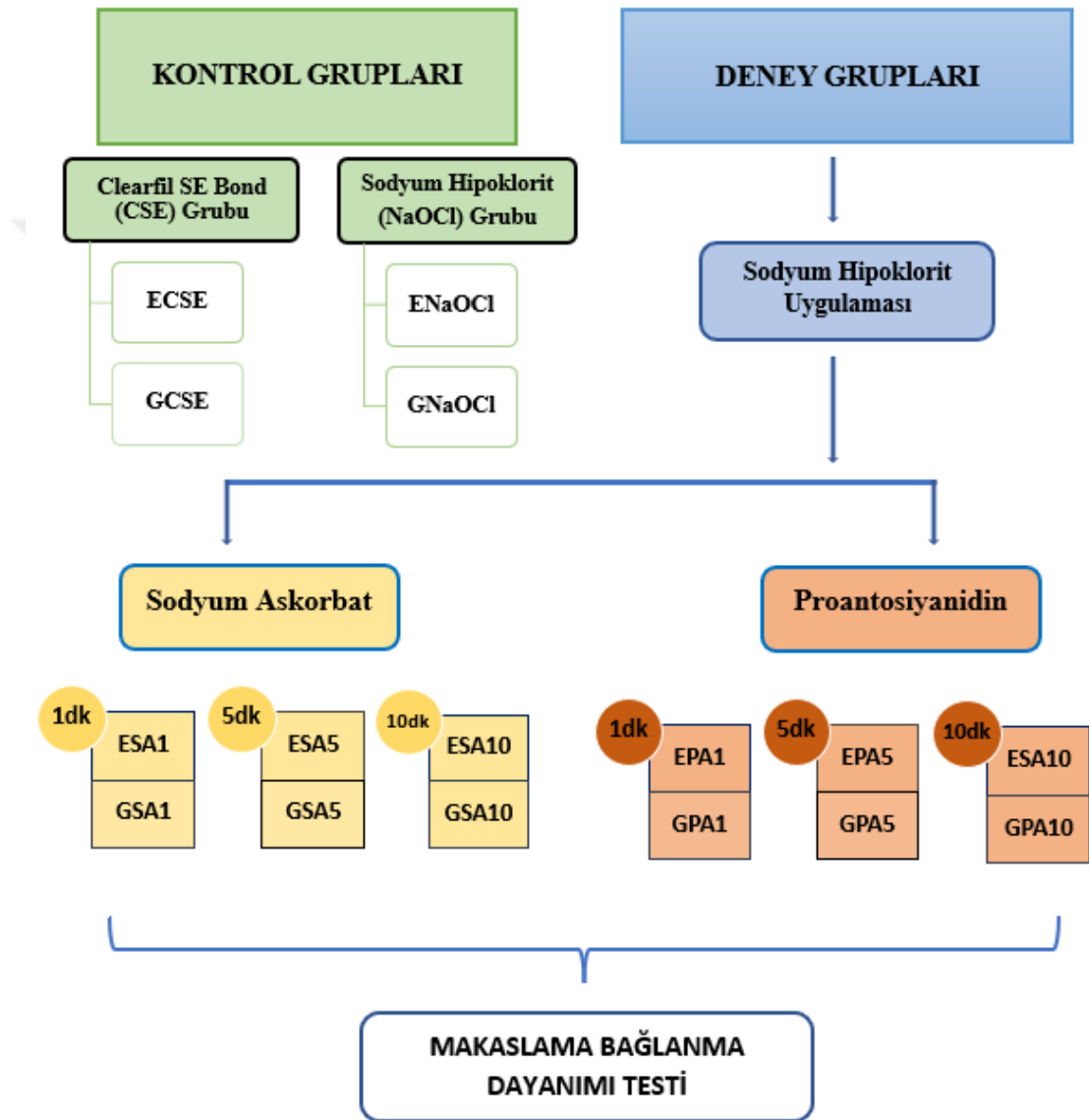
Örneklerin dentin yüzeylerinde düz bir yüzey elde etmek ve standart bir smear tabakası oluşturmak amacıyla akan su altında 200 RPM dönme hızına sahip zımparalama cihazında (Beta Grinder Polisher, Buehler) 600 grenli silikon karbit zımpara ile 60'şar saniye boyunca zımparalama işlemi yapıldı. Örnekler deney boyunca dentin yüzeyinin nemli kalması amacıyla distile suda bekletildi.



Resim 5. Zımparalama cihazı

3.3. Deney Örneklerinin Gruplandırılması

Hazırlanan 160 örnek, kontrol grupları ve deney grupları olmak üzere her grupta toplam 10 örnek olacak şekilde toplam 16 alt gruba ayrıldı (n=10) (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışmada kullanılan kontrol ve deney grupları

Kontrol grupları:

ECSE: Herhangi bir ön işlem yapılmadan sadece Clearfil SE Bond adeziv uygulanarak erken dönem MBD değerlerinin incelendiği grup

GCSE: Herhangi bir ön işlem yapılmadan sadece Clearfil SE Bond adeziv uygulanarak geç dönem MBD değerlerini incelemek amacıyla yaşlandırma işleminin uygulandığı grup

ENaOCl: Sadece NaOCl solüsyonunun uygulandığı ve erken dönem MBD değerlerinin incelendiği grup

GNaOCl: Sadece NaOCl solüsyonunun uygulandığı ve geç dönem MBD değerlerini incelemek amacıyla yaşlandırma işleminin uygulandığı grup

Deney grupları:

ESA1: SA solüsyonunun 1 dakika boyunca uygulandığı ve erken dönem MBD değerlerinin incelendiği grup

GSA1: SA solüsyonunun 1 dakika boyunca uygulandığı ve geç dönem MBD değerlerini incelemek amacıyla örneklerle yaşlandırma işleminin uygulandığı grup

ESA5: SA solüsyonunun 5 dakika boyunca uygulandığı erken dönem MBD değerlerinin incelendiği grup

GSA5: SA solüsyonunun 5 dakika boyunca uygulandığı ve geç dönem MBD değerlerini incelemek amacıyla örneklerle yaşlandırma işleminin uygulandığı grup

ESA10: SA solüsyonunun 10 dakika boyunca uygulandığı ve erken dönem MBD değerlerinin incelendiği grup

GSA10: SA solüsyonunun 10 dakika boyunca uygulandığı ve geç dönem MBD değerlerini incelemek amacıyla örneklerle yaşlandırma işleminin uygulandığı grup

EPA1: PA solüsyonunun 1 dakika boyunca uygulandığı ve erken dönem MBD değerlerinin incelendiği grup

GPA1: PA solüsyonunun 1 dakika boyunca uygulandığı ve geç dönem MBD değerlerini incelemek amacıyla yaşlandırma işleminin uygulandığı grup

EPA5: PA solüsyonunun 5 dakika boyunca uygulandığı ve erken dönem MBD değerlerinin incelendiği grup

GPA5: PA solüsyonunun 5 dakika boyunca uygulandığı ve geç dönem MBD değerlerinin incelemek amacıyla yaşlandırma işleminin uygulandığı grup

EPA10: PA solüsyonunun 10 dakika boyunca uygulandığı ve erken dönem MBD değerlerinin incelendiği grup

GPA10: PA solüsyonunun 10 dakika boyunca uygulandığı ve geç dönem MBD değerlerini incelemek amacıyla yaşlandırma işleminin uygulandığı grup

3.4. Çalışmada Kullanılan Materyaller

Bu tez çalışmasında kullanılan materyaller üretim numaraları ile Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyaller

MATERYALLER	MARKA (Üretici Firma)	ÜRETİM NUMARALARI	İÇERİK
Sodyum Hipoklorit Solüsyonu	Chloraxid (Cerkamed, Polonya)	2606201	%5,25 aktif klorlu sulu çözelti
Proantosiyanidin Antioksidan Solüsyonu	Grape Seed Extract (Solgar, Amerika)	533358-03	%90 oranında polifenol içeren üzüm çekirdeği ekstresi (Vitis vinifera)
Sodyum Askorbat Antioksidan Solüsyonu	Sigma-Bioxtra Sodium L-ascorbate (Sigma Aldrich, Amerika)	BCCF9870	L(+)-Askorbik asit sodyum tuzu (BioXtra, ≥%99) C ₆ H ₇ NaO ₆
İki Aşamalı Self-etch Adeziv Sistem	Clearfil SE Bond (Kuraray Noritake, Japonya)	000391	Primer: MDP, HEMA, Hidrofilik alifatik dimetakrilat dl-kamforkinon N, N-dietanol-p tolidin, Su Bond: MDP, Bis-GMA, HEMA Hidrofobik alifatik dimetakrilat dl-kamforkinon N, N-dietanol-p-tolidin, Kolloidal silika
Posterior Kompozit Rezin Dolgu Materyali	Filtek P60 (3M ESPE, St Paul, MN Amerika)	NC59233	Zirkonya-silika doldurucu, Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA 0,01 ile 3,5 µm aralığında partikül büyüklüğü, hacimce %61 ve ağırlıkça %83 doldurucu miktarı, mikrohibrit kondanse edilebilir kompozit rezin

3.5. Kontrol Gruplarının Hazırlanması

Clearfil SE Bond grubu:

Clearfil SE Bond grubundaki örnekler distile su ile yıkandı ve herhangi bir ön işlem uygulanmadı.

NaOCl grubu:

NaOCl grubundaki örneklerin her birine steril bir pamuk pelet yardımıyla %5.25'lik NaOCl solüsyonu (Cerkamed Chloraxid Extra) 10'ar dakika boyunca uygulandı. Her dakikada bir solüsyon yenilendi. Örneklerin her biri NaOCl uygulaması sonrası 20'şer saniye yıkandı (12). Dentin yüzeyleri pamuk pelet ile kurutuldu.



Resim 6. Cerkamed Chloraxid Extra %5.25'lik NaOCl solüsyonu

3.6. Deney Gruplarının Hazırlanması

Antioksidan uygulanan gruptaki örneklerin her birine antioksidan uygulaması öncesi steril bir pamuk pelet yardımıyla %5.25'lik NaOCl solüsyonu 10'ar dakika boyunca uygulandı. Her dakikada bir solüsyon yenilendi.

3.6.1. Sodyum Askorbat Antioksidan Solüsyonunun Hazırlanması ve Örneklere Uygulanması

SA antioksidan solüsyonu için; hassas terazi ile ölçülen 10 gr sodyum askorbat (Sigma-Aldrich (+)-Sodium L-ascorbate BioXtra, $\geq 99.0\%$, St. Louis, Amerika) 100 ml distile suda çözülürülerek %10'luk bir SA antioksidan solüsyonu hazırlandı (108). SA antioksidan solüsyonu hazırlandıktan sonra +4 derecede saklandı ve bir gün sonrasında kullanıldı.



Resim 7. Sodyum askorbat tuzu



Resim 8. Sodyum askorbat solüsyonu

SA solüsyonu için örnekler; 1,5 ve 10'ar dakika olmak üzere ayrı uygulama sürelerine göre gruplara ayrıldı (n=20). SA solüsyonu tek kullanımlık bir aplikatör yardımıyla dentin örneklerin üzerine uygulandı. Gruplardaki farklı uygulama süresine bağlı olarak (1 dk, 5 dk, 10 dk) her dakikada bir antioksidan solüsyonu tazelendi.

Örneklerin her biri SA uygulaması sonrası 30'ar saniye yıkandı (109). Dentin yüzeyleri pamuk pelet ile kurutuldu.

3.6.2. Proantosiyanidin Antioksidan Solüsyonunun Hazırlanması ve Örneklere Uygulanması

PA antioksidan solüsyonu için; hassas terazi ile ölçülen toz halindeki 15gr PA'dan zengin üzüm çekirdeği ekstraktı (polifenol $\geq$ %90, Grape Seed Extract Solgar, Amerika) 100 ml distile suda çözülürülerek %15'lik bir üzüm çekirdeği ekstraktı antioksidan solüsyonu hazırlandı (23). Üzüm çekirdeği ekstresi antioksidan solüsyonu hazırlandıktan sonra +4 derecede saklandı ve bir gün sonrasında kullanıldı.



Resim 9. Üzüm çekirdeği ekstresi



Resim 10. Proantosiyanidin solüsyonu

Üzüm Çekirdeği Ekstresi solüsyonu uygulanacak örnekler; 1,5 ve 10'ar dakika olmak üzere farklı uygulama sürelerine göre gruplara ayrıldı (n=20). Üzüm çekirdeği ekstresi solüsyonu tek kullanımlık bir aplikatör yardımıyla dentin örneklerin üzerine uygulandı. Gruplardaki farklı uygulama sürelerine göre her dakikada bir antioksidan solüsyonu tazelendi. Örneklerin her biri PA uygulaması sonrası 30'ar saniye yıkandı. Dentin yüzeyleri pamuk pelet ile kurutuldu.

3.7. Örneklere Adeziv Sistem Uygulanması ve Restorasyonların Tamamlanması

Tüm kontrol ve deney örneklerine adeziv sistem (Clearfil SE Bond, Kuraray Inc., Japonya) üretici firmanın talimatlarına uygun bir şekilde, tek kullanımlık bir aplikatör yardımıyla primer ve bonding uygulamasından sonra uygulandı (Tablo 2). Bond tabakasının eşit bir şekilde dağılmasını sağlamak amacıyla 5 saniye hafif hava uygulandıktan sonra LED ışık cihazı (Elipar Freelight, 3M ESPE, St. Paul, MN, Amerika) ile 10 saniye süreyle polimerize edildi.



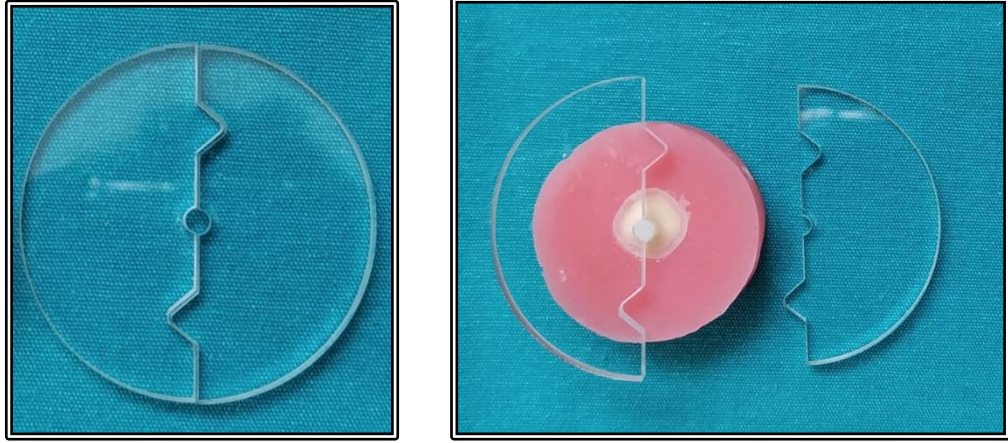
Resim 11. Clearfil SE Bond



Resim 12. LED ışık cihazı

Tablo 2. Çalışmada kullanılan adeziv sistemin üretici kullanım talimatları.	
Adeziv Sistem	Kullanım Talimatları
Clearfil SE Bond (Kuraray, Noritake, Japonya)	PRIMER: Tek kullanımlık bir fırça ucu ile primeri tüm kavite duvarlarına uygulanır. 20 saniye bekletilir. Diş yüzeyinde primer 20 saniye beklettikten sonra, hafif basınçlı hava ile kurutulur solventlerin buharlaşarak ortadan kalkmalarını sağlayın.
	BOND: Bond tek kullanımlık bir fırça ile tüm kavite yüzeylerine uygulanır. Bond uygulandıktan sonra, hafif basınçlı hava ile kurutularak, üniform bir bond tabakası oluşturulur. 10 saniye boyunca polimerize edilir.

Adeziv sistem uygulanan örneklere yapılacak restorasyonların standardizasyonu amacıyla 3 mm yüksekliğinde iç çapı 2 mm olan kalıplar yardımıyla tabakaların yüksekliği 1,5 mm olmak üzere toplam iki tabaka kompozit rezin (Filtek P60, 3M ESPE, St Paul, MN, Amerika) uygulandı. Her tabaka LED ışık cihazı ile 20 saniye polimerize edildi.

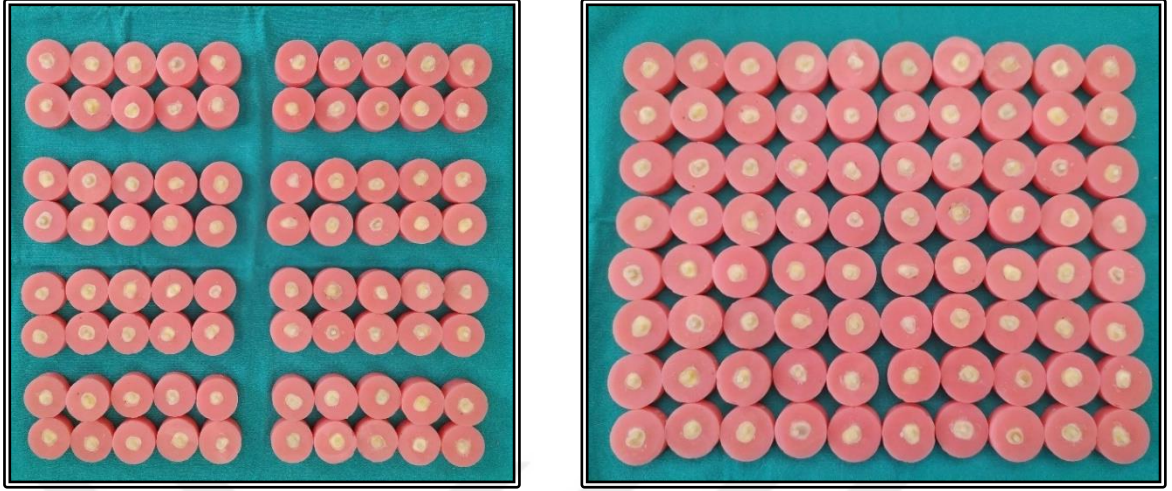


Resim 13-14. Pleksiden yapılmış kompozit kalıbı ve kompozit rezin uygulaması



Resim 15. Filtek P60

Kompozit uygulama sonrası hazırlanan örnekler Resim 16 ve 17’de gösterildi. Hazırlığı tamamlanan örnekler etüvde (37 °C’de %100 nemli ortam) 24 saat bekletilerek MBD deneyine hazır hale getirildi.



Resim 16 ve 17. Restorasyonları tamamlanmış deney örnekleri

3.8. Kontrol ve Deney Örneklerine Termal Yaşlandırma İşleminin Uygulanması

Hazırlanan kontrol ve deney örneklerinin yarısına (n=10) hemen MBD testleri uygulanırken diğer yarısına Erciyes Üniversitesi Araştırma Laboratuvarı'nda Termosiklus Cihazı (Julabo, Seelbach Almanya) ile yaşlandırma işlemi yapıldı (Resim 18).



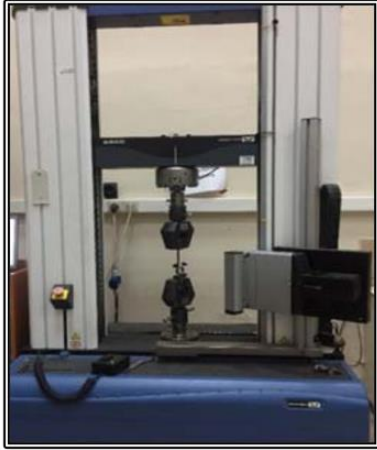
Resim 18. Termal yaşlandırma cihazı

Termal yaşlandırma cihazındaki kuvvetlerin sıcaklıkları 5 ve 55 °C olacak şekilde ayarlandı. Örneklerin yerleştirildiği sepet 5°C'lik küvette 30 sn bekledikten sonra 15 saniye dışarda kaldı ve ardından 55°C'lik küvette 30 sn bekletildi böylece bir döngü tamamlanmış oldu. Tüm gruplardaki örneklerin yarısına (n=10), toplamda 5000 döngülük termal siklus yaşlandırma işlemi uygulandı.

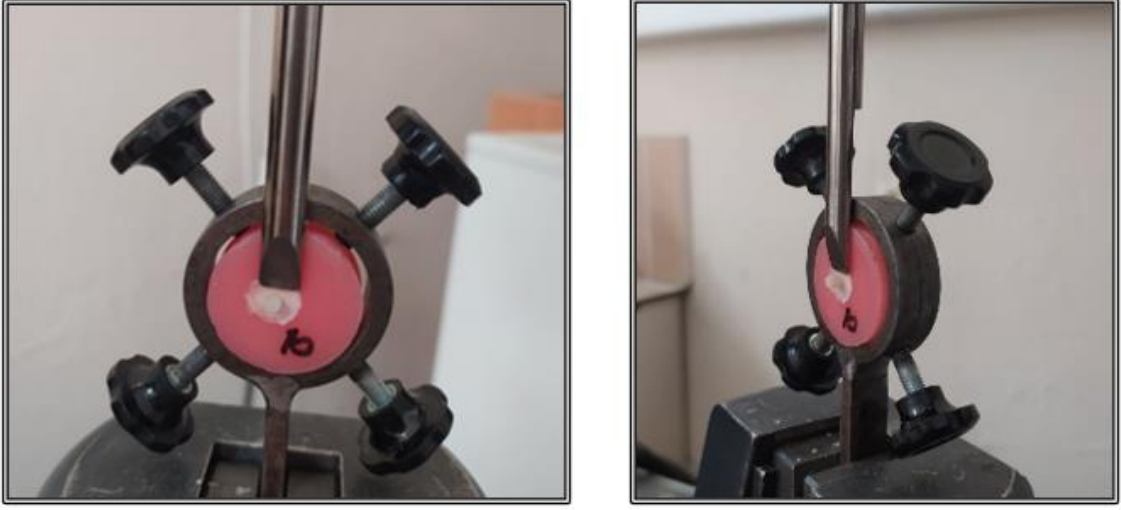
3.9. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testleri

Hazırlanan örnekler 37°C'de distile suda 24 saat bekletildikten sonra MBD testine tabi tutuldu.

MBD testi; Karadeniz Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Fakültesi Laboratuvarı'nda Universal Çekme-Basma test cihazı (Instron 3382, Amerika) ile gerçekleştirildi (Resim 19). Hazırlanan örnekleri cihaza sabitlemek için vidalı aparat ve kırma işlemi için sivri uçlu bir bıçak hazırlandı (Resim 20). Test cihazına sabitlenen sivri uçlu bıçak, aparatla sabitlenen örneklere 1 mm/dk hızla akrilik yüzeylere paralel olacak şekilde yük uyguladı (Resim 21-22).



Resim 19. Universal çekme-basma cihazı **Resim 20.** Vidalı aparat ve düz-ince uçlu bıçak



Resim 21-22. Kırma işleminden önce örneğin önden ve yandan görünüşü

Cihazın Newton olarak belirlediği değerler Megapaskal (MPa)'a çevrildi. Testlerin sonucunda deney örnekleri yüzeyinde oluşan kopma/kırılma türleri ışık mikroskopunda $\times 25$ büyütmeyle incelenerek değerlendirildi

3.10. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi ve parametrelerin normal dağılıma uygun olduğu saptandı. Dönem ve grupların bağlanma dayanımı üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesinde 2 yönlü ANOVA testi ve post hoc olarak Tukey HSD testi kullanıldı. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Farklı dönem ve grupların bağlanma dayanımı üzerindeki ortak etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p:0.022$; $p<0.05$; Tablo 3). Dönem ve gruplar bir arada bağlanma dayanımını etkilemektedir.

Tablo 3: Dönem ve grupların bağlanma dayanımı üzerindeki ortak etkisinin değerlendirilmesi

	<u>Kareler</u>		<u>Kareler</u>		
	<u>toplamı</u>	<u>df</u>	<u>Ortalaması</u>	<u>F</u>	<u>p</u>
Dönem	237,145	1	237,145	35,279	0,001*
Grup	1543,758	7	220,537	32,808	0,001*
Dönem * Grup	114,679	7	16,383	2,437	0,022*

2 yönlü ANOVA Testi

* $p<0.05$ için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlıdır.

Tüm grupların erken ve geç dönem arasında bağlanma dayanımı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.001$; $p<0.01$).

Gruplar arasında bağlanma dayanımı değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.001$; $p<0.01$).

Tüm sonuçların ortalamaları ve standart sapmalarının detaylı değerlendirilmesi Tablo 4'te görülmektedir.

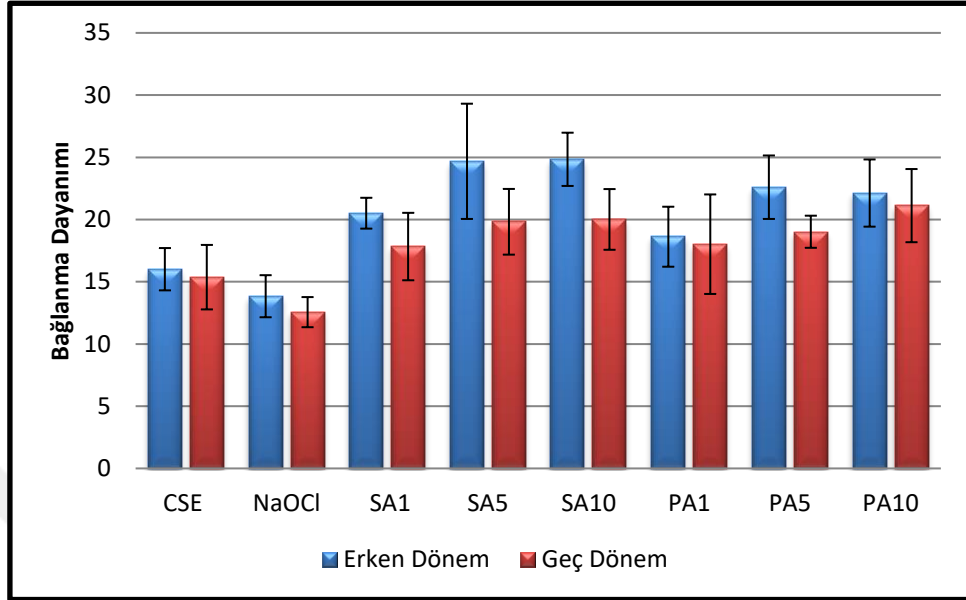
Tablo 4: Deney ve kontrol gruplarının erken ve geç dönem arasındaki bağlanma dayanımlarının değerlendirilmesi		
	Erken Dönem	Geç Dönem
Gruplar	Ort±SS	Ort±SS
Clearfil SE Bond (CSE)	16,01±1,70 ^{ab}	15,37±2,59 ^{ab}
Sodyum Hipoklorit (NaOCl)	13,84±1,69 ^b	12,56±1,21 ^b
Sodyum Askorbat 1 dk (SA1)	20,51±1,24 ^{A, ce} (p:0,011; geç dönem SA 1 dk ile) (p:0,005; Kontrol ile) (p:0,001; NaOCl ile) (p:0,012; SA 5 dk ile) (p:0,008; SA 10 dk ile)	17,83±2,71 ^{B, ac} (p:0,001; NaOCl ile)
Sodyum Askorbat 5 dk (SA5)	24,68±4,63 ^{A, d} (p:0,010; geç dönem SA 5 dk ile) (p:0,001; Kontrol ile) (p:0,001; NaOCl ile) (p:0,001; 1dk PA ile)	19,82±2,64 ^{B, c} (p:0,007; Kontrol ile) (p:0,001; NaOCl ile)
Sodyum Askorbat 10 dk (SA10)	24,84±2,14 ^{A, d} (p:0,001; geç dönem SA 10 dk ile) (p:0,001; Kontrol ile) (p:0,001; NaOCl ile)	20,01±2,44 ^{B, c} (p:0,004; Kontrol ile) (p:0,001; NaOCl ile)
Proantosiyanidin 1 dk (PA1)	18,62±2,41 ^{ac} (p:0,002; NaOCl ile)	18,02±4,00 ^{ac} (p:0,001; NaOCl ile)
Proantosiyanidin 5 dk (PA5)	22,6±2,55 ^{A, ed} (p:0,002; geç dönem PA 5 dk ile) (p:0,001; Kontrol ile) (p:0,001; NaOCl ile)	19,02±1,29 ^{B, c} (p:0,045; Kontrol ile) (p:0,001; NaOCl ile)
Proantosiyanidin 10 dk (PA10)	22,13±2,7 ^{cd} (p:0,001; Kontrol ile) (p:0,001; NaOCl ile)	21,12±2,94 ^c (p:0,001; Kontrol ile) (p:0,001; NaOCl ile)
P	0,001*	0,001*

2 yönlü ANOVA Testi *p<0.05 için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlıdır.

Farklı büyük harfler satırlar arasındaki (farklı dönemler arasındaki) istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir.

Farklı küçük harfler sütunlar arasındaki (farklı gruplar arasındaki) istatistiksel olarak anlamlı farklılıkları göstermektedir.

Deney ve kontrol gruplarının karşılaştırmalı olarak erken ve geç dönem MBD değerleri Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2: Deney ve kontrol gruplarının erken ve geç dönem bağlanma dayanımı değerleri

Erken Dönemde; gruplar arasında bağlanma dayanımı ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p<0.001$; $p<0.01$) (Tablo 3). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit etmek için yapılan post hoc Tukey HSD test sonucunda;

NaOCl ile CSE kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$)

CSE grubunun bağlanma dayanımı, SA 1dk, SA 5dk, SA 10dk, 5dk PA ve PA 10dk gruplarından anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

NaOCl grubunun bağlanma dayanımı, SA 1dk, SA 5dk, SA 10dk, PA 1dk, PA 5dk ve PA 10dk gruplarından anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

SA 1 dk grubunun bağlanma dayanımı, SA 5dk ve SA 10dk gruplarından anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

PA 1dk grubunun bağlanma dayanımı, SA 5dk, SA 10dk ve PA 5dk gruplarından anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 3).

Geç Dönemde (Yaşlandırma İşlemi Sonrasında); gruplar arasında bağlanma dayanımı ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.001$; $p<0.01$) (Tablo 3). Anlamlılığın hangi gruplardan kaynaklandığını tespit etmek için yapılan post hoc Tukey HSD test sonucunda;

NaOCl ile CSE kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$)

CSE grubunun bağlanma dayanımı, SA 5dk, SA 10dk, PA 5dk ve PA 10dk gruplarından anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

NaOCl grubunun bağlanma dayanımı, SA 1dk, SA 5dk, SA 10dk, PA 1dk, PA 5dk ve PA 10dk gruplarından anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 4).

Farklı dönemler arasında yapılan karşılaştırmalarda;

CSE grubunda; erken ve geç dönem bağlanma dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

NaOCl grubunda; erken ve geç dönem bağlanma dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

SA 1dk grubunda; erken dönem bağlanma dayanımı ortalaması, geç dönemden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksektir ($p<0.05$).

SA 5dk grubunda; erken dönem bağlanma dayanımı ortalaması, geç dönemden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksektir ($p<0.05$).

SA 10dk grubunda; erken dönem bağlanma dayanımı ortalaması, geç dönemden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksektir ($p<0.01$).

PA 1dk grubunda; erken ve geç dönem bağlanma dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

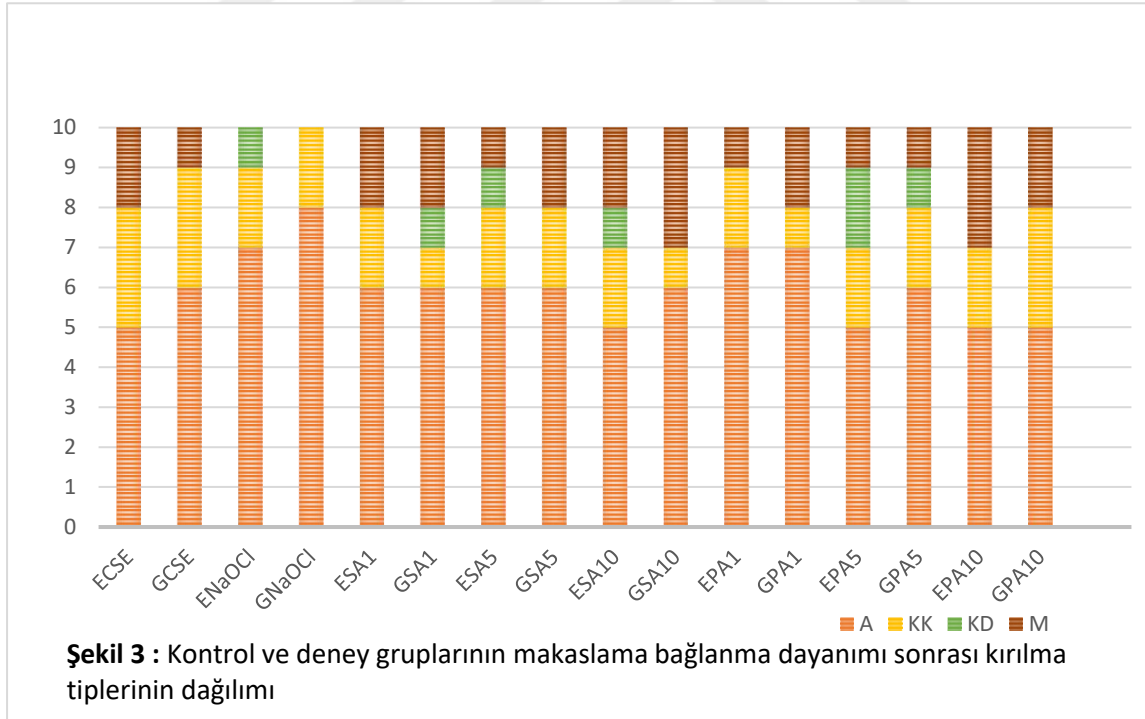
PA 5dk grubunda; erken dönem bağlanma dayanımı ortalaması, geç dönemden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksektir ($p<0.05$).

PA 10dk grubunda; erken ve geç dönem bağlanma dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$).

Örneklerin bağlantı yüzeyleri ışık mikroskopunda $\times 25$ magnifikasyonda değerlendirilerek kırılma tipleri belirlendi. Kırılma tipinin değerlendirilmesi şu şekilde yapıldı:

- Dentin yüzeyi/ kompozit arasında meydana gelen; adeziv kırılma (A)
- Yalnızca kompozit materyalin kendi içinde meydana geldiği; koheziv kırılma (KK)
- Yalnızca dentinin kendi içinde meydana geldiği; koheziv kırılma (KD)
- Adeziv ve koheziv kırılmanın birlikte görüldüğü; miks kırılma (M)

Şekil 3' de tüm gruplarda kırılmaların ağırlıklı olarak adeziv tipte olduğu gösterilmiştir. Gruplar arasında kırılma tipleri incelendiğinde; Adeziv kırılma en fazla geç dönem NaOCl grubunda, kompozitte meydana gelen koheziv kırılma en fazla erken ve geç dönem Clearfil SE Bond ve geç dönem 10 dk'lık PA gruplarında tespit edildi. Dentin içerisinde meydana gelen koheziv kırılma en fazla erken dönem 5 dk'lık PA grubunda görüldü. Miks kırılma ise en fazla geç dönem 10 dk'lık SA ile erken dönem 10 dk'lık PA gruplarında görüldü.



5. TARTIŞMA

Başarılı bir restoratif diş tedavisinin en önemli amacı ısırma kuvvetlerine karşı dayanıklı, hasta tarafından rahatlıkla ve uzun süre kullanılabilen bir restorasyon yapılmasıdır. Restoratif diş tedavisinin başarısını ve restorasyonun ömrünü olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden biri restorasyonun altında rezidüel mikroorganizmaların kalmasıdır. Çünkü restorasyon altındaki rezidüel mikroorganizmalar postoperatif hassasiyete, sekonder çürüklere ve pulpal enflamasyona neden olabilmektedir (7, 55, 73). Bu nedenle bu mikroorganizmaların uzaklaştırılması amacıyla kavite preparasyonu sonrası kavite dezenfeksiyonunun yapılması, restorasyon öncesi prosedürlerin önemli bir parçası haline gelmiştir (73).

Diş tedavilerinde kavite dezenfeksiyonu amacıyla günümüze kadar pek çok antimikrobiyal ajan kullanılmıştır. Bu ajanlardan biri olan sodyum hipoklorit organik doku çözücü etkisi ve geniş antimikrobiyal özelliğinden dolayı kavite dezenfektanı olarak sıklıkla tercih edilmektedir (23, 55). Ancak bazı çalışmalarda sodyum hipokloritin diş dokusu ile restorasyon arasındaki bağlanma dayanımını azalttığı gösterilmiştir (5–8). Bunun nedeni olarak NaOCl'nin oluşturduğu serbest radikallerin, adeziv sistemin ışıqla aktivasyonu sırasında oluşan ve polimerizasyonda görev yapan monomerlerin vinil gruplarındaki serbest radikaller ile etkileşime girerek erken zincir sonlanmasına sebep olması ve polimerizasyonun tamamlanmasına engel olması gösterilmektedir (6–8, 110). Ayrıca NaOCl'in oluşturduğu serbest radikallerin, dentindeki kollajenin yapısını bozarak adeziv sistem ile diş arasında meydana gelen hibrit tabakanın oluşumunu olumsuz etkilediği ve bağlanma dayanımını düşürdüğü öne sürülmektedir (23). Bu nedenle literatürde NaOCl'nin oluşturduğu serbest radikalleri nötralize etmek ve dentin-rezin bağlanma dayanımını iyileştirmek amacıyla çeşitli antioksidanlar ile çalışmalar yapılmıştır (6, 23, 52, 53, 111, 112). Bu çalışmaların büyük çoğunluğunda antioksidan uygulaması bağlanma dayanımını arttırmıştır (23, 53).

Çalışmamızda antioksidan olarak literatürdeki çalışmalarda en sık kullanılan sentetik ve başarılı sonuçlar gösteren bir antioksidan olan sodyum askorbat (SA) ile özellikle son dönemde tıp ve diş hekimliği alanındaki çalışmalarda kullanımı artan ve yapılan çalışmalarda başarılı sonuçlar gösteren doğal bir antioksidan olan proantosiyanidin (PA) tercih edildi. Literatürde antioksidanların farklı sürelerde uygulamalarının bağlanma

dayanımına etkilerini değerlendiren çalışmalar mevcuttur (5, 23, 52, 111). Ancak bildiğimiz kadarıyla literatürde dentin yüzeyine NaOCl sonrası farklı sürelerde uygulanan antioksidanların erken ve geç dönemdeki (yaşlandırma işlemi sonrasındaki) rezin-dentin bağlanma dayanımı değerlerini karşılaştırmalı olarak inceleyen bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle bu tez çalışmasında NaOCl'nin ve sonrasında farklı sürelerde uygulanan iki antioksidan solüsyonunun iki aşamalı bir self-etch adeziv sistem kullanılarak erken dönem ve yaşlandırma işlemi sonrası geç dönem MBD değerleri karşılaştırmalı olarak incelendi. Ayrıca bu tez çalışmasında in vitro çalışmalarda en sık tercih edilen ve intraoral ortamı en iyi taklit eden etkili bir yapay yaşlandırma yöntemi olan termal yaşlandırma işlemi yapıldı (81, 96, 97). Termal yaşlandırma işleminde 10.000 döngünün kompozit restorasyonlarda bir yıllık yaşlanmaya denk gelmektedir. Bununla birlikte yapılan çalışmalarda 5.000 döngü ile de istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilebildiği için çalışmamızda da 5.000 döngülük yapay yaşlandırma işlemi tercih edildi (113).

Çalışmamızın bulgularına göre; NaOCl'nin kontrol grubuna göre bağlanma dayanımını anlamlı derecede etkilemediği ($p>0.05$) ancak SA ve PA antioksidan solüsyonlarının tüm uygulama sürelerinde (1 dk, 5 dk, 10 dk) erken ve geç dönem MBD değerlerinin NaOCl'ye göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu bulundu ($p<0.05$). Bu nedenle çalışmamızın birinci hipotezi olan “Farklı antioksidan uygulamalarının (SA ve PA) her birinin farklı uygulama sürelerinde kontrol grupları (CSE ve NaOCl) ile her iki dönem içinde (erken ve geç dönem) self-etch adezivin dentine bağlanma dayanımına etkisi yoktur.” hipotezi reddedilmiştir.

Literatürdeki çalışmalarda sodyum hipoklorit %0,5'ten %10'a kadar değişebilen çeşitli konsantrasyonlarda kullanılmıştır (73). Ancak %5,25'lik konsantrasyondaki sodyum hipokloritin 30 saniye uygulamasının mikroorganizmaları elimine etmek için yeterli ve en etkili konsantrasyon olduğu bildirilmiştir (114). Bu nedenle bizim çalışmamızda koronal dentin yüzeylerine %5,25'lik konsantrasyondaki NaOCl'nin MBD değerlerine etkisi incelendi. Ayrıca çalışmamızda NaOCl'nin irrigasyon solüsyonu olarak uzun süreli kullanıldığı tedavilerdeki maksimum süreyi taklit etmek ve sonrasında antioksidanların etkisini belirlemek amacıyla NaOCl'nin deney örneklerine 10 dakika süreyle uygulandı.

Literatürdeki NaOCl'nin bağlanma dayanımına etkisini değerlendiren çalışmalardan biri olan Kunawarote ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, %6'lık NaOCl'nin farklı uygulanma sürelerindeki (5 sn, 15 sn ve 30 sn) bağlanma dayanımına etkisi incelenmiştir.

NaOCl uygulaması sonrası deney yüzeyleri 30 sn yıkanmış ardından self etch adeziv sistem (Clearfil SE Bond) kullanılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda uygulama süresi arttıkça ve özellikle 30 saniye uygulanan grupta NaOCl'nin bağlanma dayanımını olumsuz etkilediği gösterilmiştir (115).

NaOCl'nin farklı adeziv sistemlerle bağlanma dayanımını inceleyen çalışmalarda ise sonuçlar farklılıklar göstermektedir. Ercan ve ark., %2,5'lik NaOCl'nin self-etch adeziv sistem ile (Clearfil SE Bond) bağlanma dayanımını azalttığını, etch-and-rinse sistem (Prime & Bond NT) ile ise bağlanma dayanımına herhangi bir etkisi olmadığını göstermişlerdir (73, 116). Ercan ve ark. yaptığı çalışmanın aksine Elkassas ve ark. yaptığı çalışmada, %5,25'lik NaOCl solüsyonunun etch-and-rinse adeziv sistem (Adper Single Bond 2) ile bağlanma dayanımını azalttığı, self-etch adeziv sistem (Clearfil S³ Bond) ile arttırdığı gösterilmiştir. Bunun nedeni olarak NaOCl'nin oksitleyici etkisinin etch-and-rinse adezivleri olumsuz etkilediğini ancak organik matriksi çözmesinin ve dentin yüzeyini hidroksiapatit kristallerinden zengin bir hale getirmesinin ise self-etch adezivlerin dış yüzeyine kimyasal bağlantısını arttırdığını bildirmişlerdir (117). Çelik ve ark yaptığı çalışmada ise %5,25'lik NaOCl'nin 10 dk uygulamasının üç farklı self-etch adeziv sistemin (Clearfil SE Bond, Clearfil Tri-S Bond, Adper Prompt-L-Pop) ve bir etch-and-rinse adeziv sistemin (Adper Single Bond 2) bağlanma dayanımı değerlerine etkileri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda adeziv sistemler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (10). Çalışmalardaki sonuçların farklılık göstermesi; NaOCl'nin farklı konsantrasyonlarından, adeziv sistemlerin içeriğinden, deney için kullanılan dentin dokusunun derinliğinden ve laboratuvar şartlarının değişkenliğinden kaynaklanabilir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde NaOCl'nin bağlanma dayanımına etkisi; uygulama süresi, konsantrasyon, deneylerde kullanılan dentin örneklerin derin veya yüzeyel dentin olması ve uygulanan farklı adeziv sistem gibi faktörlere bağlı olarak farklılıklar göstermektedir (73). NaOCl'nin farklı derinliklerdeki dentine bağlanma dayanımını inceleyen Uceda-Gómez ve ark. yaptığı çalışmada self etch adeziv sistem (One Step (Bisco)) tercih edilerek %10'luk konsantrasyondaki NaOCl uygulamasının yüzeyel dentindeki bağlanma dayanımına etkisinin derin dentine kıyasla daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri gösterdiği bulunurken (73, 118), Aguilera ve ark. yaptıkları çalışmada ise etch-and-rinse adeziv sistem (Prime&Bond NT) ile %5'lik konsantrasyondaki NaOCl'nin yüzeyel ve derin dentindeki bağlanma dayanımlarına etkisinin arasında anlamlı bir fark

olmadığını bildirmiştir (119). Uceda-Gómez ve ark. yaptığı çalışmada dentin derinliğinin artması, dentindeki tübüllerin sayısının ve genişliğinin artması sebebiyle restorasyon ile diş bağlanma dayanımını olumsuz etkilemiş olabilir. Bununla birlikte bu iki çalışmanın sonuçları arasındaki farklılıklar; NaOCl'nin farklı konsantrasyonlarda kullanılmış olması, NaOCl uygulaması sonrası deney örneklerinin farklı sürelerde yıkanması ve kullanılan adeziv sistemlerin farklı olması olabilir.

Literatürde NaOCl'nin bağlanma dayanımını azalttığı çalışmalar ile birlikte bağlanma dayanımını etkilemediği (116, 120) ve olumlu etkilediği çalışmalar da mevcuttur (117, 121, 122). Bu çalışmalarda NaOCl'nin organik doku çözücü etkisi ile smear tabakasını kaldırıp kollajeni açarak adeziv sistemin penetrasyonunu kolaylaştırdığı ve bu sayede diş ile restorasyon arasındaki bağlanma dayanımını artırdığı öne sürülmektedir. NaOCl'nin bağlanma dayanımını olumlu etkilediği çalışmalardan biri olan Mohammed ve ark. yaptıkları çalışmalarda %4'lük NaOCl 20 sn uygulanmış ve 10 sn yıkanmıştır (121). Çalışmadaki NaOCl'nin 20 sn uygulama süresinin literatürdeki diğer çalışmalara kıyasla kısa bir süre olması NaOCl'in bağlanma dayanımına olumsuz etkilerini azaltmış olabilir.

Cha ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, NaOCl uygulaması sonrası kavitenin yıkanmadan restorasyonun yapılması bağlanma dayanımını olumsuz etkilerken, kavitenin 10 sn yıkanması sonrasında restorasyonun yapılmasının bağlanma dayanımını olumlu yönde etkilediği gösterilmiştir (123). Bizim çalışmamızda da Gönülol ve ark.'nın yaptıkları çalışmadaki gibi, %5,25'lik NaOCl'nin 10 dk uygulaması sonrası örnek yüzeyleri 20 saniye boyunca yıkanmıştır (16). NaOCl'nin sulu çözeltisinde oluşan, dentin tübüllerinde kalan ve rezin materyallerin polimerizasyonunu olumsuz etkileyen serbest oksijen radikallerin 20 sn gibi kısa bir süre de olsa yıkanarak uzaklaştırılması, çalışmamızdaki NaOCl grubunun erken ve geç dönem MBD'lerini koruyan bir diğer faktör olabilir.

Çalışmamızda NaOCl uygulaması sonrası birçok klinik ve laboratuvar çalışmasında optimum başarıyı sağlayan iki aşamalı bir self-etch adeziv sistem olan Clearfil SE Bond tercih edilmiştir. Clearfil SE Bond, hafif asidik bir pH'a ($\text{pH}=2.0$) sahiptir ve hidroksiapatitteki kalsiyum iyonları ile kimyasal olarak reaksiyona girerek dentin dokusu ile rezin materyal arasındaki hibrit tabakayı stabilize eden 10-MDP monomerini içermektedir (36). Tez çalışmamızdaki NaOCl uygulanan grup ile uygulanmayan grubun (CSE) erken ve geç dönem MBD değerleri arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Çalışmamızda uygulanan adeziv sistemin içerdiği 10-MDP monomeri sayesinde geç dönem

MBD değerleri korunmuş ve NaOCl'nin bağlanma dayanımına sebep olabileceği olumsuz etkiler azalmış olabilir.

NaOCl, kollajenden zengin dentin organik matriksini çözerek adeziv sistemin monomerlerinin diş dokusuna bağlantısını arttırdığı öne sürölmektedir (117, 121). Ancak NaOCl'nin uygulama sırasında oluşturduğu oksijen radikalleri adeziv sistemin polimerizasyonunu inhibe edici etki göstermektedir. Ayrıca diş dokusunda kalan bu rezidüel serbest oksijen radikalleri rezin-dentin arayüzünde tübüllere ve intertübüler dentine rezin infiltrasyonunu engelleyebilmektedir (124). Sodyum hipokloritin bu okside edici etkilerini nötrale etmek, oluşturduğu serbest radikalleri ortamdan uzaklaştırmak amacıyla literatürde birçok antioksidan solüsyonu ile çalışmalar yapılmıştır (4, 23, 76, 111, 112). Çalışmamızda antioksidan solüsyonları olarak, literatürde oksitleyici ajanlardan sonra sıklıkla kullanılmış olan (10, 13, 52, 125), toksik olmayan ve sentetik bir antioksidan olan SA ile özellikle son dönemde güçlü ve doğal bir antioksidan olması nedeniyle kullanılan PA tercih edildi.

Bu tez çalışmasında NaOCl sonrası %10'luk SA ile %15'lik PA antioksidan solüsyonları dentin yüzeyine farklı sürelerde (1 dk, 5 dk, 10 dk) uygulanarak erken ve geç dönem MBD'ları karşılaştırıldı. Her iki antioksidan grubunun tüm uygulama sürelerindeki erken ve geç dönem MBD değerleri NaOCl uygulanan gruptan anlamlı derecede yüksek bulundu. NaOCl sonrası antioksidan uygulamasının MBD değerlerini arttırması literatürdeki birçok çalışma ile uyumludur (6, 10, 16, 23). Ayrıca dentin adeziv sistemlerin klinik olarak kabul edilebilir makaslama bağlanma değeri 17-20 MPa olduğundan çalışmamızdaki tüm antioksidan gruplarının bağlanma dayanımları klinik olarak kabul edilebilir değerler arasında bulunmuştur (126).

Çalışmamızda kullandığımız sodyum askorbat, askorbik asitin bir tuzudur ve etkinliği kanıtlanmış güçlü bir antioksidan ajandır. Askorbik asit düşük bir pH (yaklaşık 4) değerine sahipken SA daha yüksek bir pH'a (yaklaşık 7) sahip olduğundan diş dokularında kullanım için daha uygun bir ajandır. Ayrıca askorbik asit ve tuzları düşük toksisiteye (LD50 = 11,900 mg/kg) sahip oldukları için biyolojik dokulara yan etkileri neredeyse hiç yok denecek kadar azdır. Bu nedenle tıp ve diş hekimliği alanındaki çalışmalarında nötral, biyoyumlu ve sentetik bir antioksidan olan SA sıklıkla tercih edilmektedir (14, 15).

Literatürdeki NaOCl uygulaması sonrasında SA uygulamasının bağlanma dayanımına etkisini inceleyen çalışmalarda genellikle %10'luk konsantrasyon tercih

edilmiştir (6, 10, 14, 16). Bununla birlikte Weston ve ark. yaptıkları çalışmada, %5,25'lik NaOCl uygulanan kök kanal dentinin bağlanma dayanımına SA'nın farklı konsantrasyonlardaki (%10, %20) ve farklı uygulama sürelerindeki (1 dk, 3dk, 10dk) etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda SA uygulanan tüm gruplar konsantrasyondan ve uygulama süresinden bağımsız olarak yüksek bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir. Bunun yanında çalışmanın sonucunda SA'nın farklı konsantrasyonları ile farklı uygulama sürelerinin bağlanma dayanımına etkileri arasında anlamlı bir fark gösterilmemiştir (5). SA'nın konsantrasyonunun artmasının bağlanma dayanımını etkilememesi ve literatürde sıklıkla %10'luk konsantrasyonunun kullanılması nedeniyle bu tez çalışmasında da SA'nın %10'luk konsantrasyonu tercih edilmiştir.

Çalışmamızda SA antioksidan solüsyonu 1 dk, 5 dk ve 10 dk olmak üzere farklı sürelerde uygulandı. Çalışmamızın bulguları incelendiğinde SA'nın tüm uygulama sürelerinde erken ve geç dönem MBD değerleri NaOCl uygulanan gruba göre istatistiksel olarak yüksek olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Çalışmamızın sonucunda SA'nın NaOCl sonrası bağlanma dayanımı değerlerini arttırması literatürdeki birçok çalışmayla uyumluluk göstermektedir (5, 6, 14, 16).

SA'nın bağlanma dayanımını arttırdığı bir çalışmaya örnek olarak Gönülol ve ark.'nın yaptıkları çalışmada; dentin örnekler üzerine %5,25'lik NaOCl 10 dk uygulanmış ve sonrasında 20 sn yıkanmıştır. Antioksidan olarak NaOCl uygulaması sonrasında %10'luk SA 10 dk uygulanmış ve sonrasında yıkanmadan restorasyonları yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda kontrol grubu ve SA uygulanan grupların bağlanma dayanımı değerleri NaOCl uygulanan gruba göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (16).

Vongphan ve ark, yaptıkları in vitro çalışmada ise %5,25'lik NaOCl ve sonrasında %10'luk SA uygulamasının bağlanma dayanımına etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada ayrıca SA 10 dk uygulaması sonrası örnek yüzeyleri bir grupta 10 dk boyunca distile su ile yıkanmış diğer bir grupta ise yıkanmadan restorasyon yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda SA uygulaması NaOCl uygulanan grubun bağlanma dayanımı değerlerini anlamlı derecede arttırmıştır. Ayrıca SA sonrası örnek yüzeylerinin yıkandığı grubun bağlanma dayanımı değerleri, yıkanmayan gruba göre daha düşük bulunmuştur. SA sonrası yıkamanın oluşturduğu nemli dentin yüzeyinin, çalışmada kullanılan etch-and-rinse adeziv sistemin (Single Bond) teknik hassasiyetini etkileyerek bağlanma dayanımını düşürmüş olabileceği öne sürülmüştür (6). Bunun yanında Weston ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise %10'luk

SA'nın 1, 3 ve 10 dk uygulaması sonrasında örnek yüzeyleri 10ml distile su ile yıkanmıştır ve çalışmanın sonucunda SA uygulanan tüm gruplar NaOCl uygulanan gruptan daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir (5). Bizim çalışmamızda her iki antioksidan solüsyonu sonrasında kalıntıları ortamdaki uzaklaştırmak adına örnek yüzeyleri klinik olarak kabul edilebilen bir süre olan 30'ar saniye yıkanmıştır. Çalışmamızın sonucunda tüm antioksidan grupları NaOCl grubundan daha yüksek erken ve geç dönem MBD değerleri göstermiştir. Vongphan ve ark.'larının yaptıkları çalışmadaki örneklerin SA sonrası 10 dk'lık yıkanma süresi klinik uygulama için çok uzun bir süredir ve bu uzun yıkama süresi çalışmadaki bağlanma dayanımı değerlerini olumsuz etkilemiş olabilir. Vongphan ve ark.'larının yaptığı çalışma ile bizim çalışmamızın sonuçları arasındaki farklılıkların sebebi SA sonrası yıkama süresi olabilir.

Çelik ve ark yaptığı çalışmada ise %5,25'lik NaOCl'nin 10 dk uygulaması sonrası MBD değerlerine %10'luk SA uygulamasının etkisi incelenmiştir. Ayrıca çalışmada 4 ayrı adeziv sistem (Clearfil SE Bond, Clearfil Tri-S Bond, Adper Prompt-L-Pop, Adper Single Bond 2) karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda Adper Prompt-L-Pop ile Clearfil Tri-S Bond gruplarında 10 dk'lık SA uygulamasındaki MBD değerleri, NaOCl gruplarına göre istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Ancak 10 dakika uygulama klinik çalışma süresi için pratik olmayan uzun bir süredir. Bu nedenle çalışmamızda 10 dakikalık uygulama süresine alternatif olarak SA'nın 1, 5 ve 10 dk'lık MBD değerleri karşılaştırılmıştır (10). Çalışmamızın sonucunda farklı uygulama süreleri karşılaştırıldığında 1dk SA uygulamasının erken dönem MBD değerleri, 5 ve 10 dk uygulama gruplarından anlamlı derecede düşük bulundu.

SA uzun yıllardır kullanılan güvenilir sentetik bir antioksidan olsa da artık günümüzde daha doğal, biyouyumlu materyallerin kullanımı yaygınlaştığından özellikle son dönemde literatürdeki çalışmalarda başarılı sonuçlar gösteren doğal bir antioksidan olan proantosiyanidin (PA) üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. PA, üzüm çekirdeği başta olmak üzere meyvelerde ve sebzelerde bolca bulunan, flavan-3-ol ((+) kateşin ve (-) epikateşin) içeren yüksek moleküler ağırlıklı polimer yapıda güçlü bir antioksidandır (77). PA'nın antioksidan kapasitesinin SA'dan daha güçlü olduğu öne sürülmektedir (23). Büyük bir moleküler boyuta ve hidroksil gruplarına sahip olan PA, iyonik, kovalent ve hidrofobik etkileşimler yoluyla kollajen liflerinin karbonil grupları arasındaki proteinlerle güçlü bir bağ oluşturmaktadır. Böylece PA, kollajenler arasındaki bağları arttırıp, stabilize ederek çapraz

bağlayıcı ajanlar olarak etki göstermektedir. Ayrıca PA'nın hidroksil grupları, dentinin kalsiyum iyonları ile kimyasal olarak bağlanmaktadır (112). Literatürdeki sınırlı sayıdaki çalışmada PA'nın dentin ile rezin materyaller arasındaki mikrosızıntıyı azalttığı, dentinin biyomekanik özelliklerini ve bağlanmayı arttırdığı bildirilmiştir (22, 127). Bu nedenle PA, NaOCl gibi oksidan ajanlardan sonra diş dokusundaki bağlanma dayanımını inceleyen çalışmalarda kullanılan güncel bir antioksidan ajandır (23, 76, 128).

Wang ve ark.'nın yaptıkları çalışmada %5,25'lik NaOCl'nin 20 dk'lık uygulaması sonrasında farklı konsantrasyonlarda (%5, %10, %15) PA solüsyonları farklı uygulama sürelerinde (1dk, 5dk, 10dk) uygulanmış ve bağlanma dayanımı değerleri incelenmiştir. Çalışmada %5,25'lik NaOCl uygulanan grubun, uygulanmayan gruba göre bağlanma dayanımı değerleri anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Ayrıca %5'lik PA'nın 5 ve 10 dakikalık, %10 ve %15'lik PA'nın ise tüm uygulama sürelerindeki (1dk, 5dk, 10dk) bağlanma dayanımı değerleri NaOCl uygulaması sonrasındaki bağlanma dayanımı değerlerini arttırdığı gösterilmiştir. Tüm gruplar arasında yalnızca 1 dk uygulanan %5'lik PA grubu, NaOCl uygulaması sonrasındaki bağlanma dayanımı değerlerini arttırmada yetersiz kalmıştır (23). Bu çalışmada olduğu gibi bizim çalışmamızda da %15'lik PA antioksidan solüsyonunun tüm uygulama sürelerindeki (1dk, 5dk, 10dk) MBD değerleri kontrol gruplarına göre anlamlı derece yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Çalışmamızda farklı uygulama süreleri karşılaştırıldığında; PA'nın 1 dk uygulaması sonucu erken dönem MBD değerleri, 5 dk uygulanan PA grubun erken dönem MBD değerlerinden anlamlı derecede düşük olduğu görüldü ($p<0,05$). Geç dönemde ise PA'nın farklı uygulama süreleri arasında anlamlı fark bulunmadı ($p>0,05$).

Çalışmamızda uygulanan her iki antioksidan solüsyonunda da farklı uygulama sürelerinde (1 dk , 5 dk, 10 dk) erken dönem MBD değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunduğundan bu çalışmanın ikinci hipotezi olan “Her bir antioksidan uygulamasının farklı uygulama sürelerinin erken dönem rezin-dentin MBD değerleri arasında fark yoktur.” hipotezi reddedilmiştir.

Çalışmamızda termal yaşlandırma işlemi sonrası geç dönemde ise her iki antioksidanın farklı uygulama süreleri arasında rezin-dentin MBD değerleri arasında fark bulunmadığından çalışmamızın üçüncü hipotezi olan “Her bir antioksidan uygulamasının farklı uygulama sürelerinin geç dönem rezin-dentin MBD değerleri arasında fark yoktur.” hipotezi kabul edilmiştir.

Ayrıca bu tez çalışmasının bulgularına göre her bir antioksidanın aynı uygulama sürelerinde hem erken hem geç dönemde MBD değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığından çalışmamızın dördüncü hipotezi olan “Her bir antioksidan solüsyonunun aynı uygulama sürelerinin her iki dönem içinde rezin-dentin MBD değerleri arasında fark yoktur.” hipotezi kabul edilmiştir. Ayrıca tüm antioksidan gruplarında 1 dk ve 10 dk’lık PA grubu dışındaki tüm grupların erken dönem MBD’lerinin yaşlandırma işlemi sonrası korunamadığı ve geç dönem MBD değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olması ($p<0.05$) sebebiyle çalışmamızın beşinci hipotezi olan “Antioksidan solüsyonlarının her bir uygulama süresinde erken ve geç dönem rezin dentin MBD değerleri arasında fark yoktur.” hipotezi reddedilmiştir.

Dikmen ve ark. yaptıkları çalışmada, koronal dentin yüzeyine %5,25’lik NaOCl (30sn) uygulaması sonrası kontrol grubuna göre düşen bağlanma dayanımı değerleri %5’lik PA (10dk) uygulaması sonrası arttığı gösterilmiştir (53). Shafiei ark. yaptığı çalışmada ise PA’nın kök dentinine %5,25’lik NaOCl (20dk) uygulaması ile %10’luk PA (5dk) uygulaması sonrası bağlanma dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır (112). Bu iki çalışmanın sonuçları arasındaki farklılıkların; PA’nın ve NaOCl’nin uygulama süreleri, PA’nın elde edildiği kaynaklar, kullanılan adeziv sistemlerin içerikleri ve kron ile kök dentininin histolojik yapıları arasındaki farklılıklardan kaynaklanmış olabilir.

Literatürde SA ve PA gibi antioksidanlar, NaOCl dışında, beyazlatma tedavilerinde kullanılan oksitleyici ajanların bağlanma dayanımına etkisinin incelendiği çalışmalarda da kullanılmıştır. Bu çalışmalarda antioksidan uygulaması çoğunlukla beyazlatma tedavisi sonrasındaki bağlanma dayanımı değerlerini arttırmıştır (24, 44, 51). Örneğin, Vidhya ve ark. yaptıkları çalışmada 10 dk %38’lik hidrojen peroksit uygulaması sonrası %10’luk SA ve %5’lik PA antioksidan solüsyonlarının 10 dk uygulanmasının bağlanma dayanımlarını arttırdığı gösterilmiştir. Çalışmanın sonucunda PA uygulanan grubun MBD değerleri SA uygulanan gruba göre yüksek bulunmuştur (24). Lai ve ark. yaptığı bir çalışmada ise %10’luk karbamid peroksit (8 saat) uygulamasının hemen sonrasında %10’luk SA uygulamasının (3 saat) bağlanma dayanımı değerlerini yükselttiği gösterilmiştir (51). Yine başka bir çalışmada %10’luk karbamid peroksit (8 saat) uygulamasının MBD değerlerinin; bir hafta bekletilip %10’luk SA uygulanarak (10 dk) arttırıldığı bildirilmiştir (44).

Çalışmamızda MBD testinin ardından örnek yüzeylerinde kırılmanın gerçekleştiği alanlar ışık mikroskopu altında incelenerek kırılma tipleri kaydedildi. Tüm gruplardaki

kırılmanın ağırlıklı olarak adeziv tip olduğu görüldü. Elkassas ve ark. yaptıkları çalışmada da NaOCl uygulanan hem self-etch (Clearfil S³ Bond) hem de etch-and-rinse sistem (Adper Single Bond 2) grubunda kırılmanın en fazla adeziv kırılma tipinde olduğu gösterilmiştir (117). Aynı şekilde Gönülol ve ark., NaOCl ve sonrasında SA uygulanan gruplarda kırılmanın en fazla adeziv tipte olduğunu bildirmişlerdir (16).

Çalışmamızın bulguları doğrultusunda; erken dönemde SA'nın 1 dk'lık uygulamasının 5 ve 10 dk'lık SA gruplarına göre, 1 dk'lık PA grubunun ise 5 dk uygulanan PA grubundan MBD değerleri daha düşük olsa da her iki antioksidanın da tüm uygulama sürelerinde MBD değerlerini NaOCl'ye göre iyileştirdiği görüldü. Bunun yanında her iki değerlendirme döneminde de uygulama süreleri arttıkça bağlanma dayanımını arttırdığı tespit edildi. Çalışmamızın bulgularının literatürdeki çalışmalar ile farklılık göstermesi; uygulanan adeziv sistemler, NaOCl'nin ve antioksidan solüsyonlarının uygulama süreleri, konsantrasyonları, saklama koşulları, antioksidanların elde edildiği kaynaklar, elde edilme yöntemleri arasındaki farklılıklar ve laboratuvar koşullarındaki değişikliklerden kaynaklanıyor olabilir.

Bu tez çalışmasının limitasyonları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Bu çalışmada NaOCl'nin ve antioksidanların sadece bir self etch adezive olan bağlanma dayanımları incelenmiş olup farklı adeziv sistemlerle oluşabilecek farklılıklar değerlendirilememiştir.
- NaOCl'nin tek bir uygulama süresi ve konsantrasyonu incelenmiş olup farklı süre ve konsantrasyonlardaki MBD değerlerine etkisi incelenememiştir.
- Çalışmamızda dentin yüzeyleri NaOCl uygulaması sonrası 20 sn ve antioksidan solüsyonları sonrası 30'ar sn yıkanmıştır. Dentin örneklerin NaOCl ve antioksidan uygulaması sonrası yıkanmamasının ve farklı sürelerde yıkanmasının bağlanma dayanımına etkisi incelenememiştir.
- Çalışmamızda 1, 5 ve 10 dk'lık sürelerdeki MBD değerleri incelenen SA ve PA antioksidanlarının daha uzun sürelerdeki ve farklı konsantrasyonlardaki etkileri değerlendirilememiştir.
- Çalışmamızda erken ve 5000 döngü termal yaşlandırma işlemi sonrası geç dönem MBD değerleri karşılaştırılmıştır. Daha uzun süre termal yaşlandırma işlemi veya farklı bir yapay yaşlandırma yöntemi sonrası MBD değerleri incelenememiştir.

- Bu çalışma bir in vitro çalışma olduğundan tüm bu limitasyonlar göz önünde bulundurularak daha uzun süreli in vitro ve klinik çalışmaların yapılması literatüre katkı sağlayacaktır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda %5,25 NaOCl'in 10 dk uygulaması sonrası ve %10'luk SA ve %15'lik PA antioksidan solüsyonlarının farklı sürelerde uygulaması sonrası MBD değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirildi. Ayrıca tüm gruplardaki örneklerin yarısına 5000 döngü termal yaşlandırma işlemi uygulanarak geç dönem MBD değerleri incelendi. Çalışmamızın bulgularına göre;

1. NaOCl uygulanan dentin örneklerinin erken ve geç dönem MBD değerleri ile NaOCl uygulanmadan bir self-etch adezivin (Clearfil SE Bond) uygulandığı dentin örneklerinin MBD değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmadı.

2. NaOCl uygulanan grubun erken ve geç dönem MBD değerleri, her iki antioksidanın da (SA, PA) tüm uygulama sürelerindeki (1 dk, 5 dk ,10 dk) erken ve geç dönem MBD değerlerinden anlamlı derecede düşük bulundu.

3. Çalışmamızda gruplar içerisinde farklı sürelerdeki MBD değerleri karşılaştırıldığında;

Erken dönemde, SA gruplarında 1 dk uygulanan SA grubu 5 ve 10 dk uygulanan gruplardan anlamlı derecede düşük MBD değerleri gösterdi.

PA uygulanan gruplarda ise 1 dk uygulanan PA grubunun erken dönemdeki MBD değeri, 5 dk uygulanan gruptan anlamlı derecede düşük olduğu görüldü.

Diğer gruplar arasında anlamlı bir fark görülmedi.

Geç dönemde (yaşlandırma işlemi sonrasında) ise; her iki antioksidanında (SA, PA) farklı uygulama sürelerindeki MBD değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı.

4. Çalışmamızda SA ve PA uygulanan grupların MBD değerleri birbirleri ile karşılaştırıldığında;

Erken dönemde, yalnızca 1 dk PA uygulamasının MBD değerleri 5 ve 10 dk uygulanan SA gruplarından düşük bulundu ($p<0,05$).

Geç dönemde ise, SA ve PA grupları arasında anlamlı bir fark bulunmadı.

Çalışmamızın sonucunda; tek başına NaOCl uygulaması ile tek başına Clearfil SE Bond uygulaması arasında anlamlı bir fark görülmedi. Ancak SA ve PA antioksidan solüsyonlarının tüm uygulama sürelerindeki (1 dk, 5 dk, 10 dk) erken ve geç dönem MBD değerleri NaOCl ve CSE kontrol gruplarına göre yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte bu

antioksidan solüsyonlarının uygulama süreleri arttıkça MBD değerleri de artış göstermiştir. Bu in vitro tez çalışmasının sınırları içerisinde dentin yüzeyine NaOCl uygulaması sonrasında erken ve geç dönemdeki MBD değerlerinin arttırılması amacıyla en az 1dk SA ve PA uygulaması önerilebilir.



7. KAYNAKLAR

1. Brännström M (1986). The cause of postrestorative sensitivity and its prevention. *Journal of Endodontics* 12: 475–481.
2. Imazato S, Torii Y, Takatsuka T, Inoue K, Ebi N, Ebisu S (2001). Bactericidal effect of dentin primer containing antibacterial monomer Methacryloyloxydodecylpyridinium Bromide (MDPB) against bacteria in human carious dentin. *Journal of Oral Rehabilitation* 28: 314–319.
3. Radcliffe CE, Potouridou L, Qureshi R, Hababbeh N, Qualtrough A, Worthington H, Drucker DB (2004). Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms *Actinomyces israelii*, *A. naeslundii*, *Candida albicans* and *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal* 37: 438–446.
4. Abuhaimed TS, Neel EAA (2017). Sodium Hypochlorite Irrigation and Its Effect on Bond Strength to Dentin. *BioMed Research International* 2017.
5. Weston CH, Ito S, Wadgaonkar B, Pashley DH (2007). Effects of Time and Concentration of Sodium Ascorbate on Reversal of NaOCl-Induced Reduction in Bond Strengths. *Journal of Endodontics* 33: 879–881.
6. Vongphan N, Senawongse P, Somsiri W, Harnirattisai C (2005). Effects of sodium ascorbate on microtensile bond strength of total-etching adhesive system to NaOCl treated dentine. *Journal of Dentistry* 33: 689–695.
7. Kim B-R, Oh M-H, Shin D-H (2017). Effect of cavity disinfectants on antibacterial activity and microtensile bond strength in class I cavity. *Dental Materials Journal* 36: 368–373.
8. Barutçigil Ç, Harorli OT, Özcan E, Arslan H, Yildiz M (2014). Effects of ethylenediaminetetraacetic acid and sodium hypochlorite on the bond strength of bonding agents to pulp chamber lateral walls. *Journal of Dental Sciences* 9: 229–234.
9. Andersen FA (2005). Final Report of the Safety Assessment of L-Ascorbic Acid, Calcium Ascorbate, Magnesium Ascorbate, Magnesium Ascorbyl Phosphate, Sodium

- Ascorbate, and Sodium Ascorbyl Phosphate as Used in Cosmetics¹. *International Journal of Toxicology* 24: 51–111.
10. Celik C, Erkut S, Gulsahi K, Yamanel K, Kucukesmen C (2010). Effect of sodium ascorbate on bond strength of different adhesive systems to NaOCl-treated dentin. *Australian Endodontic Journal* 36: 12–18.
 11. Yoon M, Burrow M, Wong R, Parashos P (2014). Effect of Sodium Ascorbate on Resin Bonding to Sodium Perborate-bleached Dentin. *Operative Dentistry* 39: 98–106.
 12. Lai SCN, Mak YF, Cheung GSP, Osorio R, Toledano M, Carvalho RM, Tay FR, Pashley DH (2001). Reversal of Compromised Bonding to Oxidized Etched Dentin. *Journal of Dental Research* 80: 1919–1924.
 13. Kılınç Hİ, Aslan T, Kılıç K, Er Ö, Kurt G (2016). Effect of Delayed Bonding and Antioxidant Application on the Bond Strength to Enamel after Internal Bleaching. *Journal of Prosthodontics* 25: 386–391.
 14. Pashley DH (2001). Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. *Journal of Endodontics* 27: 753–757.
 15. Freire A, Souza EM, de Menezes Caldas DB, Rosa EAR, Bordin CFW, de Carvalho RM, Vieira S (2009). Reaction kinetics of sodium ascorbate and dental bleaching gel. *Journal of Dentistry* 37: 932–936.
 16. Gönülol N, Kalyoncuoğlu E, Ertaş E (2015). Effect of sodium ascorbate on dentin bond strength after treatment with oxidizing root canal irrigants. *Journal of Dental Sciences* 10: 139–144.
 17. Tenkumo T, Aobulikasimu A, Asou Y, Shirato M, Shishido S, Kanno T, Niwano Y, Sasaki K, Nakamura K (2020). Proanthocyanidin-rich grape seed extract improves bone loss, bone healing, and implant osseointegration in ovariectomized animals. *Scientific Reports* 10: 8812.
 18. Bagchi D, Bagchi M, Stohs SJ, Das DK, Ray SD, Kuszynski CA, Joshi SS, Pruess HG (2000). Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract: Importance in human health and disease prevention. *Toxicology* 148: 187–197.

19. Castellan CS, Bedran-Russo AK, Karol S, Pereira PNR (2011). Long-term stability of dentin matrix following treatment with various natural collagen cross-linkers. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 4: 1343–1350.
20. Castellan CS, Pereira PNR, Viana G, Chen S-N, Pauli GF, Bedran-Russo AK (2010). Solubility study of phytochemical cross-linking agents on dentin stiffness. *Journal of Dentistry* 38: 431–436.
21. Epasinghe DJ, Yiu CKY, Burrow MF, Tay FR, King NM (2012). Effect of proanthocyanidin incorporation into dental adhesive resin on resin-dentine bond strength. *Journal of Dentistry* 40: 173–180.
22. Nagpal R, Manuja N, Pandit IK (2013). Effect of proanthocyanidin treatment on the bonding effectiveness of adhesive restorations in pulp chamber. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry* 38: 49–53.
23. Wang Y, Chen C, Zang HL, Liang YH (2019). The recovery effect of proanthocyanidin on microtensile bond strength to sodium hypochlorite-treated dentine. *International Endodontic Journal* 52: 371–376.
24. Vidhya S, Srinivasulu S, Sujatha M, Mahalaxmi S (2011). Effect of grape seed extract on the bond strength of bleached enamel. *Operative Dentistry* 36: 433–438.
25. Van Meerbeek B, Perdigão J, Lambrechts P, Vanherle G (1998). The clinical performance of adhesives. *Journal of Dentistry* 26: 1–20.
26. Eshrak Sofan, PhD Afrah Sofan, PhD Gaspare Palaia, PhD Gianluca Tenore, MD, DDS Umberto Romeo, MD, DDS Guido Migliau, MD D (2017). Classification review of dental adhesive systems: from the IV generation to the universal type. *Annali di Stomatologia* 8: 1–17.
27. Ritter A V., Boushell LW, Walter R (2019). *Sturdevant's Art & Science of Operatif Dentistry*. *Sturdevant's Art & Science of Operatif Dentistry*.
28. Bonding A (2009). *Introduction and Adhesion Theories*. *Adhesives Technology Handbook Elsevier*, pp 1–19.
29. Akinmade AO, Nicholson JW (1993). Glass-ionomer cements as adhesives. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine* 4: 95–101.

30. Swift EJ (2002). Dentin/enamel adhesives: review of the literature. *Pediatric dentistry* 24: 456–461.
31. Perdigão J (2020). Current perspectives on dental adhesion: (1) Dentin adhesion – not there yet. *Japanese Dental Science Review* 56: 190–207.
32. Oliveira SSA, Marshall SJ, Hilton JF, Marshall GW (2002). Etching kinetics of a self-etching primer. *Biomaterials* 23: 4105–4112.
33. Grayson W. MJ, Sally J. M, John H. K, Mehdi B (1997). The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *Journal of dentistry* 25: 441–458.
34. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: Methods and results. *Journal of Dental Research* 84: 118–132.
35. Meerbeek B VAN, Landuyt K VAN, Munck J DE, Hashimoto M, Peumans M, Lambrechts P, Yoshida Y, Inoue S, Suzuki K (2005). Technique-Sensitivity of Contemporary Adhesives. *Dental Materials Journal* 24: 1–13.
36. Vermelho PM, Reis AF, Ambrosano GMB, Giannini M (2017). Adhesion of multimode adhesives to enamel and dentin after one year of water storage. *Clinical Oral Investigations* 21: 1707–1715.
37. Rosa WL de O da, Piva E, Silva AF da (2015). Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry* 43: 765–776.
38. Sadek FT, Pashley DH, Nishitani Y, Carrilho MR, Donnelly A, Ferrari M, Tay FR (2008). Application of hydrophobic resin adhesives to acid-etched dentin with an alternative wet bonding technique. *Journal of Biomedical Materials Research Part A* 84A: 19–29.
39. Giannini M, Makishi P, Ayres APA, Vermelho PM, Fronza BM, Nikaido T, Tagami J (2015). Self-Etch Adhesive Systems: A Literature Review. *Brazilian Dental Journal* 26: 3–10.
40. Van Meerbeek B, Yoshihara K, Yoshida Y, Mine A, J. DM, K.L. VL (2011). State of the art of self-etch adhesives. *Dental Materials* 27: 17–28.
41. Van Landuyt KL, Kanumilli P, De Munck J, Peumans M, Lambrechts P, Van

- Meerbeek B (2006). Bond strength of a mild self-etch adhesive with and without prior acid-etching. *Journal of Dentistry* 34: 77–85.
42. Cobanoglu N, Unlu N, Ozer FF, Blatz MB (2013). Bond strength of self-etch adhesives after saliva contamination at different application steps. *Operative Dentistry* 38: 505–511.
 43. Yoo HM, Oh TS, Pereira PNR (2006). Effect of saliva contamination on the microshear bond strength of one-step self-etching adhesive systems to dentin. *Operative Dentistry* 31: 127–134.
 44. Suneetha R, Pavithra S, Thomas J, Swapna Priya Nanga G, Shiromany A, Shivrayan A (2014). An In Vitro Comparative Study of Shear Bond Strength of Composite Resin to Bleached Enamel using Synthetic and Herbal Antioxidants. *Journal of International Oral Health* 6: 77–81.
 45. Sen, S., Chakraborty, R., Sridhar, C., Reddy, Y. S. R., & De B (2010). Free radicals, antioxidants, diseases and phytomedicines: current status and future prospect. *International journal of pharmaceutical sciences review and research* 3: 91–100.
 46. Young IS (2001). Antioxidants in health and disease. *Journal of Clinical Pathology* 54: 176–186.
 47. Kähkönen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha J-P, Pihlaja K, Kujala TS, Heinonen M (1999). Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 3954–3962.
 48. Pham-Huy LA, He H, Pham-Huy C (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International Journal of Biomedical Science* 4: 89–96.
 49. Dröge W (2002). Free Radicals in the Physiological Control of Cell Function. *Physiological Reviews* 82: 47–95.
 50. Erhardt MCG, Osorio R, Viseras C, Toledano M (2011). Adjunctive use of an antioxidant agent to improve resistance of hybrid layers to degradation. *Journal of Dentistry* 39: 80–87.
 51. Lai SCN, Tay FR, Cheung GSP, Mak YF, Carvalho RM, Wei SHY, Toledano M, Osorio R, Pashley DH (2002). Reversal of Compromised Bonding in Bleached

- Enamel. *Journal of Dental Research* 81: 477–481.
52. Prasansuttiporn T, Nakajima M, Kunawarote S, Foxton RM, Tagami J (2011). Effect of reducing agents on bond strength to NaOCl-treated dentin. *Dental Materials* 27: 229–234.
 53. Dikmen B, Gurbuz O, Ozsoy A, Eren MM, Cilingir A, Yucel T (2015). Effect of Different Antioxidants on the Microtensile Bond Strength of an Adhesive System to Sodium Hypochlorite-treated Dentin. *The journal of adhesive dentistry* 17: 499–504.
 54. Türkün, M., Türkün, Ç., & Kalender A (2004). Effect of Cavity Disinfectants on the Sealing Ability of Nonrinsing Dentin-Bonding Resins. *Quintessence international* 35(6).
 55. Coelho A, Amaro I, Apolónio A, Paula A, Saraiva J, Ferreira MM, Marto CM, Carrilho E (2021). Effect of cavity disinfectants on adhesion to primary teeth—a systematic review. *International Journal of Molecular Sciences* 22.
 56. Bitter K, Vlassakidis A, Niepel M, Hoedke D, Schulze J, Neumann K, Moter A, Noetzel J (2017). Effects of Diode Laser, Gaseous Ozone, and Medical Dressings on *Enterococcus faecalis* Biofilms in the Root Canal Ex Vivo. *BioMed Research International* 2017: 1–9.
 57. Çelik Ç, Özel Y, Bağış B, Erkut S (2010). Effect of Laser Irradiation and Cavity Disinfectant Application on the Microtensile Bond Strength of Different Adhesive Systems. *Photomedicine and Laser Surgery* 28: 267–272.
 58. Saydjari Y, Kuypers T, Gutknecht N (2016). Laser Application in Dentistry: Irradiation Effects of Nd:YAG 1064 nm and Diode 810 nm and 980 nm in Infected Root Canals - A Literature Overview. *BioMed Research International* 2016.
 59. Jones CG (1997). Chlorhexidine: is it still the gold standard? *Periodontology* 2000 15: 55–62.
 60. Stanley A, Wilson M, Newman HN (1989). The in vitro effects of chlorhexidine on subgingival plaque bacteria. *Journal of Clinical Periodontology* 16: 259–264.
 61. Tjäderhane L, Larjava H, Sorsa T, Uitto V-J, Larmas M, Salo T (1998). The Activation and Function of Host Matrix Metalloproteinases in Dentin Matrix

- Breakdown in Caries Lesions. *Journal of Dental Research* 77: 1622–1629.
62. Gendron R, Grenier D, Sorsa T, Mayrand D (1999). Inhibition of the Activities of Matrix Metalloproteinases 2, 8, and 9 by Chlorhexidine. *Clinical Diagnostic Laboratory Immunology* 6: 437–439.
 63. Ashraf T, Jan S, Behal R (2019). Role of Hydrogen Peroxide as a Sub Gingival Irrigant in Periodontal Therapy. *International Journal of Research and Review* 6: 33–36.
 64. Heling, Chandler (1998). Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *International Endodontic Journal* 31: 8–14.
 65. Azarpazhooh A, Limeback H (2008). The application of ozone in dentistry: A systematic review of literature. *Journal of Dentistry* 36: 104–116.
 66. Nagayoshi M, Kitamura C, Fukuizumi T, Nishihara T, Terashita M (2004). Antimicrobial effect of ozonated water on bacteria invading dentinal tubules. *Journal of Endodontics* 30: 778–781.
 67. Sen S, Sen S (2020). Ozone therapy a new vista in dentistry: integrated review. *Medical Gas Research* 10: 189.
 68. Gołębek H, Borys K, Kohli M, Brus-Sawczuk K, Strużycka I (2019). Chemical aspect of sodium hypochlorite activation in obtaining favorable outcomes of endodontic treatment: An in-vitro study. *Advances in Clinical and Experimental Medicine* 28: 1311–1319.
 69. Estrela C, Estrela CRA, Barbin EL, Spanó JCE, Marchesan MA, Pécora JD (2002). Mechanism of action of sodium hypochlorite. *Brazilian Dental Journal* 13: 113–117.
 70. Mohammadi Z (2008). Sodium hypochlorite in endodontics: an update review. *International Dental Journal* 58: 329–341.
 71. Retamozo B, Shabahang S, Johnson N, Aprecio RM, Torabinejad M (2010). Minimum Contact Time and Concentration of Sodium Hypochlorite Required to Eliminate *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics* 36: 520–523.
 72. Siqueira JF, Rôças IN, Favieri A, Lima KC (2000). Chemomechanical reduction of the bacterial population in the root canal after instrumentation and irrigation with 1%,

- 2.5%, and 5.25% sodium hypochlorite. *Journal of Endodontics* 26: 331–334.
73. Coelho A, Amaro I, Rascão B, Marcelino I, Paula A, Saraiva J, Spagnuolo G, Ferreira MM, Marto CM, Carrilho E (2021). Effect of cavity disinfectants on dentin bond strength and clinical success of composite restorations-a systematic review of in vitro, in situ and clinical studies. *International Journal of Molecular Sciences* 22: 1–27.
 74. Nakatani H, Mine A, Matsumoto M, Kabetani T, Kawaguchi-Uemura A, Higashi M, Tajiri Y, Imai D, Hagino R, Minamino T, et al. (2017). Effectiveness of sodium hypochlorite and sulfinic acid sodium salt treatment on dentin-resin bonding: Long-term durability of one-step self-etching adhesive. *Dental Materials Journal* 36: 842–850.
 75. Prasansuttiporn T, Nakajima M, Kunawarote S, Foxton RM, Tagami J (2011). Effect of reducing agents on bond strength to NaOCl-treated dentin. *Dental Materials* 27: 229–234.
 76. Cecchin D, Farina AP, Bedran-Russo AK (2018). Efficacy of Natural Collagen Crosslinkers on the Compromised Adhesive Bond Strength to NaOCl-treated Pulp Chamber Dentin. *The journal of adhesive dentistry* 20: 365–369.
 77. Fine AM (2000). Oligomeric Proanthocyanidin Complexes : Applications Oligomeric Proanthocyanidins. *Alternative Medicine Review* 5: 144–151.
 78. Yahara N, Tofani I, Maki K, Kojima K, Kojima Y, Kimura M (2005). Mechanical assessment of effects of grape seed proanthocyanidins extract on tibial bone diaphysis in rats. *Journal of Musculoskeletal Neuronal Interactions* 5: 162–169.
 79. Atabek Ş, Özden AN (2019). Comparison of the Effect of Proanthocyanidin Surface Treatments on Shear Bond Strength of Different Cements. *Materials* 12: 2676.
 80. Han B, Jaurequi J, Tang BW, Nimni ME (2003). Proanthocyanidin: A natural crosslinking reagent for stabilizing collagen matrices. *Journal of Biomedical Materials Research* 65A: 118–124.
 81. Morresi AL, D'Amario M, Capogreco M, Gatto R, Marzo G, D'Arcangelo C, Monaco A (2014). Thermal cycling for restorative materials: Does a standardized protocol exist in laboratory testing? A literature review. *Journal of the Mechanical Behavior*

of Biomedical Materials 29: 295–308.

82. Ernst CP, Canbek K, Euler T, Willershausen B (2004). In vivo validation of the historical in vitro thermocycling temperature range for dental materials testing. *Clinical oral investigations* 8: 130–138.
83. Bektas ÖÖ, Eren D, Siso SH, Akin GE (2012). Effect of thermocycling on the bond strength of composite resin to bur and laser treated composite resin. *Lasers in Medical Science* 27: 723–728.
84. Rossomando KJ, Wendt SL (1995). Thermocycling and dwell times in microleakage evaluation for bonded restorations. *Dental Materials* 11: 47–51.
85. Can S, Kahvecioğlu F, Acar H, Ülker M (2016). Doğal bir kollajen çapraz bağlayıcının kendinden bağlanabilen akışkan kompozitlerin dentin bağlanma dayanımına etkisi. *Selcuk Dental Journal* 3: 63–63.
86. Koyuturk AE, Kusgoz A, Ulker M, Yeşilyurt C (2008). Effects of mechanical and thermal aging on microleakage of different fissure sealants. *Dental Materials Journal* 27: 795–801.
87. Loomans BAC, Mesko ME, Moraes RR, Ruben J, Bronkhorst EM, Pereira-Cenci T, Huysmans MCDNJM (2017). Effect of different surface treatment techniques on the repair strength of indirect composites. *Journal of Dentistry* 59: 18–25.
88. Gale MS, Darvell BW (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry* 27: 89–99.
89. Özcan M, Barbosa SH, Melo RM, Galhano GÁP, Bottino MA (2007). Effect of surface conditioning methods on the microtensile bond strength of resin composite to composite after aging conditions. *Dental Materials* 23: 1276–1282.
90. Montagner AF, Opdam NJM, Munck JD, Cenci MS, Meerbeek BV, Huysmans MCDNJM (2017). Bonding Efficacy and Fracture Pattern of Adhesives Submitted to Mechanical Aging with the Rub&Roll Device. *Journal of Adhesive Dentistry* 19: 59–68.
91. Zaruba M, Kasper R, Kazama R, Wegehaupt FJ, Ender A, Attin T, Mehl A (2014). Marginal adaptation of ceramic and composite inlays in minimally invasive mod

- cavities. *Clinical Oral Investigations* 18: 579–587.
92. de Oliveira DCRS, Ayres APA, Rocha MG, Giannini M, Puppin Rontani RM, Ferracane JL, Sinhoreti MAC (2015). Effect of Different In Vitro Aging Methods on Color Stability of a Dental Resin-Based Composite Using CIELAB and CIEDE2000 Color-Difference Formulas. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 27: 322–330.
 93. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Lassila LVJ (2018). Does artificial aging affect mechanical properties of CAD/CAM composite materials. *Journal of Prosthodontic Research* 62: 65–74.
 94. Deng D, Yang H, Guo J, Chen X, Zhang W, Huang C (2014). Effects of different artificial ageing methods on the degradation of adhesive-dentine interfaces. *Journal of Dentistry* 42: 1577–1585.
 95. Haralur SB (2017). The Effect of Accelerated Aging on the Colour Stability of Composite Resin Luting Cements using Different Bonding Techniques. *Journal of Clinical and Diagnostic Research* 11: ZC57–ZC60.
 96. Li P, Krämer-Fernandez P, Klink A, Xu Y, Spintzyk S (2021). Repairability of a 3D printed denture base polymer: Effects of surface treatment and artificial aging on the shear bond strength. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 114: 104227.
 97. Hampe R, Lümke mann N, Sener B, Stawarczyk B (2018). The effect of artificial aging on Martens hardness and indentation modulus of different dental CAD/CAM restorative materials. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 86: 191–198.
 98. Xie C, Han Y, Zhao XY, Wang ZY, He HM (2010). Microtensile bond strength of one-and two-step self-etching adhesives on sclerotic dentin: The effects of thermocycling. *Operative Dentistry* 35: 547–555.
 99. Suo X, Hu R, Xu R (2013). Characteristic and its development tendency of virtual product development technology. *Applied Mechanics and Materials* 271: 710–714.
 100. Adebayo OA, Burrow MF, Tyas MJ (2008). Bond strength test: Role of operator skill.

Australian Dental Journal 53: 145–150.

101. Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH (1997). Why do Shear Bond Tests Pull Out Dentin? *Journal of Dental Research* 76: 1298–1307.
102. El Mourad AM (2018). Assessment of Bonding Effectiveness of Adhesive Materials to Tooth Structure using Bond Strength Test Methods: A Review of Literature. *The Open Dentistry Journal* 12: 664–678.
103. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM (1995). Adhesion testing of dentin bonding agents: A review. *Dental Materials* 11: 117–125.
104. Buonocore MG (1955). A Simple Method of Increasing the Adhesion of Acrylic Filling Materials to Enamel Surfaces. *Journal of Dental Research* 34: 849–853.
105. Mason PM, Ferrari M, Cagidiaco MC, Davidson C. (1996). Shear bond strength of four dentinal adhesives applied in vivo and in vitro. *Journal of Dentistry* 24: 217–222.
106. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, De Munck J (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental Materials* 26: e100–e121.
107. Melo MAV de, Moysés MR, Santos SG dos, Alcântara CEP, Ribeiro JCR (2011). Effects of different surface treatments and accelerated artificial aging on the bond strength of composite resin repairs. *Brazilian Oral Research* 25: 485–491.
108. Güler E, Gönülol N, Özyılmaz ÖY, Yücel AÇ (2013). Effect of sodium ascorbate on the bond strength of silorane and methacrylate composites after vital bleaching. *Brazilian Oral Research* 27: 299–304.
109. Nascimento GCR, Ribeiro MES, Guerreiro MYR, de Souza Cruz EL, Pinheiro J de JV, Loretto SC (2019). Effect of sodium ascorbate on bond strength and metalloproteinases activity in bleached dentin. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry* 11: 259–265.
110. Nascimento Santos J, de Oliveira Carrilho MR, Fernando De Goes M, Augusto Zaia A, de Almeida Gomes BPF, de Souza-Filho FJ, Cezar Randi Ferraz C (2006). Effect of Chemical Irrigants on the Bond Strength of a Self-Etching Adhesive to Pulp Chamber Dentin. *Journal of Endodontics* 32: 1088–1090.

111. Pimentel Corrêa AC, Cecchin D, De Almeida JFA, De Almeida Gomes BPF, Zaia AA, Ferraz CCR (2016). Sodium Thiosulfate for Recovery of Bond Strength to Dentin Treated with Sodium Hypochlorite. *Journal of Endodontics* 42: 284–288.
112. Shafiei F, Dehghani Z, Tavangar MS (2022). Effect of natural antioxidants on bond strength recovery of resin-modified glass ionomers to the NaOCl-affected pulp chamber dentin. *Clinical and experimental dental research*.
113. Amaral FLB, Colucci V, Palma-Dibb RG, Corona SAM (2007). Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: A critical review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 19: 340–353.
114. Gomes BPFA, Ferraz CCR, Vianna ME, Berber VB, Teixeira FB, Souza-Filho FJ (2001). In vitro antimicrobial activity of several concentrations of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of *Enterococcus faecalis*. *International Endodontic Journal* 34: 424–428.
115. Kunawarote S, Nakajima M, Shida K, Kitasako Y, Foxton RM, Tagami J (2010). Effect of dentin pretreatment with mild acidic HOCl solution on microtensile bond strength and surface pH. *Journal of Dentistry* 38: 261–268.
116. Ercan E, Erdemir A, Zorba YO, Eldeniz AU, Dalli M IB (2009). Effect of different cavity disinfectants on shear bond strength of composite resin to dentin. *Journal of Adhesive Dentistry* 11: 343–6.
117. Elkassas Dr. DW, Fawzi EM, El Zohairy A (2014). The effect of cavity disinfectants on the micro-shear bond strength of dentin adhesives. *European Journal of Dentistry* 8: 184–190.
118. Uceda-Gómez N, Reis A, Carrilho MR de O, Loguercio AD, Rodriguez Filho LE (2003). Effect of sodium hypochlorite on the bond strength of an adhesive system to superficial and deep dentin. *Journal of Applied Oral Science* 11: 223–228.
119. Aguilera FS, Osorio R, Osorio E, Moura P, Toledano M (2012). Bonding efficacy of an acetone-based etch-and-rinse adhesive after dentin deproteinization. *Medicina Oral, Patologia Oral y Cirugia Bucal* 17: 649–654.
120. Toledano, M., Perdigão, J., Osorio, E., & Osorio R (2002). Influence of NaOCl

deproteinization on shear bond strength in function of dentin depth. American journal of dentistry 15:4: 252–255.

121. Mohammed Hassan A, Ali Goda A, Baroudi K (2014). The effect of different disinfecting agents on bond strength of resin composites. International Journal of Dentistry 2014.
122. Fawzy AS, Amer MA E-AF (2008). Sodium hypochlorite as dentin pretreatment for etch-and-rinse single-bottle and two-step self-etching adhesives: atomic force microscope and tensile bond strength evaluation. J Adhes Dent 10: 135-144.
123. CHA H-S, SHIN D-H (2016). Antibacterial capacity of cavity disinfectants against *Streptococcus mutans* and their effects on shear bond strength of a self-etch adhesive. Dental Materials Journal 35: 147–152.
124. Ari H, Yaşar E, Bellí S (2003). Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. Journal of Endodontics 29: 248–251.
125. Kadiyala A, Saladi HK, Bollu IP, Burla D, Ballullaya SV, Devalla S, Maroli S, Jayaprakash T (2015). Effect of different anti-oxidants on shear bond strength of composite resins to bleached human enamel. Journal of Clinical and Diagnostic Research 9: ZC40–ZC43.
126. ISO T (2003). Dental Materials Testing of Adhesion to Tooth Structure.
127. Cecchin D, Pin LC, Farina AP, Souza M, Vidal CDMP, Bello YD, Ferraz CCR, Bedran-Russo A (2015). Bond strength between fiber posts and root dentin treated with natural cross-linkers. Journal of Endodontics 41: 1667–1671.
128. Güçlüer Ö, Arslan D, Aydın H, Özdemir SB (2019). The Effect of Antioxidant Agents on Adhesion of an Epoxy Resin Based Sealer to NaOCl-Treated Root Dentin. Akdeniz Medical Journal 5: 483–488.