



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**TURBO-ER, CR: YSGG UYGULAMALARININ
MİNE REZİN BAĞLANMA DAYANIMINA
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Evrin ÖNER

UZMANLIK TEZİ

Prof. Dr. Tahsin YILDIRIM

TRABZON-2015



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**TURBO-ER, CR: YSGG UYGULAMALARININ
MİNE REZİN BAĞLANMA DAYANIMINA
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Evrin ÖNER

UZMANLIK TEZİ

Prof. Dr. Tahsin YILDIRIM

TRABZON-2015

ONAY SAYFASI

Bu Tez Uzmanlık Tezi Standartlarına Uygun Bulunmuştur.

Prof.Dr.Tahsin YILDIRIM

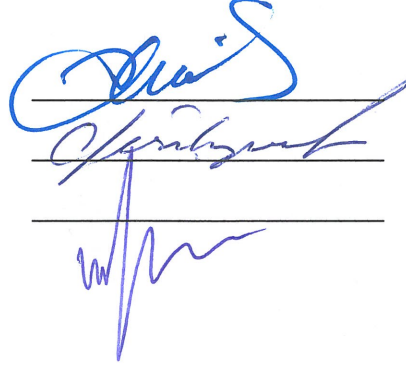
Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Başkanı

Karadeniz Teknik Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Uzmanlık öğrencisi Evrim ÖNER'in hazırladığı "Turbo Er,Cr:YSGG uygulamalarının mine rezin bağlanma dayanımına etkisinin incelenmesi" başlıklı tez Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca kapsam ve bilimsel kalite yönünden değerlendirilerek oy birliği ile Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof.Dr.Tahsin YILDIRIM

Jüri Üyesi Prof.Dr.Cemal YEŞİLYURT

Jüri Üyesi Doç.Dr.Muhammet YALÇIN



Bu tez KTÜ Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nın 23./ 12./ 2015 tarih ve 26.... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof.Dr.Hasan DİNÇ
DEKAN V.

ARALIK – 2015
TRABZON

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 çalışmasında 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 davranışın olmadığını beyan ederim.

Evrin ÖNER

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve bu tez çalışmasının yürütülmesi sürecinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, tecrübe ve bilgilerinden faydalandığım danışman hocam Sayın Prof. Dr. Tahsin YILDIRIM'a,

Uzmanlık eğitimi süresi boyunca mesleki bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen, tez çalışmamın düzenlenmesinde katkılarda bulunan Sayın Prof. Dr. Cemal YEŞİLYURT'a,

Çalışmamın düzenlenmesinde ve yönlendirilmesinde katkılarda bulunan tez izleme jüri üyesi olan Doç. Dr. Muhammet YALÇIN'a,

Uzmanlık tezimin istatistik çalışmasında büyük yardımları dokunan Sayın Doç. Dr. Tamer TÜZÜNER'e,

Çalışmadaki yardımlarını esirgemeyen, KTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünden Arş. Gör. Serdar ÖZKAYA'ya,

Uzmanlık eğitimim boyunca gösterdikleri anlayış için KTÜ Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı çalışanlarına, Yrd. Doç. Dr. Güneş BULUT EYÜBOĞLU'na, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili asistan arkadaşlarım Arş. Gör. Dt. Hakan DOĞANTEPE'ye, Arş. Gör. Dt. Emine SAK MORTAŞ'a ve Arş. Gör. Dt. Ayça KIRAN'a,

Uzmanlık eğitimi süresince birçok şey paylaştığım sevgili arkadaşlarım Uzm. Dr. Cihan UYSAL'a, Arş. Gör. Dt. Onur PİRGON'a, Tuba DOĞANTEPE'ye, Sayın Yrd. Doç. Dr. Sabri CORA'ya, Sayın Yrd. Doç. Dr. Erkan ŞÜKÜROĞLU'na ve eşi Uzm. Dr. Elçin ŞÜKÜROĞLU'na, Sayın Doç. Dr. Cem ÜNGÖR'e, Arş. Gör. Dt. Gizem ÖMEROĞLU'na, Arş. Gör. Dt. Bergin GÖKDENİZ'e, Arş. Gör. Dt. Emin MORTAŞ'a, Arş. Gör. Dt. Emre BALABAN'a, Arş. Gör. Alperen KAMILOĞLU'na,

Desteğini her zaman yanımda hissettiğim sevgili aileme,

Teşekkürlerimi sunarım...

Arş. Gör. Dt. Evrim ÖNER

İÇİNDEKİLER

KABUL ve ONAY	I
BEYAN	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
KISALTMA, SİMGELER ve FORMÜLLER DİZİNİ	VII
ÖZET	1
SUMMARY	2
3. GİRİŞ ve AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER	5
4.1. Diş Çürüğünün Uzaklaştırılmasında Kullanılan Yöntemler	5
4.2. Lazer.....	7
4.2.1. Lazer Sisteminin Bileşenleri.....	7
4.2.2. Lazer Uygulama Parametreleri.....	8
4.2.3. Lazer Emisyon Modları	8
4.2.4. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler	9
4.2.4.1. Argon Lazerler.....	9
4.2.4.2. Diyot Lazerler.....	9
4.2.4.3. Nd: YAG Lazerler	10
4.2.4.4. Ho: YAG Lazerler	10
4.2.4.5. CO ₂ Lazerler	10
4.2.4.6. Erbium Lazerler.....	11
A) Er: YAG Lazerler	11
B) Er, Cr: YSGG Lazerler	11
4.3. Diş Dokularına Bağlanma	14
4.3.1. Mineye Bağlanma.....	16

4.3.1.1. Mine pürüzlendirilmesinde kullanılan yöntemler	16
4.3.2. Dentine bağlanma	18
4.3.3. Dental adezivlerin sınıflandırılması	18
4.3.3.1. Total Etch adezivler.....	19
4.3.3.2. Self Etch adezivler.....	19
4.3.3.3. Cam İyonomer Adezivler	20
4.4. Adezivlerin Diş Dokularına Bağlanma Kalitelerini Değerlendirmek İçin Kullanılan Test Yöntemleri.....	20
4.4.1. Mikrogerilme Bağlanma Testi.....	20
4.4.2. Mikromakaslama Bağlanma Testi.....	21
4.4.3. Mikrosızıntı Tespit Yöntemleri	21
4.5. Bağlanma Dayanım Testleri Sonucu Oluşan Kırılma Tiplerinin Değerlendirilmesi.....	21
4.6. Yüzey Görüntüleme Yöntemleri.....	21
4.6.1. Taramalı Elektron Mikroskobu	21
4.6.2. Geçirmeli Elektron Mikroskobu.....	22
4.6.3. Atomik Kuvvet Mikroskobu.....	22
4.7. Er, Cr: YSGG lazerlerin mine rezin bağlantısı üzerine etkisi.....	22
5. GEREÇ ve YÖNTEM	28
5.1. Örneklerin Toplanması.....	28
5.2. Örneklerin Hazırlanması	28
5.3. Örneklerin Yüzey Preperasyonu	31
5.4. Pürüzlendirme İşlemleri	34
5.5. Bonding Ajanının Uygulanması.....	35
5.6. Kompozit Resinin Bağlanması	35
5.7. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testinin Uygulanması.....	35

5.8. Stereomikroskop ile Kırılma Analizi	36
5.9. SEM Görüntülerinin Elde Edilmesi	36
5.10. İstatistiksel Analiz	38
6. BULGULAR	39
6.1. Makaslama Bağlanma Dayanım Testi Bulguları	39
6.2. Kırılma Analizi Bulguları	40
6.3. SEM Bulguları	40
7. TARTIŞMA	46
8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	57
9. KAYNAKLAR	58

KISALTMA, SİMGE ve FORMÜLLER DİZİNİ

Kısaltmalar

Er, Cr: YSGG	Erbium, Chromium-doped Yttrium-Scandium-Galyum-Garnet
Nd: YAG	Neodium-doped Yttrium-Aluminum-Garnet
Ho: YAG	Holmium-doped Yttrium-Aluminum-Garnet
CO ₂	Karbondioksit
Er: YAG	Erbium-doped Yttrium-Aluminum-Garnet
SEM	Scanning Electron Microscope
BIS-GMA	Bisphenol-A, Glycol Dimethacrylate
TEG-DMA	Triethylene Glycol Dimethacrylate
UDMA	Urethane Dimethacrylate
Ca/P	Kalsiyum/Fosfat
OH	Hidroksil

Simgeler

mm	Milimetre
cm	Santimetre
°	Derece
W	Watt
Hz	Hertz
μ	Mikron
nm	Nanometre
sn	Saniye
mJ	Mili-joule
°C	Santigrat derece
rpm	Round per minute
μs	Mikrosaniye
μm	Mikrometre
dk	Dakika
MPa	Megapascal
N	Newton
Å	Angstrom derece
<	Küçüktür
>	Büyüktür
±	Artı-eksi

ÖZET

Turbo-Er, Cr: YSGG Uygulamalarının Mine Rezin Bağlanma Dayanımına Etkisinin İncelenmesi

Bu çalışmanın amacı; turbo uçlu-Er, Cr: YSGG lazer veya frez kullanımının, mine yüzeylerine adeziv sistemlerle bağlanan kompozit rezinlerin bağlanma dayanımına etkinliklerinin karşılaştırılmasıdır. Ayrıca bu çalışmada turbo-Er, Cr: YSGG lazerler kullanılarak hazırlanan kavitelerde hangi pürüzlendirme yönteminin daha iyi bağlanma dayanımı sağlayacağını incelenmesi amaçlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, sığır dişlerinden elde edilen mine örneklerine turbo-Er, Cr: YSGG lazerle kavite preperasyonu yapıldıktan sonra farklı pürüzlendirme yöntemleri uygulanarak (asit, lazer veya lazer-asit kombinasyonu) frezle preperasyon yapıp asitle pürüzlendirilen örneklerle karşılaştırılmak üzere 4 grup hazırlandı. Örneklere pürüzlendirme işleminden sonra adeziv sistemler aracılığıyla kompozit rezin bağlanarak makaslama bağlanma dayanım testi uygulanarak, bu testte elde edilen değerler incelendi. Ayrıca kavite preperasyonu ve pürüzlendirme işlemi bittikten sonra her gruptan birer örneğin, yüzey özelliklerinin incelenmesi amacıyla SEM görüntüsü alındı ve incelendi.

Çalışma sonucunda, frezle preperasyon ve asitle pürüzlendirme yapılan grup (Grup FA) ile lazerle preperasyon yapıldıktan sonra lazer ve asitle kombine olarak pürüzlendirme yapılan grup (Grup LLA) en yüksek bağlanma dayanımını gösterdi ve aralarında istatistiksel anlamda bir fark bulunmadı. Tüm gruplar içerisinde en düşük bağlanma dayanımı lazerle preperasyon yapıldıktan sonra lazerle pürüzlendirme yapılan Grup LL'de izlendi.

Bu çalışmanın sınırları dahilinde elde ettiğimiz bulgularının ışığında, turbo-Er, Cr: YSGG lazer uygulanmasından sonra mine yüzeyinde istenilen bağlantı dayanımının sağlanabilmesi için lazer ve asitle kombine pürüzlendirme gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Turbo başlık, Er, Cr: YSGG lazer, Mine, Makaslama bağlanma dayanımı, Lazerle pürüzlendirme

SUMMARY

Evaluation of Turbo-Er, Cr: YSGG Laser Applications' Effect on Bond Strength Between Enamel and Resin

The aim of this study is to compare the bonding strength of composite resins that bond to enamel surface which treated with burs or Er, Cr: YSGG laser with turbo tip. Additionally in this study, we evaluate which conditioning technique is better in terms of bonding strength for the cavities prepared with Er, Cr: YSGG laser with turbo tip.

In these thesis study, four groups created after preparation of enamel samples, obtained from bovine incisor, with bur and Er, Cr: YSGG laser with turbo tip. Then Er, Cr: YSGG prepared surfaces conditioned with three different methods (acid, laser and combination of acid/laser) and these three groups compared with bur prepared and then conditioned with acid. After conditioning enamel samples, composite resins were bonded to surface via adhesive system and evaluated the shear bond strength. After cavity preparation and conditioning procedure, one sample from each group were examined with SEM.

According to this study results; bur prepared and then conditioned with acid group (Group FA) and laser prepared and then conditioned with combination of laser/acid group (Group LLA) showed higher bond strength and there was no significant differences among them. Lowest bond strength among all groups was shown by Group LL which laser prepared and then laser conditioned group.

In the light of the results within the limitation of this study, conditioning with combination of laser and acid is necessary to obtain an optimum bond strength in turbo-Er, Cr: YSGG laser prepared enamel surface.

Keywords: Turbo handpiece, Er, Cr: YSGG laser, Enamel, Shear Bond Strength, Laser etching

3. GİRİŞ ve AMAÇ

Diş sert dokularının en sık görülen hastalığı diş çürükleridir. Diş çürüğünün tedavisi için öncelikle çürük dokunun temizlenmesi ve sonrasında da uygun bir restoratif materyalle tamir edilmesi gerekmektedir. Çürüğün temizlenmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. En sık kullanılan yöntem döner aletler ve frezlerle diş çürüğünün uzaklaştırılmasıdır (1).

Döner alet ve frezlerin yarattığı ses, titreşim, ağrı gibi rahatsızlıklar nedeniyle geleneksel kabul edilen bu çürük temizleme yöntemine alternatifler aranmaktadır. Bulunan yöntemlerden en sık kullanılanlardan birisi de lazer cihazlarıyla çürük dokunun temizlenmesidir (2).

Lazer teknolojisinin gelişimi ile geleneksel yöntemlere göre daha konforlu, daha az anestezi ihtiyacı duyulan, sağlam dokunun daha fazla korunduğu restoratif işlemlerin yapılabilmesi mümkün hale gelmiştir. Ancak, lazerlerin çalışma sürelerinin uzun olması, cihazın kullanımının ayrıca bir eğitim gerektirmesi ve fiyatının yüksek olmasından ötürü rutin klinik kullanımda çok fazla kullanılmamaktadır (3).

Günümüzde diş sert dokularında sıklıkla kullanılan lazerlerden biri de Er, Cr: YSGG lazerlerdir. Bu lazerlerin diğer lazerlere göre avantajı su molekülleri tarafından en üst düzeyde absorbe olarak daha hızlı diş sert dokularını uzaklaştırabilmesidir (3). Ancak standart başlık ve uçlarıyla çalışıldığında hala klinik kullanım süresi bir hayli zaman almaktadır. Bu sebeplerden 2009 yılında Er, Cr: YSGG lazer (Waterlase MD Turbo, Biolase) için piyasaya sürülen yeni bir turbo başlık ve uçların kullanımı ile çalışma süresi önemli ölçüde azaltılmış ve lazerin klinik kullanımını daha uygun hale getirmiştir.

Turbo başlığın standart lazer başlıklarından farkı kesimde 3-5 mm uzaklıkta çalışarak ve 500 veya 700 mikron spot çapına sahip turbo uçların kullanılmasıyla ablasyon hızını arttırmasıdır (4). Ablasyon hızının artmasıyla birlikte sert dokuları daha hızlı kaldırmakta ve dolayısıyla kavite hazırlama süresini azaltmaktadır. Ayrıca turbo uçlarla doku arasındaki ortalama 4 mm uzaklık lazerin odak noktasının daha rahat görülmesini sağlayarak etkin ve güvenli bir çalışma sağlayabilir.

Çürük doku temizlendikten sonra tedavinin devamında yapılacak restorasyon için mevcut seçenekler içinde en sık kullanılan yöntemlerden biri kompozit rezin restorasyonlardır. Bu restorasyonların diş dokularına bağlanabilmesi için kimyasal, mekanik ve mikromekanik olarak bağlantı sağlaması gerekmektedir. Bu bağlantılar için yüzeyin öncelikle bir pürüzlendirme aşamasından geçmesi gerekir.

Diş sert dokularının yüzey hazırlığı için günümüzde en sık fosforik asitler kullanılmaktadır. Bu yöntemin, dişin canlı dokusu olan, pulpaya yakınlığına bağlı olarak hassasiyet oluşturma ihtimali vardır (5). Zamanla bu etkileri düzeltilmeye çalışılsa da bu yöneme alternatif olabilecek yöntemler araştırılmaktadır. Bulunan yöntemlerden biri ise lazerle pürüzlendirme yöntemidir.

Diş sert dokularının lazerle pürüzlendirilmesinin pulpada irritasyon oluşturmaması (pulpada minimum düzeyde ısı artışı) önemli bir avantajdır (6). Bunun yanı sıra çalışılacak alanın dışındaki dokuların korunması ve kontrolü aside göre daha kolaydır (7). Lazerle pürüzlendirmenin sağlayabileceği diğer bir fayda ise sert dokulardaki Ca/P oranını düzenleyerek karbonat oranını düşürerek, diş yapısının daha stabil ve aside dirençli hale gelmesini sağlayarak çürüğe daha dirençli bir yapı oluşturmaktadır (8, 9).

Er, Cr: YSGG lazerlerle yapılan kavite preperasyonunun veya pürüzlendirmenin adeziv sistemlerin diş dokularına bağlanma dayanımına etkisini ölçen çalışmalar bulunmakla birlikte bu çalışmalarda bizim çalışmamızda kullandığımız turbo başlığın kullanıldığı başka bir araştırma ile karşılaşılmamıştır (10-12). Turbo lazerlerle kavite preperasyonunun diş yüzeyine etkilerini değerlendiren bir çalışma mevcuttur (13). Fakat bu çalışma uygulamanın diş dokusuna bağlanma dayanımına etkisine yönelik değildir. Bu yönden Er, Cr: YSGG lazerlerin turbo başlığıyla kullanımının diş dokularına bağlanma dayanımına etkisinin incelenmesi sonucu ortaya çıkacak sonuçlar klinik açıdan önem arz etmelidir.

Bu çalışmanın amacı turbo lazer ile frez kullanarak, lazer uygulaması sonrası farklı yüzey hazırlıklarının rezin mine bağlantısına etkisini araştırmaktır.

4. GENEL BİLGİLER

4.1. Diş Çürüğünün Uzaklaştırılmasında Kullanılan Yöntemler

Restorasyonun başarılı olabilmesi için çürük diş dokusunun uzaklaştırılması ve kavitenin sızdırmaz bir restorasyon ile kapatılması gereklidir. İdeal çürük uzaklaştırma yöntemlerinin sahip olması gereken özellikler Banerjee ve ark. (1, 2) tarafından şöyle bildirilmiştir:

- Klinik kullanımı kolay ve rahat olmalı
- Sadece çürük dokuyu uzaklaştırmalı, sağlam dokulara zarar vermemeli
- Ağrısız ve sessiz olmalı ve operasyon sırasında en düşük düzeyde basınç gerektirmeli
- Vibrasyon yapmamalı ve ısı oluşturmamalı
- Ucuz ve ulaşılabilirliği kolay olmalı.

Günümüzde çürük diş dokusunun uzaklaştırılması için aşağıdaki yöntemler kullanılmaktadır:

- El aletleri
- ART
- Frezler
- Air-abrazyon
- Air-polishing
- Ultrasonik
- Sono-abrazyon
- Kemomekanik
- Lazer

Bu yöntemlerden döner aletler yardımıyla frezle çürüğün uzaklaştırılması geleneksel yöntem olarak kabul edilmektedir; fakat dentin hassasiyeti, işlem esnasında diş üzerine gelen basınç, vibrasyon ve çalışılırken ortaya çıkan rahatsız edici bir sesi olması gibi dezavantajları mevcuttur (1, 2).

Atravmatik restoratif teknikle (ART) birlikte el aletlerinin kullanımlarına olan ilgi artmıştır; fakat çürük temizleme özelliklerinin geleneksel yöntemlere göre yetersiz olması bu yöntemdeki en önemli dezavantajdır. Hekim için yorucu ve uzun süren bir tedavidir. Bu nedenlerden ötürü genellikle muayenehane ortamının sağlanamadığı ve diğer yöntemlerin uygulanamadığı durumlarda kullanılmaktadır (14, 15).

Air-abrazyon yöntemi mikro parçacıkların yüksek hava basıncıyla odaklanan yüzeye gönderilmesiyle yüzeyin aşındırılması prensibiyle çalışır. Fissür örtücüler gibi koruyucu uygulamalar için yüzeyin temizlenmesi, diş taşlarının temizlenmesi ve bazı diş renklemelerin giderilmesi, yüzeyel mine defektlerinin giderilmesi, derin olmayan Black I ve V kaviteilerin açılması gibi restoratif diş hekimliğinin çeşitli alanlarında kullanılır. Bu yöntemin ısı, vibrasyon ve rahatsız edici sesinin olmaması gibi avantajları vardır. Fakat klinik kullanımını sınırlandıran en önemli dezavantajı kavite duvarlarını ve marjinlerini kaldırmakta yetersiz olmasıdır. Bunun haricinde amalgam dolguların kaldırılmasında ve büyük çürüklerin temizlenmesinde yetersiz kalır. Ayrıca partiküllerin solunum yoluyla alınması sonucunda amfizem ve kronik granülamatoz reaksiyonlar görülebilmektedir (1, 2, 16).

Air-polishing yöntemi dişeti kenarındaki mine renklemelerinin, diştışı ve plağın uzaklaştırılmasında, başlangıç seviyesindeki çürüklerin temizlenmesinde kullanılabilir. Fakat yöntemin kullanımındaki zorluklar ve kontrolünün zor olması nedeniyle sağlam olan diş sert dokularında da önemli derecede kayba neden olabilir (17, 18).

Neilsen ve ark. tarafından geliştirilen ultrasonik yöntem ve bu sistemden geliştirilen sono-abrazyon yöntemi abrazyon uçların hızlı ve küçük titreşimlerinin yeterli basınçla birlikte uygulanmasıyla diş sert dokularında kesme işlemi yapar. Bu yöntemde aşırı basınç uygulanması sonucu titreşim azalacağından dokudaki kesme etkinliği azalır (1, 2). Bu sistemler oklüzal pit ve fissürleri, oklüzal mikro-preperasyonlar gibi küçük kaviteilerin hazırlanmasında kullanılabilirken derin kaviteelerde çalışma süresi uzun ve yumuşak dentin dokusunun kaldırılmasında etkinliği azdır. Bu sebeplerden kliniklerde kullanım alanı kısıtlıdır (19).

Kemomekanik yöntem enfekte dentinin kimyasal ajanlar aracılığıyla ortadan kaldırıldığı invaziv olmayan bir çürük kaldırma yöntemidir. Bu yöntemde çürüğün üzerindeki minenin veya restorasyonun kaldırılması ve retantif kavite formunun sağlanabilmesi için geleneksel döner aletlere veya el aletlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Daha az ağrılı bir yöntem olması dolayısıyla iletişim sağlanmasının zor olduğu hastalarda kullanımının kolay olması önemli bir avantajdır fakat bu yöntemi kullanan sistemlerin pahalı olması ve sınırlı klinik kullanımı da önemli dezavantajlarıdır (20-22).

4.2. Lazer

1960 yılından itibaren yumuşak doku cerrahisinde kullanılan lazerlerin, 1980'li yıllarda tıpta geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılmasıyla diş hekimliğinde de yumuşak ve sert dokudaki kullanımı gündeme gelmiştir. Son olarak 1997 yılında Food & Drug Administration (FDA) tarafından sert dokularda da kullanılabileceği onaylanmıştır (23-27).

4.2.1. Lazer Sisteminin Bileşenleri

Lazer sistemi bir yüzünde %100 ve diğerinde %90 yansıtıcı ayna bulunduran optik rezonans odasıyla içinde lazer aktif maddesinin bulunduğu, rezonans odasına enerji gönderen bir pompa sisteminden oluşur. Merkezinde, çekirdeğinde kimyasal elementler, aktif madde ve moleküllerin bulunduğu, optik bir kavite yer alır. Aktif madde ise gaz, sıvı, katı ve kimyasal formda olabilen bir yarı iletkenidir. Pompa sisteminden gelen enerji ile aktif maddenin molekülleri ve atomları uyarılır. Uyarılan bu atomlar eski haline dönerken az bir enerji açığa çıkarır ve burada oluşan fotonlar optik rezonans odasındaki aynalardan yansıtılırken bu enerji büyür. Büyüyen enerjiye sahip fotonlar belirli bir konsantrasyona ulaştığında yarı geçirgen aynadan geçerek iletici kolla istenilen dokuya iletilir. Burada önemli olan etkenler sistemin ne kadar güçle ne kadar süre ile pompalandığı ve aktif maddeyi oluşturan atomların yapısı ve gücüdür. Bu etkenler ortaya çıkan ışığın dalga boyunu ve enerjisini belirler (28, 29).

4.2.2. Lazer Uygulama Parametreleri

Diş hekimliğinde kullanılan lazerlerin parametreleri yapılacak işin dokusuna ve istenilen etkiye göre hekim tarafından ayarlanabilir. Bu parametreler aşağıda tanımlanmıştır:

- Dalga boyu: Dokuya olan etkinin belirlenmesinde en önemli parametredir. Fotonların enerjisiyle dalga boyu oluşur. “m” değeri ile belirtilir (Diş hekimliğinde uygulanan lazerlerde dalga boyu mikron (10^{-6}) veya nanometre (10^{-9}) gibi küçük dalga boyları kullanılır.).
- Enerji: İş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır. “joule (J)” veya “milijoule (mJ)” değeri ile belirtilir.
- Güç: Zaman içerisinde tamamlanan işin ölçüsüdür. “watt (W)” ile belirtilir. 1 watt 1 saniyede 1 joule’e eşittir. Güç lazerlerde şu formülle hesaplanır:

$$P(W) = \text{Lazer enerjisi (J)} \times \text{Puls frekansı}$$

- Güç yoğunluğu: birim alandaki (cm^2) foton konsantrasyonuna verilen isimdir. Şu formülle hesaplanır:

$$\text{Güç yoğunluğu} = \text{Güç (W)} / \text{birim alan (cm}^2\text{)}$$

- Pulsasyon süresi: pulsasyonun zaman içerisinde yayılma uzunluğunu tanımlar. Pulsasyon süresi saniye ile ölçülür.
- Pulsasyon frekansı: “Hertz (Hz)” ile belirtilir. Saniyede oluşan pulsasyon sıklığını tanımlamaktadır (29).

4.2.3. Lazer Emisyon Modları

Sürekli, parçalı ve pulsasyonlu olmak üzere üç farklı emisyon modu belirtilmiştir. Sürekli modda lazer kesintisiz bir şekilde uygulanabilirken, parçalı modda ışının süresi ayarlanabilir. Pulsasyonlu modda ışının çıktığı ve çıkmadığı anlar birbirini izler (29).

4.2.4. Diş Hekimliğinde Kullanılan Lazerler

4.2.4.1. Argon Lazerler

Sistemde kullanılan aktif madde argon gazıdır. Devamlı dalga ve aşamalı modlarda çalışma imkanı vardır. Diş hekimliğinde iki dalga boyunda kullanımı vardır (488 nm ve 514 nm) ve bu dalga boylarına göre mavi veya mavi-yeşil ışık yaymaktadır (29).

Kompozit restoratif materyallerin içerisindeki kamforokinonun aktivasyonu için gerekli olan 488 nm dalga boyundaki mavi ışık kontaktsız modda kullanıldığında polimerizasyon özelliği barındırır. Lazerle polimerizasyonu yapılan kompozitin sıradan mavi filtrelili ışığa oranla daha dayanıklı bir yapıya sahip olduğunu gösteren bazı çalışmalar vardır (30). Argon lazer aynı zamanda ışıkla-aktive beyazlatma jellerinde ve ölçü malzemeleriyle birlikte kullanılabilir. Dalga boyu 514 nm olduğunda hemoglobin, hemosiderin ve melanin içeren dokularda emilimi en yüksek seviyede olduğundan hemostatik özelliği mükemmeldir (29).

Her iki dalga boyu da suda veya diş sert dokularında iyi emilmez, bu sebeple dişeti dokularının kesilmesinde ve düzenlenmesinde diş yüzeyine en düşük seviyede etki eder ve zarar vermez. Her iki dalga boyu da çürük teşhisinde kullanılabilir ancak diş sert dokularının uzaklaştırılmasında kullanılmaz (29).

4.2.4.2. Diyot Lazerler

Diyot lazerler aliminyum veya indium, galyum ve arsenik kombinasyonlarını kullanan yarı iletken kristallerden üretilmiş katı-aktif ortama sahiptir. Diş hekimliğinde kullanılacak dalga boyları 800 ile 980 nm arasındadır. Devamlı veya parçalı modda cerrahide yumuşak dokularda kontaklı veya derin koagülasyon için kontaktsız şekilde kullanılabilir (31).

Tüm diyot dalga boyları pigmente dokular tarafından emilir ve derin penetrasyona sahiptir ama argon lazerler kadar hızlı hemostaz yapamazlar. Bu lazerlerin diş yapılarındaki emilimi zayıf olduğundan mine, dentin ve sement yakınındaki yumuşak

doku cerrahilerinde güvenle kullanılabilirler fakat diş sert dokularında kullanılmazlar (31).

Bunlara ek olarak 655 nm dalga boyunda ve 1 mW gücünde görünür kırmızı ışıklı diyot lazer (Diodent; Kavo, Lake Zurich, Illinois) çürük seviyelerinin belirlenmesi ve analizinde çürük diş dokusunun farklı floresan özelliğinden faydalanır (29).

4.2.4.3. Nd: YAG Lazerler

Nd: YAG neodimyum iyon katkılı itriyum ve alüminyumla kombine garnet kristali içeren katı-aktif ortama sahiptir. Diş hekimliğinde kullanılabilen 1064 nm'lik dalga boyu elektromanyetik spektrumda görünmez kızılötesine yakın kısımdadır. Bu aletler pulsasyonlu modda piyasada bulunmaktadır. Melanin tarafından yüksek oranda emilir ama etkisi argon lazer kadar değildir. Nd: YAG lazer enerjisi diş sert dokularınca az miktarda emilir fakat sağlam diş dokusuyla çok az etkileşir. Bu sebeple diş dokularına komşu yumuşak doku cerrahilerinde güvenle kullanılabilir. Yüzey pürüzlendirme için kullanıldığı çalışmalar (32) olsa dahi, diş sert dokularının kaldırılmasında veya kavite preperasyonunda kullanımı (sadece yüzeysel başlangıç çürüklerinde) sınırlıdır (29, 31, 33).

4.2.4.4. Ho: YAG Lazerler

Holmiyum ve tilyum iyonları katkılı ve kroma duyarlı garnet alüminyum itriyum kristallerini içeren katı-aktif ortama sahiptir. 2100 nm dalga boyuna sahip görünmez iyonize olmayan radyasyon spektrumunda kızılötesine yakın kısımda yer alır. Pulsasyonlu modda çalışır ve Nd: YAG'a göre su emilimi 100 kat daha iyidir (29). Yumuşak doku lazeri olarak hemoglobin veya diğer doku pigmentleriyle etkileşime geçmez (34). Ağız-yüz cerrahisinde sıklıkla temporomandibular eklem artroskopik cerrahisinde kullanılır (35). Diş sert dokularında kullanılmazlar (31).

4.2.4.5. CO₂ Lazerler

Elektriksel deşarj akımına göre CO₂ molekülü içeren gaz karışımının kapalı bir tüpe pompalandığı gaz-aktif ortamlı lazerlerdir. Dalga boyu 10,600 nm olan görünmez iyonize olmayan kısmın orta-kızılötesi ışık enerjisine sahiptir. Devamlı ve aşamalı pulsasyon modları mevcuttur. Su tarafından emilimi erbiyum lazerlerden sonraki en

yüksek lazerdir ve yumuşak dokularda sığ bir penetrasyonu vardır, bu özelliğiyle mukozal lezyonların tedavisinde önemlidir. Kontaktsız çalışma cerrahi işlemlerde bir dezavantaj olsa da dil ve ağız tabanı gibi hareketli dokuların tedavisinde avantaj sağlar.

Bu dalga boyu yüksek (erbiyumdan 1000 kat daha fazla) hidroksiapatit emilimine sahiptir. Bu sebeple diş yakınındaki yumuşak dokularda çalışılacaksa dişleri korumak için metal koruyucular yerleştirilmelidir (29). Diş sert dokularında kullanımına ilişkin uygun dalga boyunda pulsasyonlu modda pulpa hasarı vermeden kullanılabileceğine ilişkin birkaç çalışma (36, 37) olsa da; pulpada yarattığı sıcaklık artışından (su soğutma sistemi yoktur) ötürü kullanımını önermeyen çalışmalar da vardır (38, 39).

4.2.4.6. Erbium Lazerler

Erbiyum lazer sınıfında iki farklı dalga boyuna sahip lazer bulunur (29).

A) Er: YAG Lazerler

Aktif maddesi aliminyum, katı itriyum ve garnet kristaline erbiyum katılmasıyla oluşturulur. Bu lazerlerin dalga boyu 2940 nm'dir. Elektromanyetik spekturumun gözle görünmeyen kısmında (İyonize olmayan kızıl ötesi bölümünde) bulunur. Er: YAG lazerler diş sert dokularında kullanılabileceği FDA tarafından 1997 yılında onaylanmıştır (26, 29, 40). Bu lazerlerin termal yan etkilerinden kaçınabilmek için su soğutmasıyla birlikte kullanımı önerilmektedir. Çürük dokunun temizlenmesinde kullanıldığında Er: YAG lazerlerin smear tabakası oluşturmadan etkili bir şekilde temizlediği ve dentin tübülllerini ortaya çıkardığı bildirilmiştir (41, 42). Ancak; Er: YAG lazer uygulamasının mine rezin bağlantısına etkisini inceleyen bazı çalışmalarda bağlanmanın geleneksel yöntemlere göre yetersiz olduğu bulunmuştur (43, 44). Klinikte çalışmalarda hasta memnuniyetinin yeterli olduğu gösterilse de diş dokularını kaldırmada hızlı olmaması klinikteki kullanım alanını kısıtlamıştır (45).

B) Er, Cr: YSGG Lazerler

İtriyum, skandium, galyum ve garnetin üzerine erbiyum ve krom ilavesi ile oluşturulan katı-aktif ortamlı lazerlerdir. Er, Cr: YSGG lazerin dalga boyu 2780nm'dir. Elektromanyetik spektrumun iyonize olmayan kızıl ötesi kısmında bulunur. Er, Cr: YSGG lazerler sadece fiber optik sistem bulundurur (29). 0,1-8,0 W ve 10-50 Hz

arasında çalışma imkanı veren lazerler, su ve hava miktarının ayarlanabildiği dokunmatik ekranı, 360° dönebilen LED ışıklandırma sistemine sahip başlıkla çalışma imkanı verir.

Erbiyum lazerler su absorpsiyonu, kollajen ve hidroksiapatit afinitesi bakımından diğer lazerlerden üstündür (23, 24, 46). Er, Cr: YSGG lazerlerin dalga boyunda su molekülleri en üst düzeyde absorbe olur ve bunun sonucunda su buharlaşıp kinetik enerjisi artar ve ilgili dokuda mikropatlamalar meydana getirir. Er, Cr: YSGG lazerler hava-su soğutması bulundurduğundan pulpa ve periodontal dokular üzerinde zararlı termal artışa neden olmaz (3, 6, 47). Bu özelliklerinin yanında sistemde kullanılan suyun sadece soğutma amaçlı değildir. Lazer başlığından çıkan su damlacıkları elektro manyetik enerjiyle daha küçük su partiküllerine çevrilerek diş sert dokularında ve yumuşak dokularda kesme işlemlerine aktif olarak katılır. Enerji ile güçlenen bu su partikülleri dokular tarafından mükemmel şekilde absorbe olur ve doku yüzeyindeki hücrelerde ablasyona neden olur. Yapılan kesimlerden sonra elektron mikroskobu ile yapılan incelemelerde smear tabakasının olmadığı ve en az miktarda debrisin bulunduğu gösterilmiştir (23, 48-50).

Er, Cr: YSGG lazer sistemindeki kontaklı çalışma basınç, sürtünme, vibrasyon yaratmaz ve bu sayede oluşabilecek korku, endişe ve ağrı hissini ortaya çıkmasını engelleyebilir. Lazer sisteminin diğer bir avantajı ise diş sert dokularında kalsiyum ve fosfor oranını modifiye eder, karbonatın fosfata oranını azaltarak daha stabil ve aside karşı daha dirençli bir yüzey oluşturması sağlar (12).

Er, Cr: YSGG lazerlerin diş hekimliğindeki kullanım alanlarını şu şekilde özetleyebiliriz:

A. Sert dokuda kullanım alanları:

- Kavite preperasyonlarında (Sınıf I-IV ve giriş kaviteleri)
- Kök kanal preperasyonu ve genişletilmesinde
- Kemiğin kaldırılmasında ve kök apeksine ulaşılmasında
- Kök ucu rezeksiyonunda
- Retrograt dolgu kavitesinin hazırlanmasında

- Kök ucundaki patolojik dokuların uzaklaştırılmasında
- Mine, dentin ve sementte çürük dokunun temizlenmesinde
- Sert doku yüzeyinin pürüzlendirilmesinde
- Pit ve fissür örtücü uygulamak için yapılan enamoplasti ve ekskavasyonlarda
- Asitlere karşı diş sert dokularının direncinin artırılmasında
- Diş hassasiyeti tedavilerinde
- Beyazlatma (bleaching) tedavilerinde
- Osteoplasti ve osteotomide
- Kron boyu uzatılmasında kullanılabilir.

B. Yumuşak dokuda kullanım alanları:

- İnsizyonel ve eksizyonel biyopsiler de dahil olmak üzere oral yumuşak dokuların insizyonu, eksizyonu, vaporizasyonu, ablyasyonu ve koagülasyonunda
- Yumuşak doku kesilmesi, flep kaldırılması ve kemiğe ulaşılmasında
- Kök kanal içeriğinin temizlenmesinde
- Pulpa ekstirpasyonunda
- Pulpatomide
- Sürmemiş dişlerin açığa çıkarılmasında
- Fibroma çıkarılmasında
- Flep operasyonlarında (tam ve kısmi flep kaldırılmasında)
- Frenotomi ve frenektomide
- Gingivektomi ve gingivoplastide
- Hemostazın sağlanmasında
- İmplantın çıkarılmasında
- İnsizyon ve abse drenajında
- Lökoplaki tedavisinde
- Operkulektomide
- Oral papillektomide
- Pulpa ekstirpasyonunda
- Gingival hiperplazi azaltılmasında

- Aftöz ülser tedavisinde
- Vestibüloplastide
- Sulküler debridmanın sağlanmasında
- Granülasyon defektlerinin uzaklaştırılmasında
- Yumuşak doku küretajında kullanılabilir (31, 51).

Er, Cr: YSGG lazerlerin geniş kullanım alanı bulunmasına karşın çalışma hızı geleneksel çürük temizleme yöntemleriyle karşılaştırıldığında bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu dezavantajın giderilmesi için son yıllarda geliştirilen turbo başlıkla birlikte çalışma hızı artırılmış ve klinik kullanıma daha uygun hale getirilmiştir. Bu başlığın standart lazer başlıklarından farkı kesimde 3-5 mm uzaklıkta çalışarak ve 500 veya 700 mikron spot çapına sahip uçların kullanılmasıyla ablasyon hızını arttırmasıdır (4).

4.3. Diş Dokularına Bağlanma

Farklı moleküller arasındaki çekim kuvvetine adezyon veya bağlanma adı verilir. Adezyonu oluşturan madde adeziv ve adezivin uygulandığı materyal ise aderent olarak tanımlanır. Diş hekimliği açısından düşünüldüğünde bağlanmayı sağlayan ajanlar (bonding sistemleri) adeziv; diş sert dokuları, amalgam, kompozit, seramik, döküm metal veya cam iyonomer ise aderenttir. Bağlanmanın sağlanabilmesi için bu iki materyal arasında tam bir temas olmalıdır (52, 53). Adezyon üç şekilde meydana gelebilir; fiziksel, kimyasal veya mekanik. Fiziksel bağlantılar genel olarak çok zayıftır. Van der Waals kuvvetleri fiziksel bağlantılara örnek olarak verilebilir. Kimyasal bağlanma kovalent, iyonik, metalik ve bazı durumlarda şelasyon bağlanmayı içerir. Kimyasal bağlantı güçlüdür fakat diş hekimliği uygulamalarında kontaminantların yüzeyden uzaklaştırılması oldukça zor olduğundan, tüm yüzey boyunca yoğun bir şekilde sağlanması çok zordur ve genellikle mekanik bağlanma tarafından gölgelenmektedir. Mekanik bağlanma ise güçlü bağlanma sağlanmasındaki en etkili yöntemdir. Diş hekimliğinden örnek verecek olursak amalgam restorasyonların undercut sahalara tutunması verilebilir. Bu bağlanmaya verebileceğimiz diğer bir örnek ise asitlenmiş mineye monomerlerin penetrasyonu sonrası polimerizasyonunu takiben oluşan resin uzantıların sağladığı retansiyondur. Kohezyon ise moleküller arası çekim

gücü olarak tanımlanır. Bağlanma değerlendirilirken adezyon ve kohezyon birbirinden ayrı değerlendirilemez (54).

Diş dokularındaki bağlanmaya ilişkin kavramlardan bahsedecek olursak:

- Smear tabakası: Diş sert dokularının preperasyonundan sonra geride kalan organik ve inorganik bileşenleri, mikroorganizmaları, kan ve tükürüğü içeren amorf yapıdaki diş yüzeyine yapışmış debris tabakasıdır.
- Yüzey düzenleyici (conditioner): Kavite preperasyonu ile oluşan smear tabakasının kaldırılması, debrislerin uzaklaştırılması, dekalsifikasyonun sağlanması ve dentin kollajen liflerinin açığa çıkarılması için yüzeye müdahale edilmesidir.
- Hibrit tabaka: Yüzey düzenleyicilerle dentin demineralizasyonunu takiben açığa çıkan kollajen fibril ağ arasına düşük viskoziteli monomerlerin eriyen hidroksiapatit kristallerinin yarattığı boşluklara yayılmasıyla polimerizasyon sonrası aside dirençli güçlü bir bağlanma oluşur. Adeziv resinin dentin kollajeni ile oluşturduğu bu alan hibrit tabaka olarak tanımlanmıştır.
- Kuru bağlanma: Asit uygulandıktan sonra yüzeyin kurutularak adeziv ajan uygulanması işlemidir. Daha çok mineye bağlanmada önerilir.
- Nemli bağlanma: Nem, asit uygulandıktan sonra elastik modülü artan kollojen liflerin elastik modülünü düşürerek onlara esneklik kazandırır, kollojen liflere destek olur ve monomer infiltrasyonunu kolaylaştırır. Dentin yüzeyindeki az miktarda (yaklaşık 4µl) resinin bağlanma dayanımını olumlu yönde etkiler.
- Resin uzantılar: Açık dentin tübülleri içerisine penetre olan adeziv polimerizasyondan sonra sertleşmesi sonucu oluşan uzantılardır.
- Primer: Bir çözücü içerisinde bulunan su, aseton veya etanol gibi hidrofilik monomerlerden oluşur. Yüzey düzenlenmesiyle ortaya çıkan kollajen ağın ıslanabilirliği ve yüzey enerjisini artırmak ve bu sayede adeziv materyalin penetrasyonunu sağlar.
- Bond: BIS-GMA, TEG-DMA ve UDMA gibi hidrofilik monomerlerden oluşur. Primerle birlikte uygulandığında resin uzantıları ve hibrit tabakayı oluştururlar (55).

4.3.1. Mineye Bağlanma

Mine ağırlıkça %95-98 inorganik materyal içeren kristalize bir yapıdır. Hidroksi apatit kristalleri yapısının hacimce %90-92'sini oluşturur. Geri kalan kısmın ise %4'ü su ve %1-2'si organik içeriktir. Yapısal olarak mine prizmaları ve interprizmatik alanlardan (prizmalar arası boşluk) meydana gelir (55).

Mineye etkili ve kalıcı bir bağlantının sağlanabilmesinde en etkili yöntem asit-etch tekniğidir. Asitleme düzgün mine yüzeyini pürüzlendirerek yüzey alanını artırır. Bond asitle pürüzlendirilmiş mine yüzeyine uygulandığında kapiler etki ile yüzeye penetre olur (52).

Asitlenmiş mine yüzeyinde iki tip rezin uzantısı oluşur: Mine prizmaları arasında uzanan makro uzantılar ve mine prizmalarının üzerindeki küçük girintilerde oluşan mikro uzantılar. Mikro uzantıların mineye bağlanmadaki etkisinin daha fazla olduğu düşünülmektedir (52, 53).

4.3.1.1. Mine pürüzlendirilmesinde kullanılan yöntemler

Mine pürüzlendirilmesinde geleneksel yöntem olarak kullanılan asitle pürüzlendirme yönteminin yanı sıra kullanılan başka yöntemler de vardır.

Asitle pürüzlendirme tekniği

Asitle pürüzlendirme tekniği, Buonocore tarafından mine yüzeyine fosforik asit kullanılmasıyla ortaya konulmuştur. Sonrasında sitrik, fosforik, hidroklorik ve pirüvik asit gibi çeşitli asitler laboratuvar şartlarında test edilerek sonucunda değişik konsantrasyonlardaki fosforik asit tercih edilmiştir. Günümüzde en sık kullanılan konsantrasyonu %35-40'luk fosforik asittir (56).

Fosforik asidin mine prizmaları üzerinde üç farklı etkisi vardır. İlki reaksiyona girmiş, eski dış mine tabakasının uzaklaştırılmasını ve rezinin ıslanabilirliği yüksek daha reaktif bir yüzeye temasını sağlar. İkinci olarak, organik debris uzaklaştırılarak, yüzeyin temizlenmesini sağlar. Üçüncüsü ise mine yüzeyinde oluşturduğu küçük girintiler ile yüzey alanını önemli ölçüde arttırmasıdır (56).

Asitle pürüzlendirme işleminin başarılı olabilmesi için izolasyonun sağlanması yani pürüzlendirilmiş mine yüzeyinin tükürük veya kan kontaminasyonundan korunması gerekmektedir (57).

Air-abrazyon yöntemi

Black tarafından 1945'te ortaya konulan air-abrazyon yönteminin temelinde yüksek hızda hava basıncıyla fırlatılan çok küçük alüminyum oksit parçacıklarının kinetik enerjisinden faydalanılır. Hızla yüzeye çarpan parçacıklarla diş yüzeyi pürüzlendirilir. Air-abrazyon yönteminde parçacık boyutu, hava basıncı, uygulama süresi ve partiküllerin solunum riski gibi birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır (58).

Lazerle pürüzlendirme yöntemi

Minede pürüzlendirme amaçlı olarak kullanılabilen lazerleri CO₂, Nd: YAG, Er: YAG ve Er, Cr: YSGG lazerler olarak sınıflandırabiliriz.

CO₂ lazerler minenin fiziksel ve kimyasal yapısını modifiye edebilmektedir. Düşük dozlarda erime ve yeniden kristalleşme sağlarken aynı zamanda oluşturduğu porlar ve küçük köpük benzeri girintiler de minenin pürüzlendirilmesine katkı sağlar (59).

Nd: YAG lazerler pürüzlendirme için kullanılmıştır fakat mine üzerinde erime ve çatlak oluşumuna neden olduklarından ve pulpada yüksek termal değişimler meydana getirdikleri gösterilmiştir (31, 60).

Er: YAG lazer uygulanmış mine yüzeyinde değişime uğrayan hidroksiapatit kristallerinin yanı sıra pullu ve pürüzlü alanlar da gözlenmiştir (61-63). Süt dişlerinin Er: YAG lazer ile preperasyonunun yapıldığı bir çalışmadaki SEM görüntülerinde mine prizmalarının karakteristik bal peteği görünümü sergilediği gösterilmiştir (64).

Er, Cr: YSGG lazerlerin dalga boyları mine ve dentindeki hidroksil gruplarını hedef alarak yüzeyde mikro ve makro düzensizlikler oluşturur. Hidrate olan organik bileşenler buharlaşarak doku içerisinde iç basınç meydana getirir ve inorganik maddelerin patlayarak uzaklaşmasına yol açarlar (65).

Daimi dişlerde mine üzerine yapıştırılan ortodontik braketlerin Er, Cr: YSGG lazerle pürüzlendirilmenin, asitle pürüzlendirmeye göre makaslama bağlanma dayanımlarına etkisinin değerlendirildiği çalışmalarda lazer sisteminin asitle pürüzlendirmeye göre biraz daha düşük ve tutarsız değerler verse de yakın değerler elde edilmiştir. Lazerle pürüzlendirilmenin daha pratik ve hızlı olduğu bildirilmiştir. Bu sebeplerden dolayı da Er, Cr: YSGG lazerle pürüzlendirilmenin asitle pürüzlendirmeye alternatif olabileceği öne sürülmüştür (11, 66).

Er, Cr: YSGG lazerle pürüzlendirilmenin asitle birlikte kullanılması gerektiğini savunan çalışmalar da bulunmaktadır. Süt dişlerinde fissür sealent uygulaması öncesi asitle, Er, Cr: YSGG lazerle ve her ikisinin birlikte kullanımlarının karşılaştırıldığı bir mikrosızıntı çalışmasında asit ile birlikte lazer kullanımının sadece asit kullanımından farklı sonuç vermediği gösterilmiştir. Bununla birlikte aynı çalışmada lazerle pürüzlendirilen yüzeylerin çürüğe direncinin arttığını da gösterilmiştir. Bu bilgiler ışığında önüne geçilmesi zor olan mikrosızıntı kaynaklı sekonder çürüğün Er, Cr: YSGG lazerlerle engellenebileceği öne sürülmüştür (67). Lazer ve frezle preperasyonu yapılan sınıf V kaviteilerin farklı adezivlerle mikrosızıntısının incelendiği diğer bir çalışmada da lazer uygulaması ardından asitle pürüzlendirme yapıldığında daha az sızıntı olduğu bildirilmiş ve birlikte kullanımları tavsiye edilmiştir (68).

4.3.2. Dentine bağlanma

Dentin ağırlıkça %70 inorganik, %18 organik, %12 su, hacimce ise %50 inorganik, %25 organik, %25 su içerir. Yoğun organik yapının yanı sıra dentin, tübülleri aracılığıyla mine dentin sınırı ve pulpayı birbirine bağlar. Bu tübüller dentin sıvısı ile doludur. Dentin yüzeyinin ve tübüllerin demineralizasyonu ile kollojen yapının ortaya çıkarılması dentine bağlanmanın ilk aşamasıdır. açığa çıkan kollojen liflerin arasının adezivle dolmasıyla polimerizasyon sonrası hibrit tabaka oluşur. Aynı zamanda dentin tübüllerine rezin penetrasyonu ile rezin uzantıları ortaya çıkar (52, 55).

4.3.3. Dental adezivlerin sınıflandırılması

Dental adezivlerin sınıflandırılmasında kronolojik gelişim veya içeriklerine esas alınarak yapılan sınıflandırmalar klinisyenlerin adeziv seçimi konusunda zorlanmasına

sebeup olabilir. Van Meerberk ve arkının yapmış olduğu adeziv sistem-diş arasındaki etkileşimi ve uygulama basamaklarının sayısını esas alan sınıflama şu şekildedir:

- Total etch adezivler (etch & rinse)
- Self etch adezivler
- Cam iyonomer adezivler (52).

4.3.3.1. Total Etch adezivler

Ayrı ayrı asitleme ve yıkama kısımlarını içeren sistemlerdir. Önceki yıllarda asitleme ve yıkama basamağını takiben primer ve adeziv ayrı ayrı uygulanırken son yıllarda geliştirilen iki aşamalı sistemlerde primer ve adeziv rezin tek bir uygulama basamağına indirgenmiştir (52).

Total etch adeziv sistemlerindeki en önemli aşama primerin uygulandığı kısmıdır. Aseton bazlı adeziv kullanıldığında “nemli bağlanma” tekniği gereklidir (69). Diğer yandan su/etanol bazlı adezivler kullanıldığında “kuru bağlanma” tekniğinin kullanımı etkin bağlanmayı sağlar (70).

4.3.3.2. Self Etch adezivler

Self etch adeziv sistemler teknik hassasiyet ve kullanım kolaylığı bakımından en çok tercih edilen sistemlerdir. Asit uygulanması ve yıkanması aşaması olmadığından klinik uygulama zamanını kısalttığı gibi uygulama sırasındaki hata riskini de önemli ölçüde azaltmıştır (52).

Self etch primerlerde yıkama gerektirmeyen asidik monomerler bulunur. asit ve primerin mine ve dentine uygulanması eş zamanlı olur. Self etch adezivler asit ve primerin tek aşamada ve bondun sonraki aşamada uygulandığı iki aşamalı sistemler veya asit, primer ve bondun tek aşamada uygulandığı “all-in-one” sistemlerle kullanılmaktadır. Self etch adeziv sistemlerin sınıflandırması uygulama basamaklarının sayısına göre yapılabildiği gibi pH ve asitleme potansiyellerine göre de zayıf, orta ve kuvvetli self etch adezivler olarak da yapılmıştır (52).

4.3.3.3. Cam İyonomer Adezivler

Cam iyonomerler diş sert dokularına kendi kendine bağlanabilen tek materyaldir (55, 71). Polialkenoik asitin yüzey düzenleyici olarak kaviteye uygulanması, cam iyonomerlerin bağlanma etkinliğini önemli miktarda arttırmıştır (52). Bağlanmasındaki mekanizmanın mikromekanik ve kimyasal yolla olduğu düşünülmektedir. Polialkenoik asitin smear tabakasını 0,5-1 µ derinlikte kaldırmasıyla kollajen fibriller açığa çıkar ve cam iyonomer bileşenlerinin yüzeye difüzyonuyla mikromekanik bağ kurulur. Polialkenoik asitteki karboksil gruplarıyla kollajen fibriller arasında kalan hidroksi apatitlerin kalsiyumlarının etkileşimi sonucu kimyasal bağlanma sağlanır (72).

4.4. Adezivlerin Diş Dokularına Bağlanma Kalitelerini Değerlendirmek İçin Kullanılan Test Yöntemleri

Uzun dönemli klinik takip çalışmalarında sürenin uzunluğu ve standardizasyonu sağlamadaki zorluklardan dolayı diş hekimliğinde materyal ve tekniklerin değerlendirilmesi için in vitro bağlanma dayanım testleri çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır (73). Adezivlerin bağlanma dayanımlarını ölçmek için genellikle; mikrogerilme, mikromakaslama testleri kullanılmaktadır (74, 75)

4.4.1. Mikrogerilme Bağlanma Testi

Sano ve arkının 1994 yılında tanıttığı mikrogerilme bağlanma testinde çok küçük yüzeylerdeki gerilme bağlanma dayanımı ölçüldü. Mikrogerilme bağlanma dayanım testinin geleneksel bağlanma test yöntemlerine göre kuvvet uygulanması esnasında stres dağılımını daha iyi sağladığı rapor edilmiştir (75). Mikrogerilme bağlanma testinin geleneksel makaslama ve gerilme bağlanma dayanım testlerine göre avantajları vardır:

- Bir diştten birden fazla örnek elde edilmesine imkan verir,
- Test edilmesi zor olan çürük dentin, servikal sklerotik dentin ve mine gibi klinik önemi fazla olan farklı diş sert dokularının bağlanma dayanımının test edilmesini sağlar,
- Test etme alanının küçük olmasından ötürü daha az defekt meydana geleceğinden, daha yüksek bağlanma değerleri elde edilir (76).

4.4.2. Mikromakaslama Bağlanma Testi

Araştırmacılar ara yüz bağlanma dayanımlarının ölçümünde kullanılan gerilme dayanım testlerinin kuvvet uygulanması sırasında ortaya çıkan streslerden dolayı sonuçların olumsuz etkilendiğini bildirmektedir (75, 77). Makaslama bağlanma dayanım testinde ise örnekler makine içinde özel bir parça kullanılarak sabitlenir ve dış yüzeyine paralel gelen sabit hızdaki makaslama ucunun kuvveti ile kırılır (78). Makaslama dayanım testinde elde edilen bağlantı değerleri gerilme testinde elde edilenlerden daha büyük olduğu için bu test daha çok tercih edilmiştir (79). Makaslama testinin ağız ortamını daha iyi taklit ettiği düşünülmektedir fakat bu test metodunda koheziv kırılmalar daha fazladır (80).

4.4.3. Mikrosızıntı Tespit Yöntemleri

Mikrosızıntı, kavite duvarı ile restorasyon arasından ağız sıvılarının ve mikroorganizmalarının geçişi olarak tanımlanır (76). Kompozit rezinin ısıl genişmesi, polimerizasyon büzülmesi ve ağızdaki fonksiyonu esnasında üzerine gelen streslerle ortaya çıkan mikrosızıntıyı engellemek neredeyse imkansızdır (81, 82). Mikrosızıntı tespiti için in vitro koşullarda organik boya penetrasyonu ve sıvı ölçüm yöntemleri kullanılmaktadır (83).

4.5. Bağlanma Dayanım Testleri Sonucu Oluşan Kırılma Tiplerinin Değerlendirilmesi

Bağlanma dayanım testlerinin sonucunda elde edilen örnekler stereo mikroskop altında incelenerek kırılma yerine bağlı olarak başarısızlık tipleri belirlenir. Kırılma bağlantı yerinde ise adeziv, bağlanılan materyal veya yüzeyde ise koheziv ve eğer her iki bölgeyi de içeriyorsa karışık (mix) olarak adlandırılmaktadır (84).

4.6. Yüzey Görüntüleme Yöntemleri

4.6.1. Taramalı Elektron Mikroskobu

Diş dokusu ile yüzeye bağlanan materyaller arasındaki ilişkinin tespitinde en çok kullanılan yöntemlerden birisidir. Taramalı elektron mikroskobunda (SEM) elektron demeti numune yüzeyinde 1-10 nm yarıçaplı yüzeye bir lens sistemi ile odaklanır.

Odaklanan elektron demetiyle aynı anda numune yüzeyini boydan boya tarar. Gelen sinyaller, ikincil elektronlar, geri saçılan elektronlar, x-ışınları ve örnek akımı ile toplanarak oluşturulan iki boyutlu harita bize SEM görüntüsünü verir. Yüzeyin incelenebilmesi için öncesinde numunenin kurutulması ve altın ile kaplanması gerekir (85).

4.6.2. Geçirmeli Elektron Mikroskobu

Örneğin içinden geçirilen yüksek enerjili elektronların görüntülenmesi ile çalışır. Optik mikroskoplar ile temelde aynıdır. Optik mikroskoptan farkı ışık ışını yerine elektron kullanmasıdır. Geçirmeli elektron mikroskobu (TEM) örneklerin mikro-yapısal karakterlerinin tespitinde kullanılır. Bu mikroskopta inceleme yapılabilmesi için örneklerin çok ince hazırlanması gerekir (86).

4.6.3. Atomik Kuvvet Mikroskobu

Atomik kuvvet mikroskobu (AFM) yüzeyi angstrom seviyesinden 100-150 mikrona kadar ölçebilir. Uç-yüzey arasındaki atomlar arası etkileşimleri esas alır. AFM ile incelenen örneğin yüzey pürüzlülüğü, yüzey kusurları ve bu kusurların yoğunluğu hakkında bilgi edinilebilir. AFM'nin diğer görüntüleme tekniklerine (SEM, TEM) göre avantajı vakum gerektirmeden hava ve sıvı içerisinde çalışabilir olmasıdır. Kaplama gerektirmediğinden örneklerin yüzeyine de zarar vermez. Çözünürlüğü SEM'den daha iyidir. Diğer yöntemlere göre dezavantajları ise görüntü boyutu (alan ve derinliği) görüntü kalitesinin ucun eğrilik yarıçapıyla sınırlı olması ve piezoelektrik materyalden etkilenmesidir (85).

4.7. Er, Cr: YSGG lazerlerin mine rezin bağlantısı üzerine etkisi

Frez ve lazer preperasyonunu karşılaştıran çalışmalar

Lin ve ark. 1999'da Er, Cr: YSGG lazerle (6 W, 20 Hz) minede hazırladıkları kavitelere asit uygulamadan ve asit uygulayarak buldukları sonuçları frezle ve asitle müdahale edilen örneklerle karşılaştırmış ve gruplar arasında istatistiksel fark olmadığı sonucuna varmışlardır (87).

Esteves-Oliveira ve ark. 2007 yılında Er, Cr: YSGG, Er: YAG veya frezle hazırlanan kavitelere iki aşamalı bir self etch sisteminin bağlanma dayanımını incelemiş ve Er, Cr: YSGG lazerin minede bağlanma dayanımının Er: YAG lazer ve frezden düşük olduğunu bildirmişlerdir (88).

Cardoso ve ark.'nın 2008 yılında yaptıkları çalışmada frez veya Er, Cr: YSGG lazerle preperasyon yaptıktan sonra farklı adeziv sistemlerin (Optibond FL, Clearfil SE Bond, Adper Prompt L-Pop, Clearfil S³ Bond) bağlanma dayanımlarını incelemişler. Bazı adeziv sistemlerde gruplar arasında farklılık görülürken bir adezivde (Clearfil S³ Bond) fark görülmemiştir. Buna bağlı olarak da lazer sistemleriyle preperasyon yapılırken uygun adezivin belirlenmesinin gerekli olduğunu bildirmişlerdir (89).

Obeidi ve ark.'nın bu konuyla ilgili 2009 ve 2010 yılında yaptıkları iki çalışma bulunmaktadır. Bunların ilkinde frez veya lazerle (4.5 W, 20 Hz) kavite preperasyonu yapılmış örneklerle ekskavasyonun ve asit uygulama süresinin (20sn, 40sn) etkisini değerlendirmişler ve lazerle preperasyon yapılmış örneklerde ekskavasyon yapılmasının ve uzun süre asit uygulanmasının bağlanmayı artırdığını göstermiştir (90). İkinci çalışmada ise lazerle (4.5 W, 20 Hz) kavite preperasyonundan sonra farklı sürelerde asit uygulamışlar (20 sn, 40 sn, 60 sn) ve bunun sonucunda 40 sn'lik asit uygulamasının en yüksek bağlanma dayanımını gösterdiğini fakat uygulama süresinin 60 sn'ye uzatılması halinde bağlanma değerinde ciddi bir düşüş olduğunu bildirmişler (91).

Ansari ve ark. 2012 yılında yaptıkları çalışmada frez veya Er, Cr: YSGG lazerle (5.5 W, 20 Hz) kavite preperasyonu yaptıktan sonra asit veya lazerle (1.5 W, 20 Hz) pürüzlendirme uygulayıp mine-adeziv bağlanma dayanımlarına etkilerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre frez/asit ve lazer/asit uygulamalarının her ikisinin de aralarında fark olmayacak şekilde en yüksek bağlanma dayanımı gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar çalışmanın sonunda lazer uygulaması sonrası asit uygulamasının gerekliliğine vurgu yapmışlardır (10).

Pürüzlendirme açısından karşılaştırma yapan çalışmalar

Apel ve Gutkneht'in 1999'da Er, Cr:YSGG (50/100/150 mJ – 20 Hz) ve Er: YAG (8/10/12/15 Hz – 120 mJ) lazerlerde farklı parametreler kullanarak uyguladıkları pürüzlendirmenin mine üzerindeki bağlanma dayanımlarını asitle pürüzlendirme ile karşılaştırıldığı çalışmalarında gruplar arasında istatistiksel fark bulunmadığını bildirmişlerdir (92).

Üşümez ve ark.'nın 2002 ve 2003 yılında Er, Cr: YSGG lazerle pürüzlendirmeyi fosforik asitle ve maleik asitle karşılaştırdıkları iki ayrı çalışmanın birinde 2W ve 1W güçte, 20 Hz frekans parametreleri kullanarak uyguladıkları lazerle pürüzlendirmenin 2W güç uygulandığı gruptaki bağlanma dayanımı değerlerinin asitle pürüzlendirme grubundaki değerlere yakın olduğunu ve aralarında istatistiksel bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca lazerle pürüzlendirmenin daha hızlı ve pratik bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir (11). Diğerinde ise daha önceki çalışmalarında başarılı olduğunu bildirdikleri 2W güç ve 20 Hz frekans parametreleriyle uyguladıkları lazerle pürüzlendirmenin asitle pürüzlendirme ile karşılaştırdıklarında istatistiksel farkının olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca asit ve lazerle pürüzlendirme yöntemlerinden elde edilen sonuçların, maleik asitle pürüzlendirme sonucu elde edilen sonuçlardan daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiğini bildirmişlerdir (12).

Berk ve ark. 2008'de yaptıkları çalışmalarında asit, air-abrazyon ve Er, Cr: YSGG lazerle pürüzlendirmeyi karşılaştırmışlar. Düşük güç parametrelerinde (0.5/0.75/1 W) lazerle veya air-abrazyonla pürüzlendirmenin yeterli bağlanmayı sağlamadığını bildirmişler. 1.5-2 W güçteki lazer parametreleriyle pürüzlendirmenin ise asitle pürüzlendirmeye alternatif olabileceğini belirtmişler (7).

Moslemi ve ark. 2010 yılında yaptıkları çalışmada fissür örtücülerin farklı pürüzlendirme işlemlerine (lazer/asit veya air-abrazyon/asit) bağlı bağlantıdaki değişimleri incelediklerinde Er, Cr: YSGG lazer (2 W, 20 Hz) ve asit kombinasyonunun uygulanmasının bağlanmaya olumlu ya da olumsuz herhangi bir etkisinin olmadığını bildirmiştir (93).

Dünder ve ark. 2011 yılında yayınladıkları asitle, lazerle (2.5 W, 20 Hz) ve asit/lazer kombinasyonu ile pürüzlendirmenin mine-porselen bağlanma dayanımına etkisini inceledikleri çalışmalarında; pürüzlendirme yöntemleri arasında fark olmadığını bildirmişlerdir (94).

Başaran ve ark. Er, Cr: YSGG lazerle pürüzlendirmenin mine-adeziv bağlanma dayanımı üzerine etkisini inceleyen, 2007 ve 2011 yılında yapılan iki çalışmada da farklı lazer parametreleriyle yapılan pürüzlendirmelerin bağlanma dayanımını asitle pürüzlendirmeye karşılaştırılmıştır. 2007 yılındaki çalışmada 0.5, 1 ve 2 W güçte (20 Hz) uygulanan lazerle pürüzlendirme gruplarından, 1 W ve 2 W gücünde pürüzlendirme yapıldığında asitle pürüzlendirmeye aralarında istatistiksel bir fark olmadığı bildirilmiştir(66). 2011 yılında yaptıkları mine yüzeyinde adeziv bağlanma dayanımını inceledikleri çalışmalarında 0.5, 0.75, 1, 1.5, 1.75 ve 2 W (20 Hz) güçlerinde çalıştıkları Er, Cr: YSGG lazerle pürüzlendirme gruplarından 1.5 W ve 1.75 W gücünde çalışmanın diğer lazer gruplarından daha yüksek bağlanma dayanımı sağladığını ve asitle pürüzlendirme ile karşılaştırıldıklarında aralarında istatistiksel bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir (95).

Başaran ve ark. 2011 yılında yaptıkları diğer bir pürüzlendirme çalışmasında ise daha önceki çalışmalarında daha yüksek bağlanma dayanımı gösteren Er, Cr: YSGG ve Er: YAG lazer parametrelerini (1.75 W, 20 Hz) farklı çalışma uzaklıklarındaki (1, 2, 4, 6 mm) etkilerinin bağlanma dayanımı üzerine etkilerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda 1 mm lazer ucu-yüzey arası mesafede çalışıldığında daha iyi sonuçlar elde edildiğini bildirmiştir (96).

Klinik çalışmalarda Er, Cr: YSGG lazer başarısı

Hadley ve ark. 2000 yılında Er, Cr: YSGG lazerler (4-6 W, 20 Hz) kullanılarak hazırlanan kavitelere yerleştirilen restorasyonların uzun vadedeki (6 ay) klinik sonuçlarını incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada, lazerle ve frezle çürük temizledikten ve kavite preperasyonu tamamladıktan sonra kavitelere yerleştirilen restorasyonların klinik başarısı (sağ kalımı, kenar uyumu...) ve hasta memnuniyeti değerlendirilmiştir. Lazerle müdahale edilen grubun operasyon sırasında ve ilk gündeki

hassasiyetlerinin ve rahatsızlık hissini daha az olduğunu bildirmiştir. 6 aylık hasta takibinin sonucunda her iki grupta da restorasyon kaybı görülmemiştir (23).

Matsumoto ve ark. Er, Cr: YSGG lazer (3-6 W, 20 Hz) kullanarak hazırladığı kavitelere uygulanan 50 restorasyonun değerlendirildiği klinik çalışmada hasta memnuniyeti, güvenli kullanım ve etkinlik açısından lazerleri yeterli bulduklarını bildirmişlerdir. Ayrıca hastaların hastaların %34'ünün hiç ağrı hissetmediğini ve işlemlerin %94'ünde anestezi kullanılmadığını bildirmişlerdir. Fakat, lazerle kavite preperasyonu süresinin daha kısa olması gerektiğini bildirmişlerdir (97).

Yazıcı ve ark. 2010 yılında yayınladıkları 24 ay takipli Er, Cr: YSGG lazer veya frezle hazırlanan Black I kavitelere uygulanan 108 restorasyonun değerlendirildiği klinik çalışmalarında, Er, Cr: YSGG lazerle (4-5.5 W, 20 Hz) kavite hazırlanarak tedavi edilen dişlerin hiçbirinde restorasyon kaybı görülmediğini ve 24 ay sonunda restorasyonların klinik bulgularının (kenar uyumu, renklenmesi, yüzey pürüzlülüğü, sekonder çürük, postoperatif hassasiyet) frezle tedavi edilenlerden farklı olmadığını bildirmişlerdir (98).

Olivi ve Genovese'in çocuklarda ve genç erişkinlerin diş çürüklerinin tedavisinde ve fissür örtücü uygulanması öncesinde pürüzlendirme amacıyla Er, Cr: YSGG veya Er: YAG lazer kullandıkları çalışmalarında her iki lazer sisteminin de güvenli, efektif ve çürük dokuyu selektif kaldırmasından ötürü tercih edilebilir olduğunu bildirmişlerdir (99).

Yukarıda bahsedilen tüm çalışmalarda Er, Cr: YSGG lazer standart başlıkla kullanılmış ve farklı parametrelerde kavite preperasyonu ve pürüzlendirmeler uygulanmıştır. Uygulanan parametreler ve yöntemler bakımından bizim çalışmamıza benzer bir çalışma bulunmamakla beraber, burada yer alan çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde Er, Cr: YSGG lazerin geleneksel yöntemle alternatif olabilecek nitelikte olduğu söylenilebilir.

Klinik çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde Er, Cr: YSGG lazer her yaş grubu için etkili ve güvenli olarak kullanılacak bir tedavi yöntemidir. Bizim çalışmamızda, klinik uygulama süresini daha da azaltacak olan, turbo başlıklı Er, Cr:

YSGG lazerin klinik uygulamalarındaki başarısının değerlendirilebilmesi için in vitro koşullarda mine-adeziv bağlanma dayanımına etkisini incelemeyi amaçladık. Buradaki hipotezimiz turbo başlıklı Er, Cr: YSGG lazerin mine-adeziv bağlanma dayanımı açısından geleneksel yönteme alternatif olabileceğidir.

5. GEREÇ ve YÖNTEM

5.1. Örneklerin Toplanması

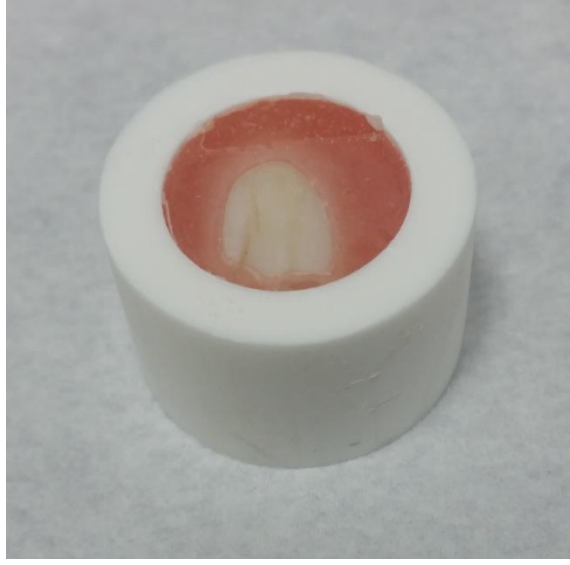
Bu çalışmada; çürüksüz, dişlerin bukkal yüzeyindeki mine dokusunda herhangi bir değişiklik (erozyon, çatlak, kırık) bulunmayan 64 adet mandibuler kesici sığır dişi kullanıldı.

Çekilen sığır dişlerinin üzerindeki eklentiler uzaklaştırıldıktan sonra %0.5'lik Kloramin-T Trihidrat bakteriyostatik/bakteriyosidal solüsyonunda bir hafta bekletildikten sonra örneklerin hazırlanmasına kadar distile suda +4°C'de saklandı .

5.2. Örneklerin Hazırlanması

Öncelikle örneklerin çalışmada kullanılmayacak olan kök kısımları kron kısmından elmas separe aracılığıyla ayrılarak atıldı. Kalan kronların boyutları ölçülerek çalışmada kullanılacak kalıplara sığacak şekilde küçültüldü.

Çalışmada kullanılmak üzere iç çapı 25 mm ve yüksekliği 20 mm olan plastik silindir kalıplar hazırlandı. Bu kalıpların içerisine izolasyon amacıyla lak uygulandı ve içerisine hazırlanan sığır dişlerinin bukkal yüzeyleri tabana yerleştirilen yapıştırıcı kağıda temas edecek şekilde yerleştirildikten sonra kalıpların içi otopolimerizan akrilik rezin (SC soğuk akrilik, IMICRYL, Türkiye) ile dolduruldu (Resim 1). Kalıplardan çıkarılan örnekler kontrol edilerek makinenin oluklarına uygun olarak hazırlanmış metal bir taşıyıcı ile zımpara makinesine yerleştirildi. Zımpara makinesinde (Buehler Metaserv, Amerika) 600 grit aşındırma kağıdı (English Abrasives & Chemicals Ltd.) ile kurvatürlü olan bukkal yüzeyler düz hale getirildi (Resim 2). Zımparalama işlemi bitirildikten sonra yüzey paralelliği, dentin ekspozu ve defektler kontrol edilerek dört çalışma grubu için on altışar örnek olmak üzere toplam 64 örnek hazırlandı (Resim 3). Hazırlanan örneklerin mine yüzeyine 4 mm x 4 mm olacak şekilde çalışma alanları işaretlendi (Resim 4). Örnekler her bir grupta 16 örnek olacak şekilde rastgele eşit olarak 4 gruba ayrıldı. Hazırlanan örnekler Tablo 1'de tanımlandığı üzere yüzey preperasyonundan ve pürüzlendirme işlemlerinden geçirildi. Her gruptan birer örnek olmak üzere 4 örnek SEM görüntüsü elde etmek amacıyla ayrıldı.



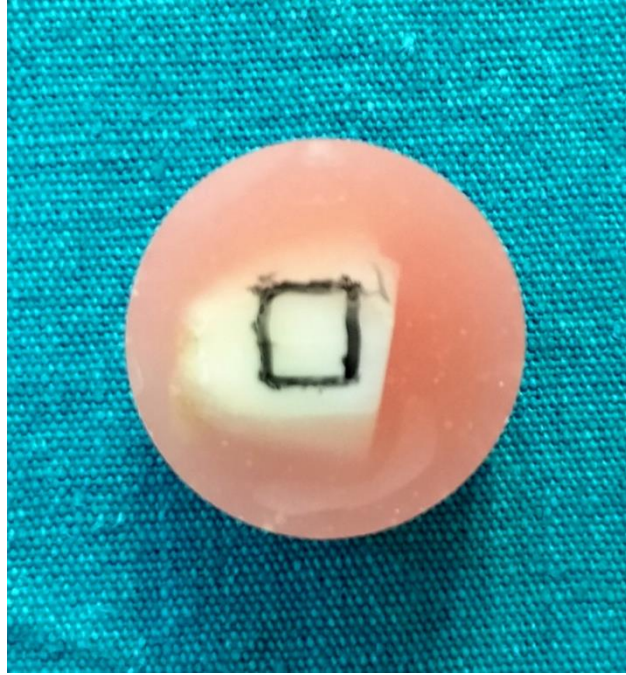
Resim 1. Kalıp içerisindeki bir örnek



Resim 2. Zımpara makinesi



Resim 3. Örneklerin gruplara ayrılması



Resim 4. Çalışma alanı işaretlenen bir örnek

Tablo 1. Test Grupları ve Uygulanan Prosedürler

GRUPLAR	Uygulanan Prosedürler
Grup 1 – FA (Frez - Asit)	Frezle yüzey preperasyonu – asitle pürüzlendirme
Grup 2 – LA (Lazer - Asit)	Lazerle yüzey preperasyonu – asitle pürüzlendirme
Grup 3 – LL (Lazer - Lazer)	Lazerle yüzey preperasyonu – lazerle pürüzlendirme
Grup 4 – LLA (Lazer – Lazer- Asit)	Lazerle yüzey preperasyonu – lazerle pürüzlendirme – asitle pürüzlendirme

5.3. Örneklerin Yüzey Preperasyonu

Örneklerin işaretlenen yüzeylerine Grup FA’da frezle ve diğer gruplarda (Grup LA, LL, LLA) Turbo başlıklı-Er, Cr: YSGG lazerle preperasyon yapılmıştır.

Frezle Yüzey Preperasyonu

Frezle yüzey preperasyonu işlemi için yeşil bantlı (gren çapı 125-150 µm) elmas fissür frez (SF-12C Dia-Burs, MANI, Japonya) yüksek hızda (400 000 rpm) döner aletle (Synea vision TA-98, W&H, Avusturya) birlikte kullanıldı. Preperasyon yapılırken frezin uzun aksı dış yüzeyine paralel tutularak mine sınırları içerisinde kalacak şekilde hafif basınç uygulanarak yüzeyin üzerinden bir defa geçildi (Resim 5).



Resim 5. Frezle yüzey preperasyonu

Lazerle Yüzey Preperasyonu

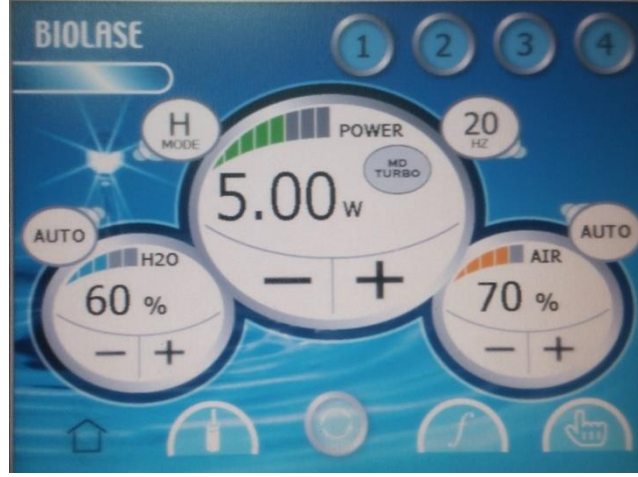
Lazerle yüzey preperasyonu işlemi için Er, Cr: YSGG lazer (Waterlase MD Turbo, Biolase), turbo başlığı ile kullanılmıştır (Resim 6). Standardizasyonun sağlanabilmesi için lazer başlığı boyu ayarlanabilir bir aparata sabitlenerek dişin yüzeyi ile arasındaki mesafe ve lazer ucunun dikey düzlemle olan açısı ayarlandı. Işının yüzeye dik verilmesi halinde geri yansıyan ışının turbo uca ve fiber iletime zarar vereceğinden turbo uca dike yakın bir şekilde eğimlendirilerek konumlandırıldı. Işınlama kontaklı ve hedef pozisyonundan 4 mm uzaklıkta odaklanmış, dikey düzlemle küçük bir açı yapacak şekilde MX5 silindirik turbo uç (Waterlase MD Turbo Tip, Biolase, Amerika) ile gerçekleştirildi (Resim 7a ve 7b). Çalışmanın preperasyon aşamasında üretici firmanın önerdiği şu parametreler kullanıldı: Dalga boyu 2,78 μm , atım frekansı 20 Hz, güç 5W, atım süresi 140 μs , ışın odak çapı 500 μm , hava basıncı %70 ve su basıncı %60 (Resim 8). Preperasyon işlemi lazerle tüm çalışma alanı taranmaya kadar devam etti.



Resim 6. Er, Cr: YSGG lazer



Resim 7. Turbo başlık ve ucun sabitlenmesi



Resim 8. Dijital ekranda lazerle preperasyon parametreleri

5.4. Pürüzlendirme İşlemleri

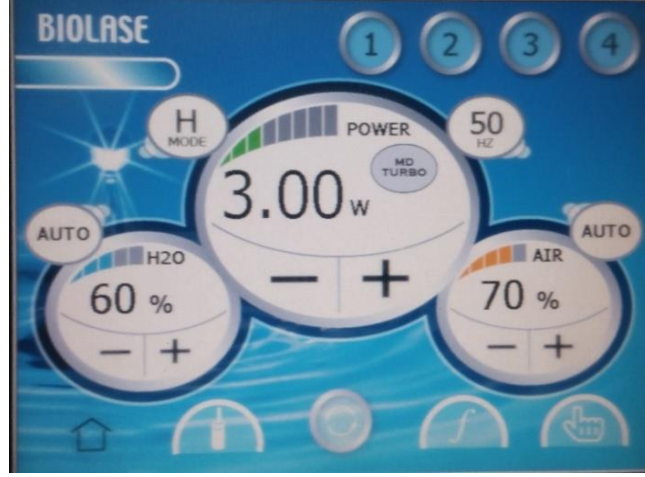
Preperasyon yapılmış mine yüzeylerine bonding ajanı uygulanmadan önce asitle, lazerle veya lazer-asit kombinasyonu ile pürüzlendirme işlemi uygulandı.

Asitle Pürüzlendirme

Çalışma alanının tümünü kaplayacak şekilde mine yüzeyine uygulanan %35'lik fosforik asit jel (Scotchbond Etchant, 3M ESPE, Almanya) üretici firmanın talimatlarına göre 15 saniye boyunca yüzeyde tutulduktan sonra 20 saniye boyunca suyla yıkandı ve yüzeyden uzaklaştırıldı. Sonrasında yüzey hava spreyi ile kurutuldu.

Lazerle Pürüzlendirme

Çalışma alanının Er, Cr: YSGG lazerle pürüzlendirilmesi için turbo başlığı boyu ayarlanabilir bir aparata sabitlenerek örnek yüzeyi-lazer ucu arasındaki mesafe 4 mm'ye ayarlandı. Kullanılan MX5 silindirik turbo ucun açısı dike yakın bir şekilde konumlandırıldı. Lazerle pürüzlendirme işleminde üretici firmanın önerdiği şu parametreler kullanıldı: Dalga boyu 2.78 μm , atım frekansı 50 Hz, güç 3 W, atım süresi 140 μs , ışın odak çapı 500 μm , hava basıncı %70 ve su basıncı %60 (Resim 9). Pürüzlendirme işlemi tüm çalışma alanı taranincaya kadar devam etti.



Resim 9. Dijital ekranda lazerle pürüzlendirme parametreleri

5.5. Bonding Ajanının Uygulanması

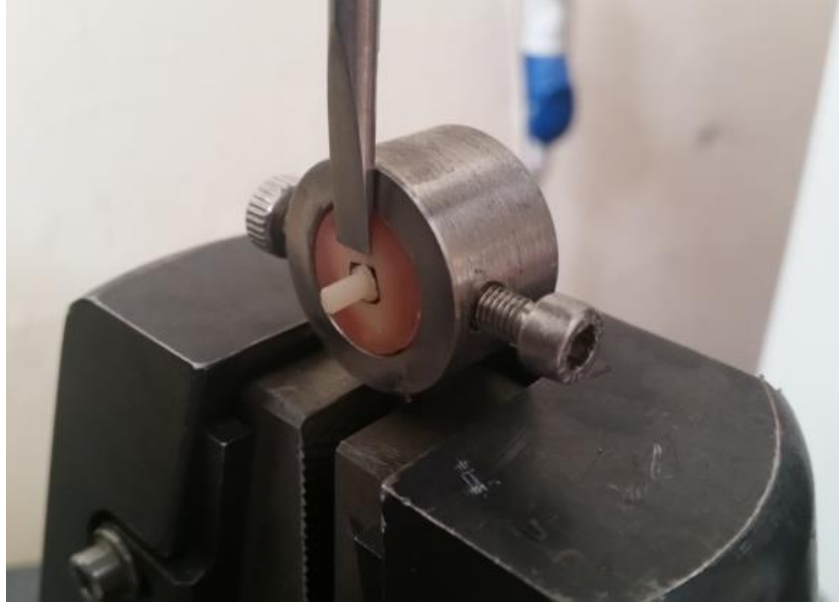
Pürüzlendirme işlemleri tamamlanan örneklerin yüzeylerine tek kullanımlık bond fırçası yardımıyla çalışma alanının tamamını kapsayacak şekilde bonding ajanı (Adper Singlebond 2, 3M ESPE, Almanya) uygulandı ve 20 saniye polimerize (Elipar S10 LED, 3M ESPE, Almanya) edildi.

5.6. Kompozit Rezinin Bağlanması

Bonding ajanının uygulandığı çalışma alanının yüzeyine 2 mm'lik tabakalar halinde kompozit rezin (Filtek Z250, 3M ESPE, Almanya) yerleştirildi ve 20 saniye polimerize edildi. Kompozit bloklar plastik tüpler yardımıyla 4 mm yükseklikte ve 2.5 mm çapında olacak şekilde hazırlandı.

5.7. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testinin Uygulanması

Örneklerin cihaza (INSTRON 5960, Amerika) yerleştirilmesi için tutucu uçlara makaslama bağlanma dayanımı testine özel olarak hazırlanmış metal parçalar yerleştirildi. Yardımcı metal parçalara sırasıyla örnekler yerleştirilerek metal yuvada oynamayacak şekilde sabitlendi (Resim 10). Uç hızı 1 mm/dk olacak şekilde ayarlandı. Yerleştirilen örneklerle kırıcı uç arasında kontaksız en yakın mesafe olacak şekilde cihaz çalıştırılarak Newton (N) cinsinden makaslama bağlanma dayanım değerleri kaydedildi. Kaydedilen değerler bağlanma yüzeyinin alanına bölünerek Megapascal (MPa) cinsinden değerler elde edildi.



Resim 10. Makaslama bağlanma dayanımı testi düzeneği

5.8. Stereomikroskop ile Kırılma Analizi

Makaslanma bağlanma dayanımı testi tamamlandıktan sonra örnekler kırılma tiplerinin belirlenebilmesi için stereomikroskop (Olympus SZ-4045 ESD) altında x20 büyütmede incelendi. Kırılma tiplerine göre adeziv ajanda kırılma görülenler adeziv, mine veya kompozit rezinde kırılma görülenler koheziv ve hem adeziv ajan hem de mine veya kompozit rezinin kırıldığı görülenler miks kırılma olarak sınıflandırıldı.

5.9. SEM Görüntülerinin Elde Edilmesi

Yüzey preparasyonu ve pürüzlendirme işlemleri tamamlanan her gruptan birer örnek öncelikle kaplama cihazında (EMITECH SC7620, İngiltere) alüminyum plakanın üzerine yerleştirilerek 100-120 A° aralığında altın-paladyum ile kaplandı (Resim 11, 12). Taramalı elektron mikroskopuna (EVO LS10, ZEISS, Almanya) yerleştirilen örneklerin x500, x1000 ve x2000 büyütmelerde yüzey görüntüleri elde edildi (Resim 13). Elde edilen görüntülerin yüzey özellikleri karşılaştırıldı.

Makaslanma bağlanma dayanımı testinden sonra kırılma analizi yapılan grupların her birinden en sık görülen kırılma tipini gösteren birer örneğin kompozit ve mine yüzeyinden x500 büyütmede SEM görüntüleri alındı.



Resim 11. Yüzey kaplama cihazı



Resim 12. SEM görüntüsü için altın kaplanmış örnekler



Resim 13. SEM cihazı

5.10. İstatistiksel Analiz

Makaslama bağlanma dayanım testinin sonucunda MPa cinsinden elde edilen değerler SPSS (IBM SPSS Statistics, Amerika) programında, gruplar arası karşılaştırma için Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) , gruplar arası ikili karşılaştırmalar ve grup içi homojen dağılımın incelenmesi için Çoklu Karşılaştırma Testi (Tukey HSD) uygulandı.

6. BULGULAR

6.1. Makaslama Bağlanma Dayanım Testi Bulguları

Bu çalışmanın power analiz sonucu %80.95 bulunmuştur. Çalışma gruplarının makaslama bağlanma dayanımı verilerinin Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) kullanılarak elde edilen grup ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerler ve gruplar arası istatistiksel farklılıklar Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2. Grup Ortalamaları, Standart Sapmaları ve İstatistiksel Farklar

GRUPLAR	n	Ortalama ve Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer
Grup 1 – FA	15	27.39 ± 1.81 ^A	24.48	30.20
Grup 2 – LA	15	20.14 ± 1.38 ^B	18.16	23.06
Grup 3 – LL	15	18.30 ± 2.09 ^C	16.32	22.65
Grup 4 – LLA	15	25.83 ± 2.04 ^A	20.81	28.36

Tabloda ortalama ve standart sapma değerlerinin üzerinde yer alan farklı harfler tek yönlü ANOVA testini takiben uygulanan Tukey HSD testindeki istatistiksel farklılığı temsil etmektedir (p<0.05).

Gruplara ait verilerin normal dağılım gösterdiği belirlendi. Tek yönlü varyans analizine (ANOVA) göre gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görüldü (p<0.001).

Grupların bağlanma dayanımları değerlendirildiğinde en yüksek bağlanma dayanımı değeri Grup FA’da görüldü. En düşük bağlanma dayanımı değeri ise Grup LL’de görüldü. Gruplar arasındaki ikili karşılaştırmaların yapıldığı Tukey HSD testi sonuçlarına göre ortalama farklılık tablosu hazırlandı. Bu sonuçlara göre Grup FA ve

LLA'nın bağlanma dayanımları Grup LA ve LL'den istatistiksel olarak önemli ölçüde yüksekti. Grup FA gruplar arasındaki en yüksek bağlanma dayanımına sahip olmakla birlikte, Grup LLA ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi. Tüm lazer grupları (Grup LA, LL, LLA) kendi aralarında karşılaştırıldıklarında en yüksek bağlanma dayanımı değerini Grup LLA gösterdi ($p<0.001$). En düşük bağlanma dayanımı değerini ise LL gösterdi.

6.2. Kırılma Analizi Bulguları

Grupların stereomikroskop altında incelenen kırılma analizinde elde edilen bulguları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Gruplarda Görülen Adeziv Kırılma Tipleri

GRUPLAR	n	Adeziv kırılma	Miks kırılma	Koheziv kırılma
Grup FA	15	10 (%67)	3 (%20)	2 (%13)
Grup LA	15	11 (%73)	3 (%20)	1 (%7)
Grup LL	15	11 (%73)	4 (%27)	-
Grup LLA	15	10 (%67)	5 (%33)	-

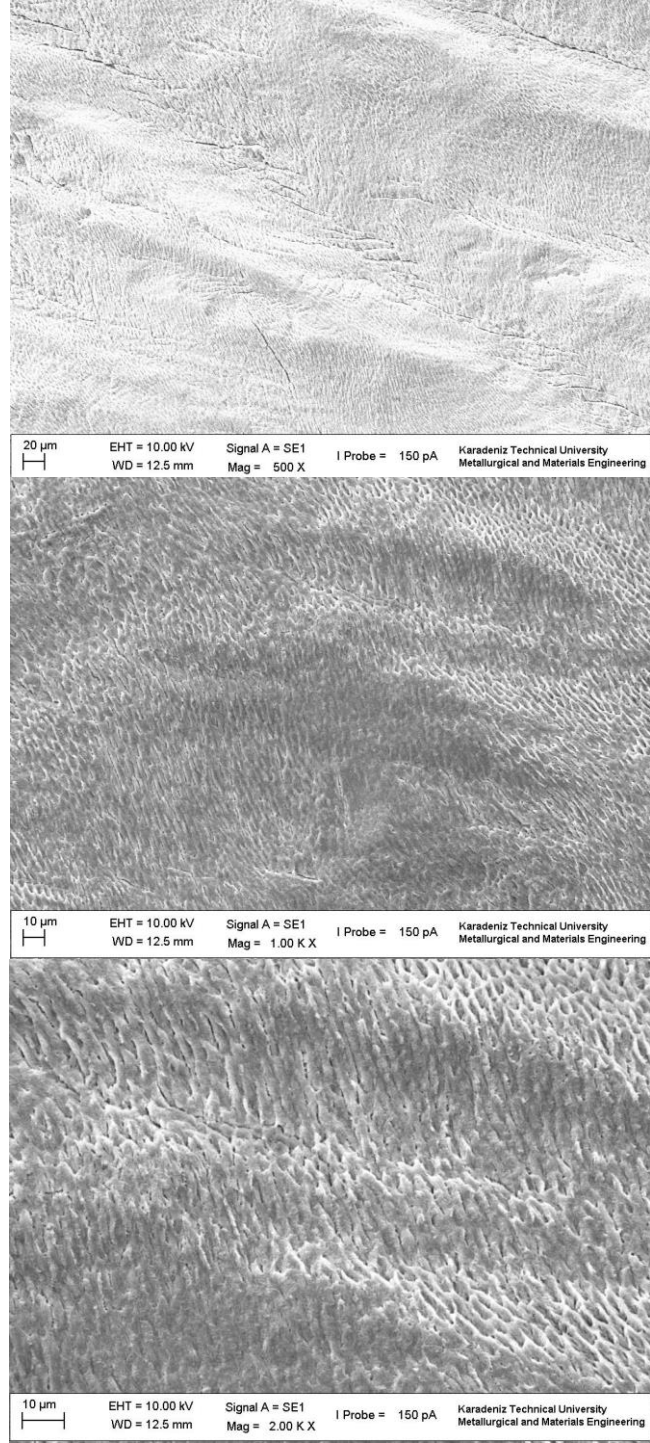
6.3. SEM Bulguları

Yüzey Hazırlıklarından Sonra Alınan SEM Görüntüleri

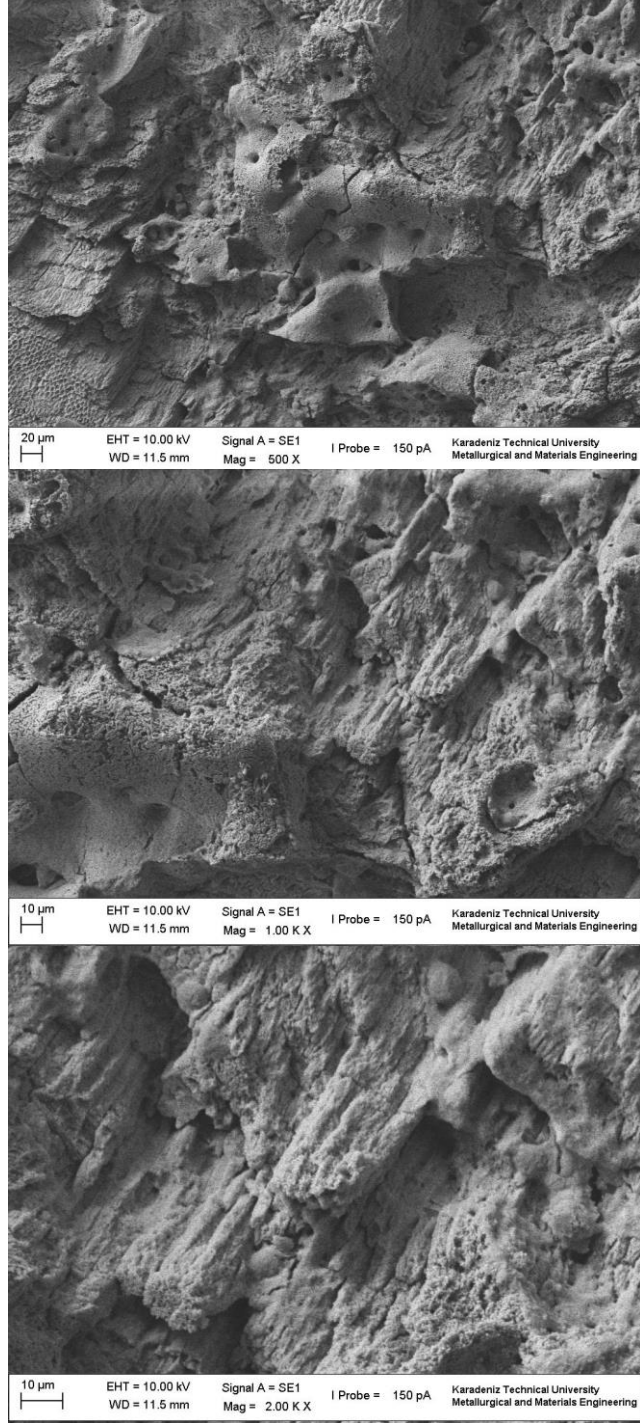
Gruplardan alınan SEM görüntüleri incelendiğinde frezle hazırlanan Grup FA'da bal peteği, balık pulu benzeri görüntü (tip 1 pürüzlenme) görülürken (Resim 14), lazer gruplarında (Grup LA, LL, LLA) kaldırım taşı ve balık pulu benzeri görüntü birlikte (tip 3 pürüzlenme) gözlemlendi (Resim 15-17).

Frez grubunda daha lazer gruplarına göre daha düz bir yüzey görüntüsü izlendi (Resim 14). Lazer gruplarının hepsinde ortak olarak engebeli görünüm, erime (vitrikasyon) alanları ve kraterli yüzey yapısı izlendi. Tüm gruplarda ortak olarak mikroçatlaklar görüldü fakat lazer gruplarında daha derin ve daha fazla sayıdaydı (Resim 15-17).

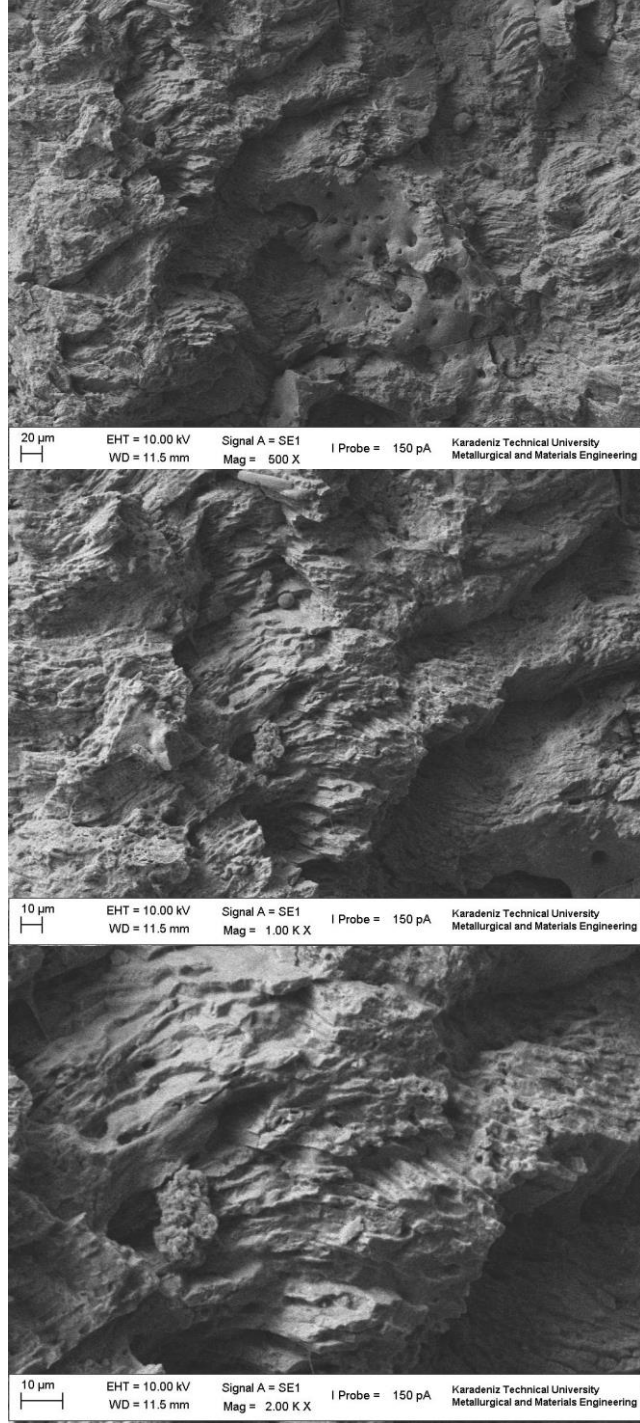
Lazerle preperasyon yapılan gruplar kendi arasında incelendiğinde Grup LA ve LLA'nın mine prizma kenarlarının, Grup LL'deki mine prizmalarının keskin hatlarına göre daha yuvarlak hatlar izlediği gözlemlendi. Yine asit uygulanana LA ve LLA gruplarının mine prizmalarının çevresinde ve vitrikasyon alanlarında, asidin yarattığı yüzey erozyonu izlendi.



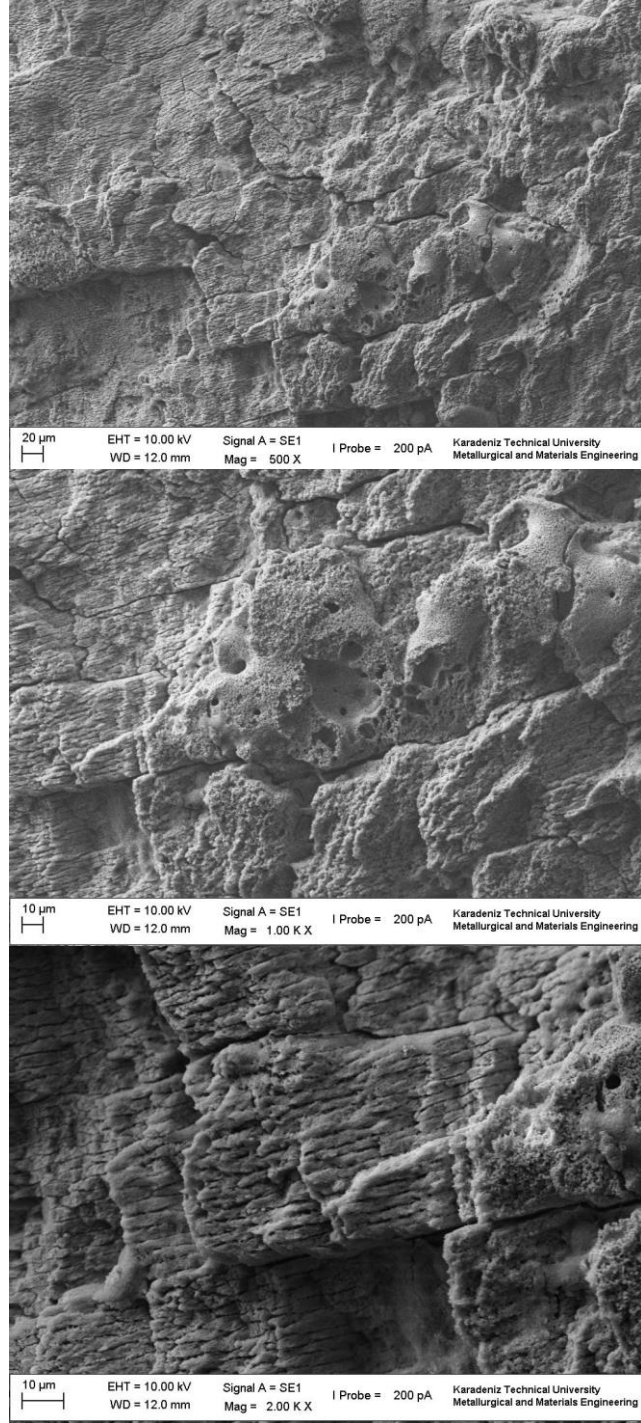
Resim 14. Grup FA SEM Görüntüleri



Resim 15. Grup LA SEM Görüntüleri



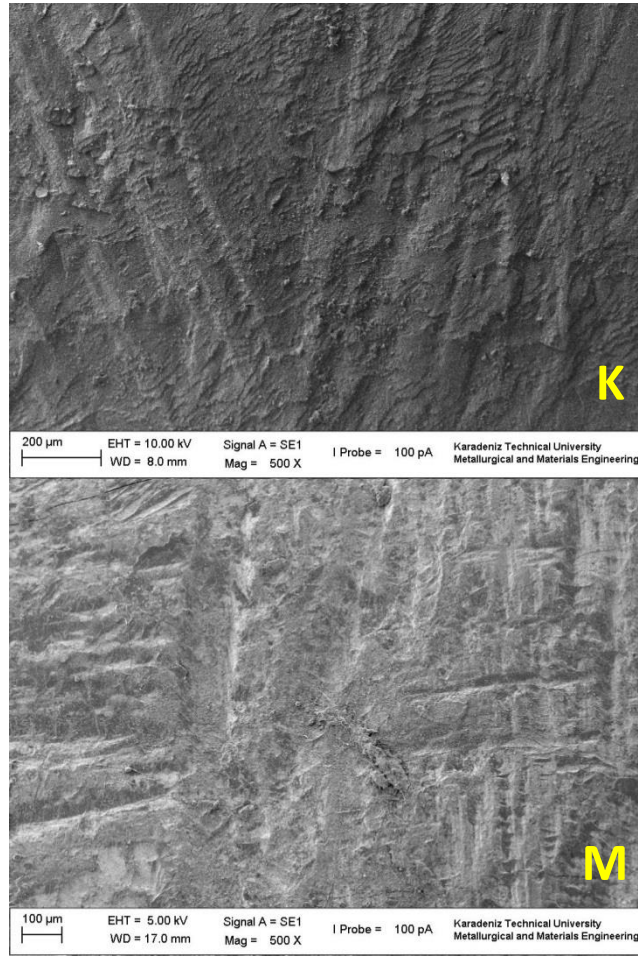
Resim 16. Grup LL SEM Görüntüleri



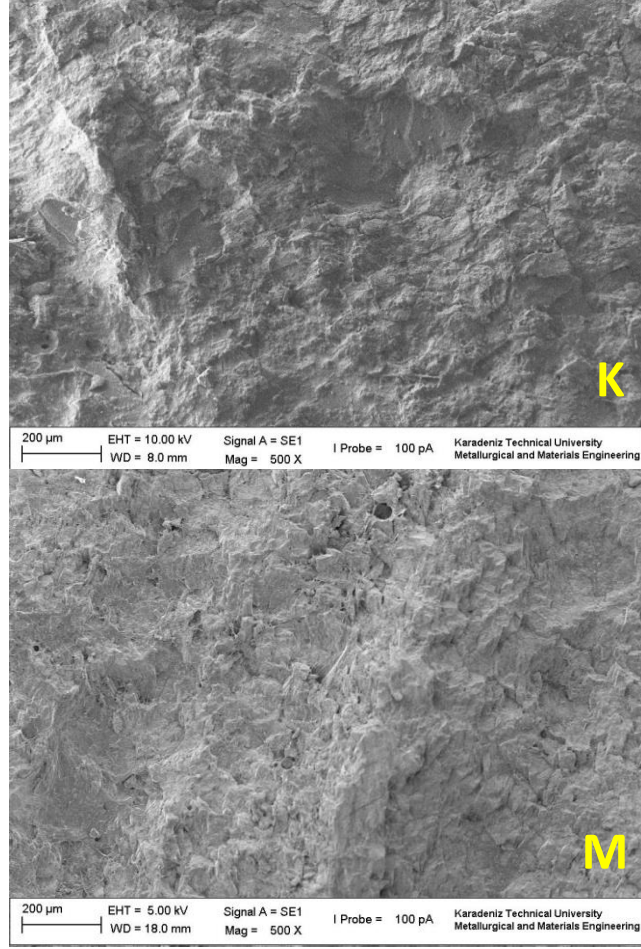
Resim 17. Grup LLA SEM Görüntüleri

Kırılma Analizinden Sonra Elde Edilen Sem Görüntüleri

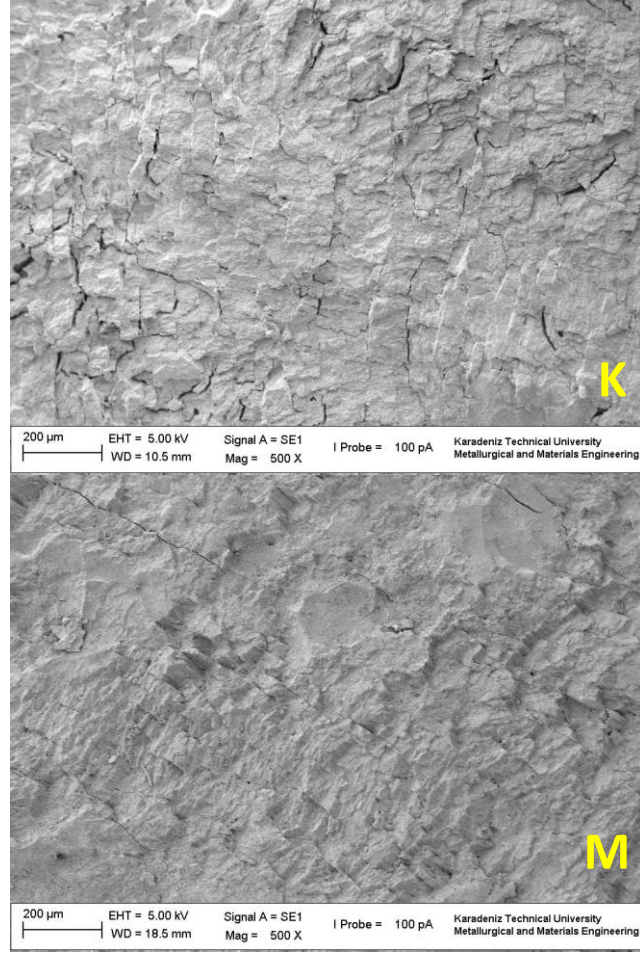
Kırılma analizinden sonra elde edilen SEM görüntülerinde, adeziv kırılma tüm gruplarda izlenen en sık kırılma tipi olduğundan örnekler adeziv kırılmanın görüldüğü örnekler arasından rastgele seçildi. Adeziv kırılmada tüm yüzey adezivle kaplı olduğundan SEM görüntüsünde mine veya kompozit içeren bir yüzey izlenmedi. Yüzey özelliklerinin incelendiği SEM görüntülerine benzer olarak, frezle preperasyon yapılan grupta (FA) daha düzenli bir yüzey izlenirken, lazer gruplarında (LA, LL, LLA) daha girintili bir yüzey izlendi (Resim 18-21).



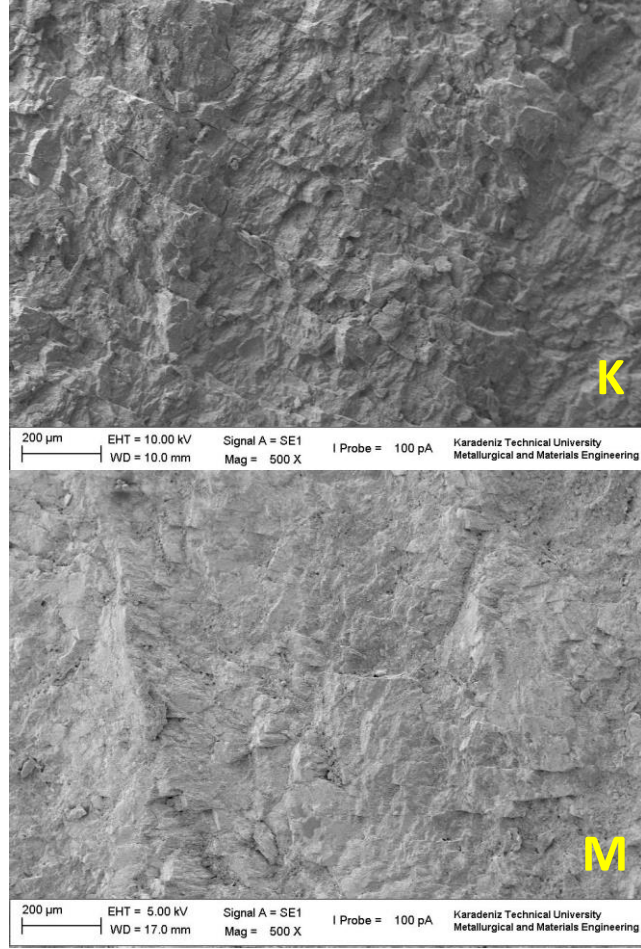
Resim 18. Grup FA (K= kompozit yüzeyi, M= mine yüzeyi)



Resim 19. Grup LA (K= kompozit yüzeyi, M= mine yüzeyi)



Resim 20. Grup LL (K= kompozit yüzeyi, M= mine yüzeyi)



Resim 21. Grup LLA (K= kompozit yüzeyi, M= mine yüzeyi)

7. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında frezle veya turbo lazerle kavite preperasyonu sonrası farklı yüzey hazırlıklarının adeziv mine bağlanma dayanımına etkisinin incelenmesi amaçlandı. Frezle kavite preperasyonundan sonra asitle pürüzlendirme (FA) uygulanırken, lazerle kavite preperasyonundan sonra asitle (LA), lazerle (LL) ve kombine yöntemle (LLA) pürüzlendirme yapılarak gruplar oluşturuldu. Lazer grupları arasında en yüksek bağlanma dayanımı gösteren grup LLA olmuştur. Ayrıca LLA grubu frez grubu (FA) ile benzer bağlanma dayanımı göstermiştir. Dişin sert dokularında meydana gelen en yaygın hastalık diş çürüğüdür. Çürüğün tedavi edilmesi için öncelikle çürüğün temizlenmesi ve sonrasında da uygun bir materyal ile restore edilmesi gerekir. Çürüğün temizlenmesinde günümüzde kullanılan en sık yöntem olan frezle ve döner aletlerle olan kavite preperasyonu geleneksel yöntem olarak kabul edilse de hastanın konforunu etkileyen çeşitli dezavantajlara (basınç uygulanması, ses, titreşim) sahiptir. Bu sebeple alternatif çözümler aranmaktadır. Konuyla ilgili birkaç farklı alternatif uygulama yöntemi (air-abrazyon, sono-abrazyon, air polishing...) mevcuttur. Ancak, bu yöntemlerin klinik uygulanabilirliği (süre, etkinlik, kullanım zorluğu) sınırlıdır (13-18, 20-22).

Son yıllarda, diş hekimliğinde mine ve dentin dokusunun uzaklaştırılmasında lazerlerin kullanımına ilişkin artan bir ilgi mevcuttur. Lazerlerin selektif doku kaldırma özelliği de bu ilginin artmasının sebeplerinden biridir (43, 100, 101). Diş sert dokularında kullanılabilen lazerler CO₂ lazerler, Nd: YAG lazerler ve Erbium lazerlerdir (31). CO₂ lazerlerin su soğutmasız çalışması pulpada ısı artışına neden olabileceğini bildiren yayınlar mevcuttur (36-39). Nd: YAG lazerler ise sağlam diş dokusunda etkili olmadığından sadece başlangıç seviyesindeki yüzeysel çürüklerde kullanılabilir (31). Erbium lazerler sert dokularda yarattığı pürüzlendirme etkisiyle, su soğutmasıyla birlikte termomekanik ablasyon ile istenilen şekilde sert doku kaldırılmasını sağladığından tercih edilen sistemler haline gelmiştir (29).

Erbium lazerlerin diş hekimliğinde kullanılan iki çeşidi vardır: Er: YAG lazer ve Er, Cr: YSGG lazer. Er, Cr: YSGG lazer ışınlarının, Er: YAG lazerden farklı olarak karbonize hidroksiapatit kristallerin yapısındaki OH⁻ iyonları tarafından da absorbe edilirler. Bundan dolayı Er, Cr: YSGG lazer diş sert dokusunda diğer lazerlere göre

daha etkin ve hızlı çalışma imkanı verir (100). Ancak, Er, Cr: YSGG lazerin standart başlığıyla kullanıldığı klinik çalışmaların vardıkları ortak sonuç uygulama süresinin frezle kavite preperasyonuna göre daha uzun olduğu yönündedir (23, 97-99).

2009 yılında Er, Cr: YSGG lazerin turbo başlığı (Waterlase MD Turbo, Biolase) tanıtılmıştır. Üretici firma tarafından bu başlığın uygulama süresini önemli ölçüde azalttığı bilinmektedir. Bunun yanı sıra kullanılan lazer ucunun boyunun azalması ve lazer ucu ile çalışma alanı arasındaki mesafesinin artmasıyla da görüş alanı daha geniş hale geldiğinden, diğer lazerlere göre daha rahat bir çalışma sağlayabilir (4). Dolayısıyla turbo başlıkla kullanılan Er, Cr: YSGG lazer, klinik uygulamalarda freze alternatif olabilecek potansiyele sahiptir. Bu sebeplerden dolayı biz de çalışmamızda bu lazerin geleneksel yöntemle karşılaştırılmasını amaçladık.

Çürüğün temizlenmesinden ve kavite preperasyonundan sonra adeziv sistemlerle kompozit rezinlerin diş sert dokularına bağlanabilmesi için yüzey hazırlığı gereklidir. Mine dokusunun yüzey hazırlığı için kullanılan geleneksel ve altın standart olarak kabul edilebilecek yöntem asitle pürüzlendirme yöntemidir (52). Çalışmada kullandığımız adezivin üretici firma talimatları asitin 15 sn süreyle uygulanmasını önermektedir. Biz de çalışmamızda bu şekilde uyguladık. Asit uygulama süresinin bağlanma dayanımına etkisini inceleyen bir araştırmada 15 sn ile 60 sn arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı bildirilmiştir (73, 102-104). Lazerle kavite preperasyonundan sonra bağlanma dayanımının artırılması amacıyla asitle pürüzlendirmeye ek olarak lazerle pürüzlendirme ve kombine pürüzlendirme yöntemleri de tez çalışmamızda araştırıldı. Lazerle pürüzlendirme yapılan gruplarda (LL, LLA) turbo başlıkla kullanılan Er, Cr: YSGG lazerin üretici firma talimatlarında yer alan yüzey pürüzlendirme parametreleri kullanıldı.

Çalışmada kompozit rezin ve minenin adezyonu için yüzey hazırlığı tamamlandıktan sonra primer ve bondun bir arada bulunduğu bir total etch bonding ajanı kullanılmıştır. Farklı bonding sistemlerinin kullanımına bağlı olarak farklı bağlanma dayanımı değerleri elde edilebileceği bildirilmiştir (89). Turbo başlıklı Er, Cr: YSGG lazer kullanılarak hazırlanan yüzeye farklı bonding sistemlerinin kullanıldığı ileri bağlanma dayanımı çalışmaları gerekmektedir.

Uygulamaların, diş dokularına bağlanma dayanımına etkisinin değerlendirilmesinde en değerli yöntem, klinik (in vivo) çalışmalardır. Fakat bu yöntemlerin hasta takibindeki zorluklar, zaman alıcı olması ve ayrıca adeziv teknolojideki hızlı ilerleme sonucu yeni piyasaya sürülen materyallerin hızla güncelliğini yitirebilmesi araştırmacıları zorlamaktadır. Bu yöntemin dezavantajlarından biri de ağız ortamındaki tükürük miktarı, kontaminasyon, değişken beslenme alışkanlıkları ve ağız içi ısı gibi standardize edilemeyen faktörlerin sonuçları etkilemesidir (105, 106). Laboratuvar çalışmalarında ise test edilmek istenilen değişkenlerin haricinde diğer değişkenler sabit tutularak değerlendirilmektedir (52). Bağlanma kuvvetlerinin ölçülmesi ve mikrosızıntı çalışmaları gibi laboratuvar testleri günümüzde adeziv sistemlerin klinik performanslarının artırılması ve yeni ürünlerin piyasaya sürülmeden klinik performanslarının değerlendirilmesi için sıkça kullanılan yöntemlerdir (106). Bizim çalışmamız da in vitro şartlarda gerçekleştirilmiştir.

İn vitro çalışmalardaki test sonucunu etkileyebilecek çok sayıdaki değişkenin varlığı sebebiyle Uluslar arası Standardizasyon Organizasyonu (ISO), “Dental Materyaller – Diş Dokusuna Adezyon Testleri” başlıklı bir döküman yayınlamıştır (107). Bu çalışmada da bu ISO prosedürleri takip edildi.

İnsan dişlerinin kullanımındaki etik problemlerden ötürü in vitro testlerde sığır dişleri de sıklıkla kullanılmaktadır (106, 108). Yapılan çalışmalarda insan dişi ve sığır dişinin kimyasal kompozisyonunda ve mine-adeziv bağlanma dayanımlarında istatistiksel anlamlılıkta bir fark bulunmamıştır (109, 110). Bu bilgiler ışığında çalışmamızda sığır dişlerini kullandık. Laboratuvar şartlarında diş sert dokularına adeziv sistemlerin bağlanma dayanımının ölçülmesinde sıklıkla makaslama ve gerilme bağlanma dayanım testleri kullanılmaktadır (111). Gerilme testlerinin uygulanmasında dikkatli olunmaması sonucunda örnekler tork kuvvetine maruz kalacağından bağlanma değerlerinde düşme meydana gelebileceği bildirilmiştir (75). Mikro gerilme test yöntemi çok küçük alanların (yaklaşık 1 mm²) bağlanma dayanımının ölçülebilmesi için Sano ve ark. tarafından önerilmiştir (75). Tekniğin bir diştten birden çok örnek elde edilebilmesi, küçük yüzeylerin test edilebilmesi gibi avantajları olduğu gibi uygulama zorluğu, 5 MPa'nın altındaki değerlerin ölçülememesi ve özel ekipmanlar gerektirmesi gibi dezavantajları mevcuttur (112).

Makaslama bağlanma dayanım testleri standardize edilebilme kolaylığı ve klinik ortamı daha iyi yansıttıklarından dolayı daha sık tercih edilen test yöntemlerinden biridir (111-113). ISO standartlarına göre yaklaşma hızının 0.75 ± 0.30 mm/dk olması önerilmektedir (107). Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızda cihazın hızı 1 mm/dk olacak şekilde makaslama bağlanma dayanımı testi kullanıldı.

Web of Science, Pubmed ve Scopus veri tabanlarında yaptığımız aramalarda Er, Cr: YSGG lazerin turbo başlıkla birlikte kullanıldığı bir mine-adeziv bağlanma dayanımı çalışmasına rastlanmadı. Bundan dolayı çalışmamızdaki sonuçları karşılaştırabileceğimiz en yakın bulgular standart başlık ve uçların kullanıldığı, Er, Cr: YSGG lazerle yapılan çalışmalardan elde edilen bulgulardır.

Cardoso ve ark. frez ve Er, Cr: YSGG lazerle preperasyon (6 W, 20 Hz) yaptıkları mine yüzeylerine dört farklı adeziv sistemiyle (Optibond FL, Clearfil SE, Adper Prompt L-Pop, Clearfil S³) kompozit rezinin bağlanma dayanımını incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre tek aşamalı self etch adeziv olan Clearfil S³ bond uygulanan frez ve lazer gruplarının bağlanma dayanımları arasında anlamlı fark olmadığını, diğer üç adezivin kullanıldığı frez gruplarında lazer gruplarına göre istatistiksel olarak daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiklerini bildirmişlerdir (89). Bizim çalışmamızdaki Grup FA'nın bağlanma dayanımının Grup LA'dan yüksek olduğu sonucu, Cardoso ve ark.'nın çalışmasındaki sonuçlar ile tutarlıdır.

Obeidi ve ark.'ın Er, Cr: YSGG lazerle (4.5 W, 20 Hz) veya frezle kavite preperasyonu yapılan mine örneklerinin bağlanma dayanımına etkisini inceledikleri çalışmasındaki sonuçlara göre; lazerle preperasyon yapılmış gruplar, frezle preperasyon yapılan gruplardan istatistiksel olarak daha düşük bağlanma dayanımı göstermiştir (90). Bizim çalışmamızdaki FA grubunun bağlanma dayanımının LA'dan yüksek olduğu bulgusu ile tutarlıdır.

Ansari ve ark. frez veya Er, Cr: YSGG lazerle (5.5 W, 20 Hz) kavite preperasyonu yaptıkları ve sonrasında asit veya lazerle (1.5 W, 20 Hz) pürüzlendirdikleri mine örneklerinin adeziv bağlanma dayanımlarını incelemişlerdir. Frez ve lazerle preperasyon yapıldıktan sonra asitle pürüzlendirilen gruplar, en yüksek bağlanma dayanımını göstermişlerdir ve aralarında istatistiksel bir fark yoktur (10). Bizim

çalışmamızdaki LA grubunun FA grubuna göre daha düşük bağlanma dayanımı göstermesi bu sonuçlarla çelişmektedir. Fakat çalışmamızdaki asitle pürüzlendirme yapılan lazer gruplarının (LA, LLA) sadece lazerle pürüzlendirilen LL grubuna göre daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği bulgusu Ansari ve ark.'ın araştırmasıyla benzerlik göstermektedir.

Kavite preparasyonu yapılmadan mine yüzeyindeki pürüzlendirme işlemlerinin değerlendirildiği çalışmalar da mevcuttur. Üşümez ve ark.'nın, Er, Cr: YSGG lazer ve asitle pürüzlendirmenin mine-adeziv bağlanma dayanımlarını karşılaştırdıkları iki çalışmada da, 2 W, 20 Hz parametresi ile pürüzlendirilen grupla ile asitle pürüzlendirme yapılan grup arasında istatistiksel bir fark bulunmadığı bildirilmiştir (11, 12).

Tez çalışmamızda kullanılan 3W, 50 Hz parametresi ile yapılan pürüzlendirme işleminden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, bizim çalışmamızdaki asitle pürüzlendirme yapılan grupların (FA, LA, LLA) sadece lazerle pürüzlendirme yapılan gruba göre (LL) anlamlı olarak daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği görülmektedir.

Berk ve ark.'nın çalışmasında da farklı Er, Cr: YSGG lazer parametreleri (0.5, 0.75, 1, 1.5, 2 W/20Hz) ile mine yüzeyinde pürüzlendirme yapılması sonrasında bağlanma dayanımları asitle pürüzlendirme ile karşılaştırılmıştır. Lazer grupları arasında en yüksek bağlanma dayanımı gösterenlerin 1.5-2 W güçte lazer uygulanan gruplar olduğu ve bağlanma dayanımı değerlerinin asitle pürüzlendirme yapılan grupla benzer olduğu bildirilmiştir (7).

Başaran ve ark.'nın Er, Cr: YSGG lazerle farklı parametrelerde pürüzlendirme uygulamasının mine adeziv bağlanma dayanımına etkisini inceledikleri çalışmaların birinde çalışmadaki üç parametre (0.5, 1, 2 W/20 Hz) arasından 1 ve 2 W güçte uygulanan gruplarda en yüksek bağlanma dayanımı izlendiği bildirilirken (66); diğerinde ise beş farklı parametre uygulanmış (0.5, 0.75, 1, 1.5, 1.75, 2 W/20 Hz) ve en yüksek bağlanma dayanımı gösteren grupların 1.5 ve 1.75 W güç uygulanan gruplar olduğu bildirilmiştir (95).

Bu çalışmalarda Er, Cr: YSGG lazerin standart başlığı ile yapılan farklı pürüzlendirme parametrelerinin, asitle pürüzlendirmeye benzer bağlanma dayanımı gösterdiği bildirilmiştir. Bu bilgiler ışığında, başarılı bulunan pürüzlendirme parametrelerinin turbo başlıklı Er, Cr: YSGG lazerle uygulandığında, bağlanma dayanımına olan etkisinin incelenmesi için ileri çalışmalar gereklidir.

Dündar ve ark. asitle, Er, Cr: YSGG lazerle (2.5 W, 20 Hz) ve asit/lazer kombinasyonuyla pürüzlendirmenin mine adeziv bağlanma dayanımına etkisini incelemiştir. Çalışma sonucunda pürüzlendirme yöntemleri arasında fark olmadığı bildirilmiştir. Tez çalışmamızın sınırlamaları dahilinde elde ettiğimiz sonuçlara göre lazer-asit kombine pürüzlendirme uyguladığımız LLA grubu, asit ve lazerle pürüzlendirme yaptığımız LA ve LL gruplarından istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek bağlanma dayanımı gösterdi. Dündar ve ark.'nın çalışma sonuçları bizim çalışmamızdaki sonuçlarla farklılık göstermektedir. Bunun sebebi tez çalışmamızda uygulanan parametrenin farklı olmasına ya da pürüzlendirme öncesinde yapılan kavite preperasyonuna bağlı olabilir.

Tez çalışmamızda kullanılan 3 W, 50 Hz parametresi ile yapılan pürüzlendirme işleminden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde bizim çalışmamızdaki asitle pürüzlendirme yapılan gruplarda (FA, LA, LLA) anlamlı olarak daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği görülmektedir. Bu bilgiler ışığında, farklı pürüzlendirme parametrelerinin turbo başlıklı Er, Cr: YSGG lazerle uygulandığında bağlanma dayanımına olan etkisinin incelenmesi için ileri çalışmalar gereklidir.

Çalışmadaki kırılma analizi sonuçlarına göre örneklerde en sık (tüm örneklerin %70'inde) adeziv kırılma görüldü. Sadece FA ve LA gruplarında koheziv kırılmalar görüldü ve tüm örneklerin sadece %5'ini oluşturuyordu. Mix kırıklar tüm gruplarda izlendi ve örneklerin %25'inde görüldü. Gruplarda en sık adeziv kırılmaların izlenmesi bulgusu bu konuda Er, Cr: YSGG lazerin standart başlığı kullanılarak yapılan çalışmalarla tutarlıdır (11, 12, 89).

Çalışmamızın SEM bulgularında frezle preperasyonu yapılan grupta daha düzenli bir yüzey görüntüsü izlenirken lazerle preperasyon yapılan gruplarda yüzeyde kraterler, erime alanları ve engebeli görünüm izlendi. Yüzeydeki bu farklılıklar, standart başlıklı

Er, Cr: YSGG lazerle kavite preperasyonu yapılan bazı çalışmalarla tutarlılık göstermektedir (89, 90, 114-119). Lazer sistemindeki su soğutmasının yeterli olması halinde erime alanlarının görülmediğini bildiren çalışmalar da mevcuttur (3, 120). Er, Cr: YSGG lazerdeki su soğutma sistemi ablyasyonun etkinliğini artırmakla birlikte dış sert dokularındaki termal hasarın önlenmesi açısından da önemlidir ancak tez çalışmamızda üretici firma talimatlarında verilen parametrelerde (hava basıncı %70, su basıncı %60), sürekli su soğutma kullanılarak çalışılmasına rağmen erime ve rekristalizasyon alanları izlenmiştir. Erime ve rekristalizasyon alanlarının bağlanma dayanımı açısından olumsuz sonuç verebileceği bildirilmiştir (115, 116, 118). Bu bilgiler doğrultusunda, termal etkilerin azaltılabilmesi için gerekli olan parametrelerin (güç, frekans, hava/su basıncı) belirlenmesinde, turbo başlıklı Er, Cr: YSGG lazerin farklı parametrelerle kullanıldığı ileri çalışmalar gereklidir.

8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının sınırları dahilinde:

1. Mine yüzeyine en yüksek bağlanma dayanımı sağlayan grupların FA ve LLA olduğu görülmüştür.
2. Tüm lazer grupları frez grubuna göre benzer veya daha düşük bir bağlanma dayanımı göstermiştir.
3. Lazer grupları arasında turbo lazer uygulaması ve lazerle pürüzlendirme sonrası asit uygulamanın adeziv mine bağlanma dayanımı için en uygun yöntem olduğu görülmüştür.
4. Test edilen gruplardan en düşük bağlanma dayanımı Grup LL'de görülmüştür.
5. Çalışmamızda lazer parametreleri üretici firma talimatlarındaki haliyle kullanılmıştır. Turbo başlıkla farklı parametreler kullanılarak uygulanan lazerle pürüzlendirmenin bağlanma dayanımına olan etkisinin arttırılmasına yönelik ileri çalışmalar yapılması gerekmektedir.

9. KAYNAKLAR

1. Banerjee A, Watson T, Kidd E. Conservative dentistry: dentine caries excavation: a review of current clinical techniques. *British dental journal*. 2000;188(9):476-82.
2. Banerjee A, Kidd E, Watson T. In vitro evaluation of five alternative methods of carious dentine excavation. *Caries research*. 2000;34(2):144-50.
3. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Kimura Y, Matsumoto N, Matsumoto K. Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation in human enamel and dentin: ablation and morphological studies. *Journal of clinical laser medicine & surgery*. 1999;17(4):155-9.
4. Olivi M, Olivi G. *Physics of Laser. Lasers in Restorative Dentistry: Springer; 2015. p. 39-50.*
5. Yousaf A, Aman N, Manzoor MA, Shah J. Postoperative sensitivity of self etch versus total etch adhesive. *Journal of the College of Physicians and Surgeons--Pakistan: JCPSP*. 2014;24(6):383-6.
6. Kilinc E, Roshkind DM, Antonson SA, Antonson DE, Hardigan PC, Siegel SC, et al. Thermal safety of Er: YAG and Er, Cr: YSGG lasers in hard tissue removal. *Photomedicine and laser surgery*. 2009;27(4):565-70.
7. Berk N, Başaran G, Özer T. Comparison of sandblasting, laser irradiation, and conventional acid etching for orthodontic bonding of molar tubes. *The European Journal of Orthodontics*. 2008;30(2):183-9.
8. Pashley D. The effects of acid etching on the pulpodentin complex. *Operative dentistry*. 1991;17(6):229-42.
9. Oho T, Morioka T. A possible mechanism of acquired acid resistance of human dental enamel by laser irradiation. *Caries research*. 1990;24(2):86-92.
10. Ansari ZJ, Fekrazad R, Feizi S, Younessian F, Kalhori KA, Gutknecht N. The effect of an Er, Cr: YSGG laser on the micro-shear bond strength of composite to the enamel and dentin of human permanent teeth. *Lasers in medical science*. 2012;27(4):761-5.
11. Üşümez S, Orhan M, Üşümez A. Laser etching of enamel for direct bonding with an Er, Cr: YSGG hydrokinetic laser system. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2002;122(6):649-56.
12. Usumez A, Aykent F. Bond strengths of porcelain laminate veneers to tooth surfaces prepared with acid and Er, Cr: YSGG laser etching. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2003;90(1):24-30.
13. Kato C, Taira Y, Suzuki M, Shinkai K, Katoh Y. Conditioning effects of cavities prepared with an Er, Cr: YSGG laser and an air-turbine. *Odontology*. 2012;100(2):164-71.
14. Holmgren C, Roux D, Doméjean S. Minimal intervention dentistry: part 5. Atraumatic restorative treatment (ART)—a minimum intervention and minimally invasive approach for the management of dental caries. *British dental journal*. 2013;214(1):11-8.
15. şENER Y, şENGUN A, KUşDEMİR M, ÖZTÜRK B, BAğLAR S. ATRAVMATİK RESTORATİF TEDAVİ İÇİN KULLANILAN CAM İYONOMER SİMANLARIN MİKROSİZİNTİSİ. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakóltesi Dergisi*. 2011;2011(3).
16. White JM, Eakle WS. Rationale and treatment approach in minimally invasive dentistry. *The Journal of the American Dental Association*. 2000;131:13S-9S.
17. Newman P. The effects of an airbrasive instrument on dental hard tissues, skin and oral mucosa. *Br Dent J*. 1985;159:9-12.
18. Horning G. Clinical use of an air-powder abrasive. *Compendium (Newtown, Pa)*. 1987;8(9):652, 4.

19. Decup F, Lasfargues J. Minimal intervention dentistry II: part 4. Minimal intervention techniques of preparation and adhesive restorations. The contribution of the sono-abrasive techniques. *British dental journal*. 2014;216(7):393-400.
20. Ganesh M, Parikh D. Chemomechanical caries removal (CMCR) agents: Review and clinical application in primary teeth. *Journal of Dentistry and oral hygiene*. 2011;3(3):34-45.
21. Kirzioglu Z, Gurbuz T, Yilmaz Y. Clinical evaluation of chemomechanical and mechanical caries removal: status of the restorations at 3, 6, 9 and 12 months. *Clinical oral investigations*. 2007;11(1):69-76.
22. Chaussain-Miller C, Decup F, Domejean-Orliaguet S, Gillet D, Guigand M, Kaleka R, et al. Clinical evaluation of the Carisolv chemomechanical caries removal technique according to the site/stage concept, a revised caries classification system. *Clinical oral investigations*. 2003;7(1):32-7.
23. Hadley J, Young DA, Eversole LR, Gornbein JA. A laser-powered hydrokinetic system: for caries removal and cavity preparation. *The Journal of the American Dental Association*. 2000;131(6):777-85.
24. Moritz A, Schoop U, Straßl M, Wintner E, Moritz A, Beer F, et al. Cavity preparation. *Oral Laser Application Berlin: Quintessenz*. 2006:75-136.
25. Moritz A, Beer F, Goharkhay K, Schoop U, Strassl M, Verheyen P, et al. *Oral laser application: Quintessenz Verlags*; 2006.
26. De Moor R, Delmé K. Laser-assisted cavity preparation and adhesion to erbium-lased tooth structure: part 1. Laser-assisted cavity preparation. *The journal of adhesive dentistry*. 2009;11(6):427-38.
27. van As G. Erbium lasers in dentistry. *Dental Clinics of North America*. 2004;48(4):1017-59.
28. Parker S. Verifiable CPD paper: laser-tissue interaction. *British dental journal*. 2007;202(2):73-81.
29. Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dental Clinics of North America*. 2004;48(4):751-70.
30. Powell G, Ellis R, Blankenau R, Schouten J. Evaluation of argon laser and conventional light-cured composites. *Journal of clinical laser medicine & surgery*. 1995;13(5):315-7.
31. Dederich DN, Bushick RD. Lasers in dentistry: separating science from hype. *The Journal of the American Dental Association*. 2004;135(2):204-12.
32. Ariyaratnam MT, Wilson MA, Mackie IC, Blinkhorn AS. A comparison of surface roughness and composite/enamel bond strength of human enamel following the application of the Nd: YAG laser and etching with phosphoric acid. *Dental materials*. 1997;13(1):51-5.
33. White JM, Goodis HE, Setcos JC, Eakle WS, Hulscher BE, Rose CL. Effects of Pulsed Nd: YAG Laser Energy on Teeth: A Three-Year Follow-up Study. *The Journal of the American Dental Association*. 1993;124(7):45-51.
34. Kautzky M, Susani M, Steurer M, Schenk P. Soft-tissue effects of the holmium: YAG laser: An ultrastructural study on oral mucosa. *Lasers in surgery and medicine*. 1997;20(3):265-71.
35. Hendler BH, Gateno J, Mooar P, Sherk HH. Holmium: YAG laser arthroscopy of the temporomandibular joint. *Journal of oral and maxillofacial surgery*. 1992;50(9):931-4.
36. Nguyen D, Chang K, Hedayatollahnajafi S, Staninec M, Chan K, Lee R, et al. High-speed scanning ablation of dental hard tissues with a $\lambda = 9.3 \mu\text{m}$ CO₂ laser: adhesion, mechanical strength, heat accumulation, and peripheral thermal damage. *Journal of biomedical optics*. 2011;16(7):071410.
37. Niccoli-Filho W, Furlani JC, Schwab C, Raldi FV, de Paula Eduardo C. Intrapulpal temperature during continuous CO₂ laser irradiation in human molars: an in vitro study. *Journal of laser applications*. 1997;9(6):291-4.

38. Malmström H, McCormack S, Fried D, Featherstone J. Effect of CO₂ laser on pulpal temperature and surface morphology: an in vitro study. *Journal of dentistry*. 2001;29(8):521-9.
39. Pogrel M, Muff D, Marshall G. Structural changes in dental enamel induced by high energy continuous wave carbon dioxide laser. *Lasers in surgery and medicine*. 1993;13(1):89-96.
40. Sulewski JG. Historical survey of laser dentistry. *Dental Clinics of North America*. 2000;44(4):717-52.
41. Aoki A, Ishikawa I, Yamada T, Otsuki M, Watanabe H, Tagami J, et al. Comparison between Er: YAG laser and conventional technique for root caries treatment in vitro. *Journal of dental research*. 1998;77(6):1404-14.
42. Kato J, Moriya K, Jayawardena JA, Wijeyeweera RL. Clinical application of Er: YAG laser for cavity preparation in children. *Journal of clinical laser medicine & surgery*. 2003;21(3):151-5.
43. Dunn WJ, Davis JT, Bush AC. Shear bond strength and SEM evaluation of composite bonded to Er: YAG laser-prepared dentin and enamel. *Dental Materials*. 2005;21(7):616-24.
44. Martínez-Insua A, da Silva Dominguez L, Rivera FG, Santana-Penín UA. Differences in bonding to acid-etched or Er: YAG-laser-treated enamel and dentin surfaces. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2000;84(3):280-8.
45. Matsumoto K, Wang X, Zhang C, Kinoshita J-I. Effect of a novel Er: YAG laser in caries removal and cavity preparation: a clinical observation. *Photomedicine and Laser Therapy*. 2007;25(1):8-13.
46. Freitas PMd, Soares-Geraldo D, Biella-Silva AC, Silva AV, Silveira BLd, Eduardo CdP. Intrapulpal temperature variation during Er, Cr: YSGG enamel irradiation on caries prevention. *Journal of Applied Oral Science*. 2008;16(2):95-9.
47. Çelik E, Ergücü Z, Türkün L, Türkün M. Effect of different laser devices on the composition and microhardness of dentin. *Operative dentistry*. 2008;33(5):496-501.
48. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Murakami Y, Matsumoto K. Compositional and structural changes of human dentin following caries removal by Er, Cr: YSGG laser irradiation in primary teeth. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*. 2002;26(4):377-82.
49. Kimura Y, Yu D-G, Fujita A, Yamashita A, Murakami Y, Matsumoto K. Effects of erbium, chromium: YSGG laser irradiation on canine mandibular bone. *Journal of periodontology*. 2001;72(9):1178-82.
50. Rizoiu I, Kohanghadosh F, Kimmel AI, Eversole LR. Pulpal thermal responses to an erbium, chromium: YSGG pulsed laser hydrokinetic system. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1998;86(2):220-3.
51. Walsh L. The current status of laser applications in dentistry. *Australian dental journal*. 2003;48(3):146-55.
52. Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay P, et al. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry-University Of Washington-*. 2003;28(3):215-35.
53. Dayangaç B. *Kompozit rezin restorasyonlar: Güneş Kitabevi; 2000.*
54. Marshall SJ, Bayne SC, Baier R, Tomsia AP, Marshall GW. A review of adhesion science. *dental materials*. 2010;26(2):e11-e6.
55. Van Meerbeek B, Van Landuyt K, De Munck J, Inoue S, Yoshida Y, Perdigão J, et al. Bonding to enamel and dentin. status: published. 2006.
56. Hadad R, Hobson RS, McCabe JF. Micro-tensile bond strength to surface and subsurface enamel. *dental materials*. 2006;22(9):870-4.
57. Eidelman E. Intentional sealing of occlusal dentin caries: a controversial issue. *Pediatric dentistry*. 1993;15(5):312.

58. Ellis R, Latta M, Westerman G. Effect of air abrasion and acid etching on sealant retention: an in vitro study. *Pediatric dentistry*. 1998;21(6):316-9.
59. Walsh L, Perham S. Enamel fusion using a carbon dioxide laser: a technique for sealing pits and fissures. *Clinical preventive dentistry*. 1990;13(3):16-20.
60. Yamamoto H, Kayano T. Prevention of dental caries and treatment of early caries using the Nd: YAG laser. *Advances in Nd: YAG Laser Surgery*: Springer; 1988. p. 227-34.
61. Cozean C, ARCORIA CJ, PELAGALLI J, POWELL GL. Dentistry for the 21st century? Erbium: YAG laser for teeth. *The Journal of the American Dental Association*. 1997;128(8):1080-7.
62. Hibst R, Keller U. Experimental studies of the application of the Er: YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. *Lasers in Surgery and Medicine*. 1989;9(4):338-44.
63. HOSSAIN M, NAKAMURA Y, YAMADA Y, KIMURA Y, NAKAMURA G, MATSUMOTO K. Ablation depths and morphological changes in human enamel and dentin after Er: YAG laser irradiation with or without water mist. *Journal of clinical laser medicine & surgery*. 1999;17(3):105-9.
64. Borsatto MC, Corona SAM, Ramos RP, Liporaci JIJ, Pécora JD, Palma-Dibb RG. Microleakage at sealant/enamel interface of primary teeth: effect of Er: YAG laser ablation of pits and fissures. *Journal of dentistry for children*. 2004;71(2):143-7.
65. Rizioiu IM, Eversole LR, Kimmel AI. Effects of an erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium, garnet laser on mucocutaneous soft tissues. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*. 1996;82(4):386-95.
66. Basaran G, Özer T, Berk N, Hamamci O. Etching enamel for orthodontics with an erbium, chromium: yttrium-scandium-gallium-garnet laser system. *The Angle Orthodontist*. 2007;77(1):117-24.
67. Cehreli SB, Gungor HC, Karabulut E. Er, Cr: YSGG laser pretreatment of primary teeth for bonded fissure sealant application: a quantitative microleakage study. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2006;8(6):381.
68. Ergucu Z, Celik E, Turkun M. Microleakage study of different adhesive systems in Class V cavities prepared by Er, Cr: YSGG laser and bur preparation. *General dentistry*. 2006;55(1):27-32.
69. Tay F, Gwinnett A, Pang K, Wei S. Resin permeation into acid-conditioned, moist, and dry dentin: a paradigm using water-free adhesive primers. *Journal of dental research*. 1996;75(4):1034-44.
70. Van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G, Duke E, Eick J, et al. A TEM study of two water-based adhesive systems bonded to dry and wet dentin. *Journal of dental research*. 1998;77(1):50-9.
71. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, et al. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *Journal of dental research*. 2000;79(2):709-14.
72. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dental materials*. 2005;21(9):864-81.
73. Barkmeier W, Hammesfahr P, Latta M. Bond strength of composite to enamel and dentin using Prime & Bond 2.1. *Operative dentistry*. 1998;24(1):51-6.
74. Scherrer SS, Cesar PF, Swain MV. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: a critical literature review. *Dental Materials*. 2010;26(2):e78-e93.
75. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength—evaluation of a micro-tensile bond test. *Dental Materials*. 1994;10(4):236-40.

76. Perdigao J, Swift E. Mine ve dentin adezyonunun temel kavramları. TM Roberson, HO Heymann and EJ Swift Sturdevant's art and science of operative dentistry.5:243-80.
77. Van Noort R, Noroozi S, Howard I, Cardew G. A critique of bond strength measurements. Journal of dentistry. 1989;17(2):61-7.
78. Ayaz DF, Tağtekin D, Yanıkoğlu F. Dentine bağlanma ve değerlendirme metodları. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2011;2011(4).
79. Finger W, Fritz U. Laboratory evaluation of one-component enamel/dentin bonding agents. American journal of dentistry. 1996;9(5):206-10.
80. Perdigao J, Lopes L, Lambrechts P, Leitao J, Van Meerbeek B, Vanherle G. Effects of a self-etching primer on enamel shear bond strengths and SEM morphology. American journal of dentistry. 1997;10(3):141-6.
81. Derand T. A lining system for composite resin fillings. The Journal of prosthetic dentistry. 1990;63(2):134-7.
82. HUBBEZOĞLU İ, HÜR MÜZLÜ F, BOLAYIR G. YENİ NESİL SELF-ETCHING ADEZİV SİSTEMLERİN REZİN-DENTİN ARAYÜZEYİNDEKİ MİKROSIZINTILARININ KARŞILAŞTIRILMASI A COMPARISON OF THE MICROLEAKAGE AT RESIN-DENTIN INTERFACE OF NEW GENERATION SELF-ETCHING ADHESIVE SYSTEMS.
83. De Munck Jd, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. Journal of dental research. 2005;84(2):118-32.
84. Kwong S, Cheung G, Kei L, Itthagarun A, Smales R, Tay F, et al. Micro-tensile bond strengths to sclerotic dentin using a self-etching and a total-etching technique. Dental Materials. 2002;18(5):359-69.
85. Oura K, Zotov A, Lifshits V, Saranin A, Katayama M. Surface science: Springer; 2003.
86. Williams DB, Carter CB. The transmission electron microscope: Springer; 1996.
87. Lin S, Caputo AA, Eversole LR, Rizoio I. Topographical characteristics and shear bond strength of tooth surfaces cut with a laser-powered hydrokinetic system. The Journal of prosthetic dentistry. 1999;82(4):451-5.
88. Esteves-Oliveira M, Zezell DM, Apel C, Turbino ML, Aranha ACC, Eduardo CdP, et al. Bond strength of self-etching primer to bur cut, Er, Cr: YSGG, and Er: YAG lased dental surfaces. Photomedicine and laser surgery. 2007;25(5):373-80.
89. Cardoso M, De Munck J, Coutinho E, Ermis RB, Van Landuyt K, de Carvalho RCR, et al. Influence of Er, Cr: YSGG laser treatment on microtensile bond strength of adhesives to enamel. Operative dentistry. 2008;33(4):448-55.
90. Obeidi A, McCracken MS, Liu PR, Litaker MS, Beck P, Rahemtulla F. Enhancement of bonding to enamel and dentin prepared by Er, Cr: YSGG laser. Lasers in surgery and medicine. 2009;41(6):454-62.
91. Obeidi A, Liu P-R, Ramp LC, Beck P, Gutknecht N. Acid-etch interval and shear bond strength of Er, Cr: YSGG laser-prepared enamel and dentin. Lasers in medical science. 2010;25(3):363-9.
92. Apel C, Gutknecht N, editors. Bond strength of composites on Er: YAG and Er, Cr: YSGG laser-irradiated enamel. BiOS Europe'98; 1999: International Society for Optics and Photonics.
93. Moslemi M, Erfanparast L, Fekrazad R, Tadayon N, Dadjo H, Shadkar MM, et al. The effect of Er, Cr: YSGG laser and air abrasion on shear bond strength of a fissure sealant to enamel. The Journal of the American Dental Association. 2010;141(2):157-61.
94. Dundar B, Guzel KG. An analysis of the shear strength of the bond between enamel and porcelain laminate veneers with different etching systems: acid and Er, Cr: YSGG laser separately and combined. Lasers in medical science. 2011;26(6):777-82.

95. Başaran EG, Ayna E, Başaran G, Beydemir K. Influence of different power outputs of erbium, chromium: yttrium–scandium–gallium–garnet laser and acid etching on shear bond strengths of a dual-cure resin cement to enamel. *Lasers in medical science*. 2011;26(1):13-9.
96. Başaran G, Hamamcı N, Akkurt A. Shear bond strength of bonding to enamel with different laser irradiation distances. *Lasers in medical science*. 2011;26(2):149-56.
97. Matsumoto K, Hossain M, Hossain MI, Kawano H, Kimura Y. Clinical assessment of Er, Cr: YSGG laser application for cavity preparation. *Journal of clinical laser medicine & surgery*. 2002;20(1):17-21.
98. Yazici A, Baseren M, Gorucu J. Clinical comparison of bur-and laser-prepared minimally invasive occlusal resin composite restorations: two-year follow-up. *Operative dentistry*. 2010;35(5):500-7.
99. Olivi G, Genovese M. Laser restorative dentistry in children and adolescents. *European Archives of Paediatric Dentistry*. 2011;12(2):68-78.
100. Featherstone JD, Fried D. Fundamental Interactions of Lasers with Dental Hard Tissues. *Medical laser application*. 2001;16(3):181-94.
101. Lizarelli RF, Costa M, Carvalho-Filho E, Nunes F, Bagnato VS. Selective ablation of dental enamel and dentin using femtosecond laser pulses. *Laser Physics Letters*. 2008;5(1):63.
102. Kinch AP, Taylor H, Warltler R, Oliver RG, Newcombe RG. A clinical trial comparing the failure rates of directly bonded brackets using etch times of 15 or 60 seconds. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1988;94(6):476-83.
103. Brännström M, Nordenvall KJ. The effect of acid etching on enamel, dentin, and the inner surface of the resin restoration: a scanning electron microscopic investigation. *Journal of dental research*. 1977;56(8):917-23.
104. Nordenvall K, Brännström M, Malmgren O. Etching of deciduous teeth and young and old permanent teeth: a comparison between 15 and 60 seconds of etching. *American journal of orthodontics*. 1980;78(1):99-108.
105. Donmez N, Belli S, Pashley D, Tay F. Ultrastructural correlates of in vivo/in vitro bond degradation in self-etch adhesives. *Journal of dental research*. 2005;84(4):355-9.
106. Oilo G. Bond strength testing--what does it mean? *International dental journal*. 1993;43(5):492-8.
107. ISO I. TS 11405: Dental materials—testing of adhesion to tooth structure. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization ISO Central Secretariat. 2003.
108. Lee JJ, Nettekoy-Marbell A, Cook A, Pimenta LA, Leonard R, Ritter AV. Using extracted teeth for research: the effect of storage medium and sterilization on dentin bond strengths. *The Journal of the American Dental Association*. 2007;138(12):1599-603.
109. de Dios Teruel J, Alcolea A, Hernández A, Ruiz AJO. Comparison of chemical composition of enamel and dentine in human, bovine, porcine and ovine teeth. *Archives of oral biology*. 2015;60(5):768-75.
110. Reis AF, Giannini M, Kavaguchi A, Soares CJ, Line S. Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine, and porcine teeth. *The journal of adhesive dentistry*. 2003;6(2):117-21.
111. Al-Salehi S, Burke F. Methods used in dentin bonding tests: An analysis of 50 investigations on bond strength. *Quintessence international (Berlin, Germany)*. 1997;28(11):717-23.
112. Pashley DH, Sano H, Ciucchi B, Yoshiyama M, Carvalho RM. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dental Materials*. 1995;11(2):117-25.
113. Cardoso PE, Braga RR, Carrilho MR. Evaluation of micro-tensile, shear and tensile tests determining the bond strength of three adhesive systems. *Dental Materials*. 1998;14(6):394-8.

114. Manuela Díaz-Monroy J, Contreras-Bulnes R, Fernando Olea-Mejía O, Emma Rodríguez-Vilchis L, SÁnchez-Flores I. Morphological changes produced by acid dissolution in Er: YAG laser irradiated dental enamel. *Microscopy research and technique*. 2014;77(6):410-4.
115. Delmé KIM, De Moor RJG. Scanning electron microscopic evaluation of enamel and dentin surfaces after Er: YAG laser preparation and laser conditioning. *Photomedicine and laser surgery*. 2007;25(5):393-401.
116. Delmé KI, Deman PJ, De Bruyne MA, De Moor RJ. Influence of different Er: YAG laser energies and frequencies on the surface morphology of dentin and enamel. *J Oral Laser Appl*. 2006;6:43-52.
117. Olivi G, Genovese MD. Effect of Er: YAG laser parameters on enamel: SEM observations. *J Oral Laser Application*. 2007;7(1):27-35.
118. Olivi G, Angiero F, Benedicenti S, Iaria G, Signore A, Kaitsas V. Use of the erbium, chromium: yttrium–scandium–gallium–garnet laser on human enamel tissues. Influence of the air–water spray on the laser–tissue interaction: scanning electron microscope evaluations. *Lasers in medical science*. 2010;25(6):793-7.
119. Cecchini RCM, Zezell DM, de Oliveira E, de Freitas PM, Eduardo CdP. Effect of Er: YAG laser on enamel acid resistance: morphological and atomic spectrometry analysis. *Lasers in surgery and medicine*. 2005;37(5):366-72.
120. Hossain M, Nakamura Y, Tamaki Y, Yamada Y, Murakami Y, Matsumoto K. Atomic analysis and knoop hardness measurement of the cavity floor prepared by Er, Cr: YSGG laser irradiation in vitro. *Journal of oral rehabilitation*. 2003;30(5):515-21.