



T.C.

BEZMÎÂLEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**KALSİYUM FOSFAT VE NANO-HİDROKSİAPATİT İÇEREN
HASSASİYET GİDERİCİ AJANLARIN FARKLI TİP LAZERLERLE
KOMBİNE KULLANIMININ DENTİN HASSASİYETİ ÜZERİNE
ETKİSİNİN İN VİTRO OLARAK İNCELENMESİ**

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

Yeşim ŞEŞEN USLU

Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Nazmiye DÖNMEZ

İSTANBUL-2017



T.C.

BEZMİÂLEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ

DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**KALSİYUM FOSFAT VE NANO-HİDROKSİAPATİT İÇEREN
HASSASİYET GİDERİCİ AJANLARIN FARKLI TİP LAZERLERLE
KOMBİNE KULLANIMININ DENTİN HASSASİYETİ ÜZERİNE
ETKİSİNİN İN VİTRO OLARAK İNCELENMESİ**

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

Yeşim ŞEŞEN USLU

Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Nazmiye DÖNMEZ

Bu araştırma Bezmialem Vakıf Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi tarafından desteklenmiştir. (Proje no: 6.2016/59)

İSTANBUL-2017



REPUBLIC OF TURKEY

BEZMIALEM VAKIF UNIVERSITY

FACULTY OF DENTISTRY

**İN VİTRO İNVESTİGATION OF EFFECT OF CALCIUM PHOSPHATE
AND NANO-HYDROXYAPATİTE CONTAINİNG DESENSİTİZİNG
AGENTS WITH COMBİNATION OF DIFFERENT LASER ON DENTİN
HYPERSENSİTİVİTY**

Yeşim ŞEŞEN USLU

SPECIALIST THESIS

Department of Restorative Dentistry

SUPERVISOR Ass.Prof. Nazmiye DÖNMEZ

This study is supported by Scientific Researches, Department of Bezmialem Vakif University

İSTANBUL-2017

TEZ ONAY FORMU

Kurum : Bezmialem Vakıf Üniversitesi

Program seviyesi: Uzmanlık

Anabilim Dalı : Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

Tez sahibi : Yeşim ŞEŞEN USLU

Tez başlığı : Kalsiyum Fosfat ve Nano-Hidroksiapatit İçeren Hassasiyet Giderici Ajanların Farklı Tip Lazerlerle Kombine Kullanımının Dentin Hassasiyeti Üzerine Etkisinin İn vitro İncelenmesi

Tez sunum tarihi : 15.09.2017

JÜRİ ÜYELERİ**İMZA**

Danışman: Doç. Dr. Nazmiye DÖNMEZ
Bezmialem Vakıf Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Çiğdem ÇELİK
Başkent Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Safa TUNCER
İstanbul Üniversitesi

YEDEK JÜRİ ÜYELERİ

Üye : Doç. Dr. Mustafa TUNALI
Bezmialem Vakıf Üniversitesi

Üye : Yar.Doç. Dr. Asiye Nur DİNÇER
Bezmialem Vakıf Üniversitesi

Bu tez, Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda belirtilen jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

ANABİLİM DALI BAŞKANI**DEKAN**

Doç. Dr. Nazmiye DÖNMEZ

Prof. Dr. Alper ALKAN

Tarih :**Tarih :****Onay :****Onay :**

Beyan Formu

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarımı ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Tarih:

İsim ve soy isim

Yeşim ŞEŞEN USLU

İmza

TEŞEKKÜR

Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'ndaki uzmanlık eğitimim boyunca destek olan, bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen değerli hocam Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı Başkanı sayın Doç. Dr. Nazmiye DÖNMEZ'e,

Uzmanlık eğitimim boyunca destek ve yardımları ile yanımda olan, tanımaktan mutluluk duyduğum değerli hocam Prof.Dr.Şeyda HERGÜNER SİSO'ya,

Tez jürimde yer almalarından büyük mutluluk ve onur duyduğum değerli hocalarım Prof.Dr.Çiğdem ÇELİK ve Doç.Dr.Safa TUNCER'e,

Uzmanlık eğitimim boyunca, yenilikçi bir hastane ortamında bizlere teknoloji ve bilimi yakinen takip edebileceğimiz imkanlar sunan, ileri standartlarda bir eğitim ve öğrenime sahip olmama sağlayan Bezmialem Vakıf Üniversitesi'ne,

Mezun olduğum günden itibaren desteklerini hep yanımda hissettiğim, öğrencileri olmaktan büyük onur ve mutluluk duyduğum Hacettepe Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi'ne, çok değerli hocalarıma,

Her zaman bilgi ve birikimi ile yolumu aydınlatan, ayrıca tezimin Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop ile ilgili deneylerimi Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde yapmama vesile olan çok değerli hocam Prof.Dr.Ahmet SERPER'e,

Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop cihazını kullanma konusunda bilgi ve tecrübelerini içtenlikle paylaşan, tanıdığım ve çalıştığım için büyük mutluluk ve gurur duyduğum Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik AD. Başkanı Prof.Dr. Nuhan PURALI'ya,

Tezimin SEM görüntülemelerinde bana yardımcı olan Dr. Fatih ÖZCAN'a,

İmage j programını bana öğreten, SEM analizlerini değerlendirmemde ve tezimde kullanmama yardımcı olan çok değerli arkadaşım Müh. Ercan ALTANLAR'a,

Çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum, her konuda bana yardım ve desteğini esirgemeyen çok değerli Bezmialem Vakıf Üniversitesi Eczacılık Fakültesi hocalarıma, asistan arkadaşlarıma, özellikle arkadaşım Araş.Gör. Tuba KUŞMAN'a,

Bezmialem Vakıf Üniversitesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı hocalarımıza, asistan arkadaşlarıma,

Birçok konuda öncü olup dişhekimliğinin farklı alanlarında başarılı çalışmalar yürüten, bu tez çalışmasında da destek olarak bilime verdikleri önemi bir kez daha gösteren, SIROLaser Blue diod lazeri Türkiye de ilk kullanan ekip olma şansını bize veren, her türlü destek ve yardımı esirgemeyen SİRONA TÜRKİYE firmasına,

Kızları olmaktan büyük onur duyduğum, var olma sebebim, her zaman yanımda arkamda olan değerli babam Av.Sinan ŞEŞEN'e ve annem Ülker ŞEŞEN'e, karşılıksız sevgi ve özverileri ile her daim yanımda olan ablam Av.Derya ŞEŞEN KOYUNCU ve abim Uzm. Dr. Tolga KOYUNCU'ya, biricik yeğenim ilk göz ağrım Ömer Sinan KOYUNCU'ya,

Meslektaşım, yoldaşım, yıllar sonra girdiğimiz bu uzmanlık ve doktora yolunda beraber yürüdüğüm, her zaman yanımda olan kardeşim, en büyük yardımcım Dt. Pınar ŞEŞEN'e,

Bu zorlu süreçte bana destek ve yardımcı olan değerli eşim Utku USLU'ya,

Yüzümde her daim tebessüm, içimde huzur, mutluluk kaynağı olan, hayatımın anlamı biricik oğlum Kemal USLU'ya en çok, en içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Kalsiyum Fosfat ve Nano-Hidroksiapatit İçeren Hassasiyet Giderici Ajanların Farklı Tip Lazerlerle Kombine Kullanımının Dentin Hassasiyeti Üzerine Etkisinin İn vitro İncelenmesi

Bu tez çalışmasının amacı; kalsiyum fosfat ve nano-hidroksiapatit içerikli 2 hassasiyet giderici ajanı, tek başlarına ve farklı tip lazerlerle birlikte kullanımlarının, dentin tübül örtücülüğü ve penetrasyon derinliğine etkilerini in vitro olarak belirlemektir.

Çalışma için çekilmiş 135 adet insan 3.molar dişi kullanıldı. Bu çalışma; uygulanan hassasiyet giderici tedavilerin dentin tübül örtücülüğü ve asit dirençlerinin belirlenmesi için SEM analizi, dentin tübül penetrasyon derinliklerinin belirlenmesi için CLSM analizi olmak üzere şekilde 3 kısımda gerçekleştirildi. Kalsiyum fosfat ve nano-hidroksiapatit içerikli hassasiyet giderici ajanlar; 445nm ve 970nm dalga boylu diod lazerler ve Nd:YAG lazer ile kombinlenerek her bir deney için 9 adet grup, her grupta 10 adet dentin diski olacak şekilde dizayn edildi. Dentin diskler, ajan ve lazer uygulama prosedürü sonrası 1 gece yapay tükürükte bekletildikten sonra (erozyonsuz) ve 5 gün, günde 3 kez %0.3 sitrik asit siklusu sonrası (erozyonlu) SEM ile tübül tıkanıklığı açısından değerlendirildi. SEM ile elde edilen görüntülerden kantitatif değerler elde edebilmek için İmage J ile ölçüm yapıldı. Penetrasyon derinliği deneyi için %0.1 Rhodamin B ile karıştırılan ajanlar, tek ve lazerler ile birlikte uygulandıktan sonra CLSM ile incelendi ve elde edilen görüntüler Zen Lite, Zeiss programları ile değerlendirildi. Parametreler normal dağılım göstermediği için gruplar arası karşılaştırmalarda Kruskal Wallis testi, farklılığa neden olan grubun tespitinde ise MannWhitney U testi kullanıldı ($p<0.05$).

Bütün tedavi grupları kontrol grubundan istatistiksel olarak anlamlı derecede iyi bulundu. Nd:YAG+Teethmate grubu açık tübül sayısı, ortalama tübül çapı, $100\mu\text{m}^2$ 'deki tübül sayısı, erozyondan önce ve sonra en az bulunan grup oldu.

Hassasiyet giderici ajanların etkinliği Nd:YAG lazer ile birlikte artmıştır. Diod lazerler tübül örtücülüğünde Nd:YAG lazer kadar etkili bulunmamış olup, penetrasyon derinliği deneylerinde ajanların penetrasyon derinliklerini azalttığı görülmüştür. Diod lazerler ile ilgili daha çok in vivo ve in vitro çalışmaya ihtiyaç vardır.

Anahtar kelimeler: asid direnci, CLSM, dentin hassasiyeti, Nd:YAG lazer, 445nm diod lazer

ABSTRACT

The aim of this thesis is to determine affect of two hiperdesensitization agent which contains calcium phosphate and nano- hydroxyapatite using alone or with different lasers on dentin tubule occlusion and penetration depth, in vitro.

In this thesis, 135 extracted human 3rd molar teeth are used. This study is performed in three sections: SEM analyses to evaluate the affect of desensitizing treatment on dentin tubule occlusion and erosion resistance, CLSM analyses to define dentin tubule penetration depth. Desensitizing agent, which contains calcium phosphate and nanohydroxyapetite, was combined with 445 nm ve 970 nm diode lasers and Nd:YAG lasers. The study was designed as 9 different groups and each group has 10 dentin discs. Dentin discs are applied agent and laser application and than, exposed to artificial saliva (without erosion) for one night or 5 days, 3 times a day 0.3% citric acid cyclus (with erosion). Afterwards, SEM analyses were performed to dentin tubule occlusion on both with or without erosion groups. Image J programme was used to scale the scenes of SEM analyses. The agents which were mixed with 0.1% Rhodamin B for onetration depth test were analysed with CLSM after applying with or without laser. The obtained scenes were evaluated using Zen Lite, Zeiss programme.

Because of non-normal distributions of the paramaters Kruskal Wallis test was used to analyse the difference between the groups. Differences in mean values between groups were analyzed with the Mann-Whitney U test for comparison ($p < 0.05$).

All treatment groups were statistically significantly different than the control group. Nd: YAG + Teethmate group had the least number of open tubules, the average tubule diameter, the number of tubules at $100\mu\text{m}^2$ before and after erosion.

The efficacy of sensitizing agents increased with Nd: YAG laser. Diode lasers were not found to be as effective as Nd: YAG laser in tubular occlusion, and it was seen that the agents decreased penetration depths in penetration depth experiments. More in vivo and in vitro studies are needed for diode lasers.

Key Words: asid resistance, CLSM, dentin hypersensitivity, Nd:YAG laser, 445nm diode laser,

İÇİNDEKİLER

BEYAN	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
ÖZET	9
ABSTRACT	10
İÇİNDEKİLER.....	11
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	14
ŞEKİLLER LİSTESİ	15
TABLolar LİSTESİ	17
RESİMLER LİSTESİ	18
1. GİRİŞ VE AMAÇ	22
2. GENEL BİLGİLER	25
2.1 Dentin.....	25
2.2 Smear Tabakası.....	29
2.3. Dentin Hassasiyeti	30
2.3.1 Dentin Hassasiyeti Tanımı	30
2.3.2 Dentin Hassasiyetinin Prevalansı	
2.3.3. Dentin Hassasiyeti Oluşum Mekanizmaları	35
2.3.4. Dentin Hassasiyetinin Etiyolojisi.....	39
2.3.5. Dentin Hassasiyetinin Teşhisi ve Ayırıcı Tanısı	45
2.3.6. Dentin Hassasiyetinin Tedavisi.....	45
2.3.7. Dentin Hassasiyeti Tedavisinin İn vitro Değerlendirilmesi	63
3. MATERYAL VE METOD	70
3.1. Örnek Sayısının Belirlenmesi	70
3.2. Dişlerin Seçimi.....	71
3.3. Örneklerin Hazırlanması.....	71
3.4. Çalışma Grupları	73
3.5. Dentin Tübül Örtücülüğünün SEM İle Değerlendirilmesi.....	74
3.5.1. Hassasiyet Giderici Ajanların Uygulanması	74

3.5.3. SEM İncelemeleri	78
3.6. Erozyon Direncinin SEM İle Değerlendirilmesi	84
3.6.1. Yapay Tükrüğün Hazırlanması	84
3.6.2 Erozyon Siklus Uygulamaları.....	85
3.7. Penetrasyon Derinliğinin Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop İle Belirlenmesi	86
3.7.1. Hassasiyet Giderici Ajanların Uygulanması	88
3.7.2. Hassasiyet Giderici Ajan Uygulamasını Takiben Lazer Uygulaması.....	88
3.7.3. Konfokal Lazer İncelemesi	89
3.8. İstatiksel Analiz.....	93
4. BULGULAR.....	94
4.1. Dentin Tübül Örtücülüğüne Ait SEM Bulguları:	94
Açıkta kalan tübül sayısının değerlendirilmesi	94
4.1.1 Kontrol Grubu	96
4.1.2 Teethmate Grubu	97
4.1.3 Diod Lazer 445nm+ Teethmate Grubu	98
4.1.4 Diod Lazer 970 nm+ Teethmate Grubu	99
4.1.5 Nd:YAG Lazer, 1064 nm + Teethmate Grubu	100
4.1.6 Professional Oral Care, nHAP Grubu	101
4.1.7 Diod Lazer 445nm+ nHAP Grubu	102
4.1.8 Diod Lazer 970 nm+ nHAP Grubu	103
4.1.9 Nd:YAG Lazer, 1064 nm + nHAP Grubu.....	104
4.2 Erozyon Direncinin Belirlenmesine Yönelik SEM Bulguları.....	105
4.2.1 Kontrol Grubu.....	107
4.2.2 Teethmate Grubu	108
4.2.3 Diod Lazer 445nm+ Teethmate Grubu	109
.....	109
4.2.4 Diod Lazer 970 nm+ Teethmate Grubu	110
4.2.5 Nd:YAG Lazer, 1064 nm + Teethmate Grubu	111
4.2.6 Professional Oral Care, nHAP Grubu	112
4.2.7 Diod Lazer 445nm+ nHAP Grubu	113
4.2.8 Diod Lazer 970 nm+ nHAP Grubu	114
4.2.9 Nd:YAG Lazer, 1064 nm + nHAP Grubu.....	115
4.3 CLSM ile Penetrasyon Derinliğinin Belirlenmesine Ait Bulgular	125
4.3.1 Kontrol Grubu (Rhodamin B -).....	128
4.3.2 Kontrol Grubu (Rhodamin B +).....	129

4.3.3 Teethmate Grubu	130
4.3.4 Diod Lazer 445nm+ Teethmate Grubu	131
4.3.5 Diod Lazer 970nm+ Teethmate Grubu	132
4.3.6 Nd:YAG Lazer, 1064 nm + Teethmate Grubu	133
4.3.7 Professional Oral Care, nHAP Grubu	134
4.3.8 Diod Lazer 445nm+ nHAP Grubu	135
4.3.9 Diod Lazer 970nm+ nHAP Grubu	136
4.3.10 Nd:YAG Lazer, 1064 nm + nHAP Grubu.....	137
4. TARTIŞMA.....	138
5. SONUÇLAR.....	157
6. KAYNAKLAR:.....	160
7. EKLER	179
8. ÖZGEÇMİŞ	182

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

He-Ne	Helyum-Neon
GaAlAs	Galyum Alüminyum Arsenit
Nd:YAG	Neodmiyum: Yttrium Alüminyum Garnet
CO₂	Karbondioksit
Er:YAG	Erbium- Doped Yttrium Aluminum
Er,Cr:YSGG	Erbium,Chromium: Yttrium Scandium Gallium Garnet
EDTA	Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
g	Gram
g/cm³	Yoğunluk
SEM	Scanning Electron Microscopy
µm	Mikrometre
AFM	Atomic Force Microscopy
A-δδ	A-delta
A-ββ	A-beta
KNO₃	Potasyum nitrat
ACP	Amorf kalsiyum fosfat
FDA	Food and Drug Administration
NaF	Sodyum Florid
CaF₂	Kalsiyum Florid
HCA	Hidroksikarbonat apatit
CPP-ACP	Kazein Fosfopeptit Amorf Kalsiyum Fosfat
ACP	Amorf Kalsiyum Fosfat
MASE	Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LASER	Light Amplification by Stimulated Emmission of Radiation
CLSM	Confocal Laser Scanning Microscope

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Kavite preparasyonu sonucu tübül yoğunluğu ve çapının şematik gösterilmesi.....	28
Şekil 2. Dentin hassasiyeti teorileri	38
Şekil 3. A. Basınçlı hava uygulaması sonucu dentin sıvısı hareketi, B. Farklı uyaranların etkisi dentin sıvısı hareketi ile ağrı oluşumu	40
Şekil 4. Dentin hassasiyeti oluşum nedenleri	42
Şekil 5. Dental erozyon etyolojisi	44
Şekil 6. Dentin hassasiyeti tedavi protokolü... ..	49
Şekil 7. Dentin hassasiyeti tedavisi	52
Şekil 8. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) çalışma prensibi	66
Şekil 9. CLSM nin çalışma prensibi.....	70
Şekil 10. Z- STACK; CLSM ile elde edilen görüntü dizisi	71
Şekil 11. Çalışmada kullanılan deney grupları ve deney dizaynının oluşturulması	75
Şekil 12. Erozyon siklus dizaynı	88
Şekil 13. Açıkta kalan tübül sayısının Erozyonlu ve Erozyonsuz gruplara göre şematik görünümü.....	121
Şekil 14. Ortalama tübül çapının Erozyonsuz ve Erozyonlu gruplara göre şematik gösterimi	126
Şekil 15. 100 µ2 deki tübül sayısının Erozyonsuz ve Erozyonlu gruplara göre şematik gösterimi	130



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Dentin hassasiyetinin prevalansı ile ilgili tüm dünyada yapılan epidemiyolojik çalışmalar [16]	33
Tablo 2. Dentin hassasiyeti tedavi stratejileri	48
Tablo 3. Dentin örneklerinin deney gruplarına göre dağılımı ve uygulanan işlemler	74
Tablo 4. Çalışmada kullanılan hassasiyet giderici ajanlar ve lazerler.....	76
Tablo 5. Yapay tükrük içeriği [231, 232].....	85
Tablo 6. Dentin örneklerinin deney gruplarına göre dağılımı ve uygulanan işlemler	87
Tablo 7. Açıkta kalan tübül sayısının değerlendirilmesi.....	116
Tablo 8. Açıkta kalan tübül sayısının post hoc değerlendirilmesi.....	117
Tablo 9. Erozyonlu ve erozyonsuz grupların açıkta kalan tübül sayısı açısından değerlendirilmesi	118
Tablo 10. Ortalama çap değerlendirilmesi.....	119
Tablo 11. Ortalama çapın post hoc değerlendirilmesi.....	120
Tablo 12. Erozyonlu ve erozyonsuz grupların ortalama çap açısından değerlendirilmesi	121
Tablo 13. 100 µ2 deki tübül sayısı değerlendirilmesi.....	122
Tablo 14. 100 µ2 deki tübül sayısının post hoc değerlendirilmesi.....	123
Tablo 15. Erozyonlu ve erozyonsuz grupların 100 µ2 deki tübül sayısı açısından değerlendirilmesi	124
Tablo 16. Penetrasyon Derinliği değerlendirilmesi	126
Tablo 17. Penetrasyon Derinliğinin post hoc değerlendirilmesi.....	127

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. Hipermineralize peritübüler dentin ve mineralize kollojen fiberlerin X 19,600 büyütme ile görünümü [4]	28
Resim 2. Polisajlanmış dentin örneğinin standart AFM topografik imaj görüntüsü; peritübüler, (homojen) ve intertübüler (heterojen) dentin görüntüsü [5].....	29
Resim 3. Dentin tübüllerindeki smear tabakasının SEM görüntüsü. [4].....	30
Resim 4. Erozyonun klinik görünümü [2].....	44
Resim 5. Taramalı konfokal lazer mikroskop görüntüsü, Floresan mod, dikey kesit, dentin tübüllerinde %8 arginin ve kalsiyum karbonat içerikli hassasiyet patı penetrasyonu a) yatay kesitedentın tübül ağzlarının tamamıyla tıkaçlandığı, b) dikey kesitte dentin tübüllerinin içinde pat varlığı görülmektedir[1].....	54
Resim 6. Nhap uygulanan dentin yüzeyi FESEM görüntüsü [3]	56
Resim 7. Örneklerin hazırlanması.....	73
Resim 8. SEM Cihazı.....	78
Resim 9. Dentin disklerin standı yerleştirilmesi.....	79
Resim 10. x 2000 büyütme ile açıkta kalan dentin tübüllerinin tespiti amacıyla image j programı ile çeşitli renk filtrelerinin uygulanması	80
Resim 11. İmage J programı kullanılarak aynı görüntü üzerinde açık tübüllerin tespit edilmesi	80
Resim 12. Açık tübül sayısının ve çapının image j programı ile hesaplanması	81
Resim 13. . x1000 büyütme ile alınan mikrofotograflar üzerinde $100\mu^2$ deki açık dentin tübül sayısının belirlenmesi (x; 144, y; 88)	82
Resim 14. Dentin disklerin kırıldıktan sonra stand üzerinde 90^0 dik açıyla konumlandırılması a. Kaplama yapılmadan önceki görünüm b. Kaplama yapıldıktan sonraki görünüm	83
Resim 15. Örneklerin görüntülenmesinde kullanılan CLSM, Rhodamin B ile boyanan örneklerin mikroskop tablasına yerleştirilmesi ve incelenmesi.....	89
Resim 16. Zeiss ZEN lite programı ile penetrasyon derinliklerinin ölçülmesi.....	90
Resim 17. Görüntülerin üzerinde ölçüm yapılması.....	91
Resim 18.... Zeiss Zen Lite (Blue Edition) programı kullanılarak penetrasyon derinliklerinin 3 boyutlu değerlendirilmesi, z stack görüntü dizisi	92

Resim 19. Erozyonsuz kontrol grubu x2000, x1000, cross-section x10000 dikey kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık dentin kanalları, siyah ok aynı şekilde boş dentin tübüller)	96
Resim 20. Erozyonsuz teethmate grubu x2000, x1000, cross-section x10000 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah, beyaz oklar kalsiyum fosfat kristalleri, mavi ok yaklaşık10µm penetrasyon gösteren ajan, kırmızı ok kanal ağzlarında yer yer tıkanma)	97
Resim 21. Erozyonsuz Diod 445+Teeth. grubu x2000, x1000, cross-section x3500 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah ok tıkalı tübül, beyaz ok açık tübül ağzı, mavi ok penetre olmayan yüzeyel kalsiyum fosfat kristali, kırmızı ok penetre olmamış ajan)	98
Resim 22. Erozyonsuz Diod 970+Teeth. grubu x2000, x1000, cross-section x3500 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah ok tıkalı tübül, beyaz ok açık tübül ağzı, mavi ok penetre olmayan yüzeyel kalsiyum fosfat kristali, kırmızı ok penetre olmamış ajan)	99
Resim 23. Erozyonsuz NdYAG+Teeth. grubu x2000, x1000, cross-section x10000 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah ok kalsiyum fosfat kristalleri ile tıkalı tübül, mavi ok oldukça iyi penetre kalsiyum fosfat kristali, kırmızı ok erimiş kanal ağzı ve tübül)	100
Resim 24. Erozyonsuz Nhap grubu x2000, x1000, cross-section x5000, x10000 dikey kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık tübül, siyah ok Nhap kristalleri, kırmızı ok tübül içine oldukça iyi penetre olmuş Nhap kristalleri, mavi ok açık kanal ağzları)	101
Resim 25. Erozyonsuz Diod 445+Nhap grubu x2000, x1000, cross-section x2000, x3500 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah ok Nhap kristalleri, kırmızı ok tübül içine penetre Nhap kristalleri, mavi ok penetrasyon görülmeyen tübüller).....	102
Resim 26. Erozyonsuz Diod 970+Nhap grubu x2000, x1000, cross-section x3500 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah ok erime ve Nhap kristalleri ile tıkalı tübül girişleri, kırmızı ok Nhap kristalleri, mavi ok erime görünümü)	103
Resim 27. Erozyonsuz NdYAG+Nhap grubu x2000, x1000, cross-section x5000 x10000 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah ok Nhap kristalleri, beyaz ok açık tübül, kırmızı ok penetre olan Nhap kristalleri, mavi ok tübüldeki erime görünümü).....	104
Resim 28. Erozyonlu Kontrol grubu x2000, x1000 yüzey, x5000 x10000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok genişlemiş tamamen açık tübül girişleri, mavi ok demineralize intertübüller dentin, kırmızı ok dentin lameli).....	107
Resim 29. Erozyonlu Teethmate grubu x2000, x1000 yüzey, x10000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok yarı açık, siyah ok tam açık tübül girişi, mavi ok kalsiyum fosfat kristalleri, kırmızı ok açık tübül)	108

Resim 30. Erozyonlu Diod 445+Teethmate grubu x2000, x1000 yüzey, x3500 x2000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok yarı açık, siyah ok tam açık tübül girişi, mavi ok kalsiyum fosfat kristalleri, kırmızı ok penetrasyon görülmeyen dentin tübülü).....	109
Resim 31. Erozyonlu Diod 970+Teethmate grubu x2000, x1000 yüzey, x3500 x2000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık, siyah ok erimiş tübül girişi, düzensiz yüzey görünümü, mavi ok yer yer kalsiyum fosfat kristalleri, kırmızı ok penetrasyon görülmeyen dentin tübülü).....	110
Resim 32. Erozyonlu NdYAG+Teethmate grubu x2000, x1000 yüzey, x5000 x10000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık tübül girişi, siyah ok erimiş yüzey görüntüsü, mavi ok iyi penetre kalsiyum fosfat kristalleri, kırmızı ok dentin lamelleri)	111
Resim 33. Erozyonlu Nhap grubu grubu x2000, x1000 yüzey, x10000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık tübül girişi, siyah ok Nhap kristalleri, mavi ok Nhap kristalleri ile kapalı tübül girişi, sarı ok açık tübül girişi, kırmızı ok dentin lamelleri)	112
Resim 34. Erozyonlu Diod 445+Nhap grubu x2000, x1000 yüzey, x3500 x2000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık tübül girişi, siyah ok erimiş tübül girişleri, mavi ok Nhap kristalleri ile kapalı tübül girişi, kırmızı ok penetrasyon görülmeyen dentin tübülü) .	113
Resim 35. Erozyonlu Diod 970+Nhap grubu x2000, x1000 yüzey, x3500 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık tübül girişi, siyah ok erimiş tübül girişleri, mavi ok Nhap kristalleri ile kapalı tübül girişi, kırmızı ok penetrasyon görülmeyen dentin tübülü)	114
Resim 36. Erozyonlu NdYAG+Nhap grubu x2000, x1000 yüzey, x5000 X10000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık tübül girişi, siyah ok erimiş tübül girişleri, mavi ok Nhap kristalleri ile tübül penetrasyonu, kırmızı ok penetrasyon görülmeyen dentin tübülü ve açık kanal ağzı).....	115
Resim 37. Kontrol (Rhodamin B -) grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü a) x2.5, b) x10 büyütme	128
Resim 38. Kontrol Grubu (Rhodamin B +) grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10)	129
Resim 39. Teethmate grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10).....	130
Resim 40. Diod Lazer 445nm+ Teethmate grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10)	131

Resim 41. Diod Lazer 970nm+ Teethmate grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10)	132
Resim 42. Nd:YAG Lazer 1064 nm + Teethmate grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10).....	133
Resim 43. Nhap grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10).....	134
Resim 44. Diod Lazer 445nm+ nHAP grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10, 3.0 zoom)	135
Resim 45. Diod Lazer 970nm+ nHAP grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10).....	136
Resim 46. NdYAG Lazer + Nhap grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10).....	137

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Dentin hassasiyeti yetişkin popülasyonda görülen küresel bir ağız sağlığı problemidir. Dentin hassasiyeti herhangi bir dental defekt yada patoloji ile açıklanamayan, açığa çıkmış dentin yüzeyinde tipik termal, buharlaştırıcı, dokusal, ozmotik ve kimyasal uyarılara bağlı oluşan gerçek bir ağrı sendromu olarak tanımlanmaktadır. Klinik olarak keskin, kısa süreli, hızlı başlayabilen, bir süre sonra donuklaşabilen bir ağrı olarak tanımlanmaktadır [1, 2].

Dentin hassasiyeti günümüz popülasyonunun büyük bir kısmında görülen yaşam kalitesini negatif etkileyen klinik bir sorundur [3]. Klinik çalışmalar ve anketlere göre dentin hassasiyetinin prevalansı % 4 ile % 74 olarak belirtilmiştir. Bu rahatsız edici durumun 30' lu yaşların sonlarında görülme sıklığının daha fazla olduğu, her iki çenede kanin ve premolar dişlerde daha çok görüldüğü belirtilmiştir [1, 4].

Dentin hassasiyetini açıklamaya yönelik olası mekanizmalar içerisinde bugün hala geçerliliğini koruyan ve tüm dünyada kabul gören teori, ‘‘Hidrodinamik Teori’’dir [5]. Bu teoriye göre, dişe gelen her türlü uyarı dentin tübüleri içerisindeki dentin sıvısının hidrodinamik hareketi ile pulpaya iletilmektedir. Dış uyarılar dentin tübülerinde sıvı hareketine neden olarak dentin tübüllerindeki ve pulpadaki sinir uçlarını aktive eder ve keskin bir ağrı oluşur [6].

Dentin hassasiyeti atrizyon, abrazyon, erozyon gibi sert doku kayıpları (mine ve sement) yada periodontal hastalık, hatalı fırçalama, dişeti çekilmesi gibi yumuşak doku kayıpları sonucu oluşmaktadır [7]. Bu faktörlerin birkaçı birlikte görülebilmekle birlikte, sert doku kayıpları sonrası yada açığa çıkan dentinin asidik diyet yada reflü gibi nedenlerle asit maruziyeti de günümüzde üzerinde sıkça durulan problemlerdendir. Asit maruziyeti açık dentin tübüllerini daha da hassas hale getirebilmektedir [8]. Erozyon, dentin hassasiyetinin başlaması ve ilerlemesinde önemli rol oynamaktadır [9]. Yapılan çalışmalar hassas dişlerde normal dişlere göre 8 kat daha fazla sayıda açık dentin tübülü olduğunu göstermiştir. Yine histolojik olarak hassas dentin tübülü hassas olmayanlara göre 2 kat daha fazla geniştir [10].

Dentin hassasiyeti tedavisinde iki yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar dentin tübüllerinin tıkanarak sıvı hareketinin bloklanması ve duyu sinirlerinin duyarlılığının azaltılmasıyla uyarana karşı cevabın değiştirilmesidir. Dentin hassasiyeti için önerilen tedaviler hastaların evde kendileri uyguladıkları veya klinikte dişhekimi tarafından uygulanan profesyonel tedaviler

olarak gruplandırılabilirler [6]. Hastalar gargara ve macun kullanımı ile evde sorunlarını bir miktar çözebilmektedirler. Hekim tarafından uygulanan daha profesyonel tedavi seçenekleri olarak rezinler, bonding ajanlar, cam iyonomer simanlar; stronsiyum klorit, stronsiyum florit; oksalat içerikli ürünler; kalsiyum hidroksit, kalsiyum florit, sodyum monoflorofosfat, kalsiyum fosfat; biyoaktif ve biyouyumlu cam ve nano hidroksi apatit gibi yeni ürünler; protein çökelticiler; glukokortikoidler, kortikosteroidler; lazerler ve ileri periodontal cerrahi uygulamaları bulunmaktadır [1, 11].

Kalsiyum fosfat içerikli hassasiyet gidericiler; biyoaktif, biyouyumludur ve insan dişine benzer yapıdadırlar. Bundan dolayı son yıllarda araştırmacıların ilgi odağı haline gelmişler ve en çok araştırdıkları biyomateryallerden olmuşlardır. Yeni geliştirilen tetrakalsiyumfosfat ve dikalsiyum fosfat anhidroz içerikli kalsiyum fosfat hassasiyet giderici ajan (Teethmate), dentin geçirgenliğini azaltmada yüksek performans göstermiştir [12]. Aynı şekilde biyoaktif ve biyouyumlu nanohidroksi apatit de oldukça popüler yeni ürünlerdendir. Nano hidroksi apatitin kalsiyum ve fosfat rezervuarı gibi davranarak bu iyonların depozisyonunu sağladığı, dentin tübüllerini tıkamada yüksek bir potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir [13, 14].

Geleneksel tedavi yöntemlerinin başarılı olabilmeleri ve ağrıyı dindirebilmeleri için düzenli kullanım ve tekrarlanma gerektirmeleri dezavantajlarıdır [15-17]. Asit içerikli yiyecekler ve agrasif diş fırçalama gibi nedenlerle tübüllerdeki çökelti tıkaçlar uzaklaşabilmektedir [18]. Etkili tedavi için tedavi ajanlarının tekrar tekrar uygulanması zorunludur. Lazerler dentin hassasiyeti tedavisinde umut vadeden ve popüler tedavi metodları olarak karşımıza çıkmaktadır. He-Ne, GaAlAs Diyot, Nd:YAG, CO₂, Er:YAG, Er,Cr:YSGG gibi lazerler dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılmıştır [17]. Lazer ışığının etkisi pulpaya ait sinir liflerinin elektrik aktivitesini direkt etkilemesi ve dentinin tübül yapısında bir erime sağlayarak dentin kanallarında tıkanmanın sağlanması yoluyla gerçekleşir [19]. Ayrıca yapılan çalışmalarda, lazerin dentin yüzeyinde erime ve rekristalizasyon gibi morfolojik değişiklikler meydana getirerek dişleri asit ataklarına karşı dirençli hale getirdiği de bildirilmiştir [20].

Dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılan lazerler arasında; etkinliğini tübüllerde erime ve tıkama ile gösteren Nd:YAG lazer, daha önceki birçok in vivo ve invitro çalışmada oldukça başarılı bulunmuştur[21-24]. Yapılan son çalışmalarda, hassasiyet giderici etkinliğini sinir iletimini bloklayarak gösteren diod lazerlerin; odontoblastların hücresel aktivitelerinin arttırarak ve tersiyer dentin üretimini uyararak tübüllerde tıkama da meydana getirebildiği

belirtilmiştir[25, 26]. Literatürde piyasaya yeni sürülen 445 nm dalga boylu diod lazer için az sayıda mevcut olup, dentin hassasiyeti tedavisindeki etkinliği ile ilgili in vitro çalışma bulunmamaktadır.

Tüm bu bilgiler ışığında ve literatür incelendiğinde dentin hassasiyeti tedavisi için birçok farklı ajan ve lazerin kullanıldığı, farklı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Materyallerin etkisinin geçici olması, tekrar uygulama gerektirmesi, günümüz diyetinin çok fazla asit içermesi yeni materyal ve teknik arayışları doğurmuştur. Bu çalışmanın amacı; kalsiyum fosfat ve nano hidroksi apatit içerikli hassasiyet giderici ajanlar tek tek ve 3 farklı tip lazer (445 nm diod lazer, 970 nm diod lazer, 1064 nm Nd:YAG) lazer ile kombine kullanılarak dentin tübüllerini tıkama açısından etkinliklerini SEM ile karşılaştırmaktır. 445 nm yeni diod lazer ile ilgili çalışmalar sınırlı olup dentin hassasiyeti tedavisinde ki etkinliğinin in vitro gösterilmesi amaçlandı. Hassasiyet giderici tedavi uygulanan örnekler, erozyon siklusa tabi tutularak dentin tübül örtücülüğü SEM ile karşılaştırıldı ve uzun süreli ve dayanıklı tedavi seçeneğinin bulunması amaçlandı. Ayrıca yine aynı amaçla tedavilerin dentin tübüllerindeki penetrasyon derinliklerinin de Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop ile gösterilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Dentin

Dentin; dişin kuron bölgesinde mine ile pulpa dokusu, kök bölgesinde ise sement tabakası ile pulpa arasında yer alan ve dişin ana kütesini oluşturan, dişe şeklini veren, poröz yapıda, ışığı yarı geçirgen özellikte, mezoderm kökenli bir yapıdır. Dentin, tübüler dentin, tübüllerin etrafını saran daha mineralize peritübüler dentin, intertübüler dentin ve kollajenin meydana getirdiği biyolojik bir kompleksdir [27]. Dentin hem kendinin hem pulpanın bir parçası olan odontoblastlar tarafından oluşturulur[28]. Dentin, pulpa dokusunun en dış tabakasında tek sıra halinde yerleşmiş odontoblast hücrelerinin sentezlediği kollajen ağı üzerine hidroksiapatit kristallerinin yığılması sonucunda oluşur [29]. Mineye oranla inorganik içeriği daha az ve hidroksiapatit kristallerinin boyutları daha küçük olan dentin dokusu daha yumuşaktır [30]. Dentin, pulpa dokusunun etrafını saran, mineralize, elastik, sarı-beyaz renkte, avasküler sert bir bağ dokudur. Diş kronu bölgesinde inorganik bileşen oranı yüksek olmasına rağmen kırılabilirliği fazla olan ve gelen kuvvetlere karşı direnç gösteremeyen mine tabakasına destek görevi görür ve kök bölgesinde de sement dokusu ile örtülüdür[31]. Dentin, koronal bölgede mine dokusuna renk ve elastisite sağlarken, kök dentiniyle birlikte diş dokusuna dayanıklılık ve rijidite sağlar. Kavite preparasyon derinliği ve genişliğinin artmasına bağlı olarak diş dokusunun direnci önemli oranda azalır [32, 33].

Dentin dokusu hacimce %45 oranında inorganik apatit kristalleri, %33 oranında organik matriks ve %22 oranında sudan oluşurken, ağırlıkça %70 inorganik materyal, %20 organik matriks ve %10 sudan oluşur [34]. Dentinin 2.05-2.30 g/cm³ arasında değişen yüksek yoğunluğuna bağlı olarak ağırlık yüzdesi hacim yüzdesinden daha fazladır [35]. İnorganik dentin yapısını kalsiyum fosfat ve kalsiyum hidroksit bileşiminden oluşan hidroksiapatit kristalleri oluşturur [36]. Organik kısmın ağırlıkça %90' ını oluşturan kollajenin tamamına yakını tip I kollajen iken, az bir kısmı tip V kollajenden oluşur[28, 37]. Organik yapının diğer bileşenleri fosfoproteinler, proteinler, asidik glikoproteinler, glikozaminoglikan, proteoglikanlar, büyüme faktörleri ve yağlardır[37, 38].

Mine dokusunun aksine, dentin dokusunun formasyonu dişin ağızda sürmesinin ardından pulpa canlı olduğu sürece devam eder. Dişin ilk şeklini oluşturan dentin dokusuna *primer dentin* adı verilir ve dişin sürmesinden 3 yıl sonra oluşumu tamamlanır. Primer dentinin

oluşumu tamamlandıktan sonra dentinin oluşumu yavaşlamış bir şekilde devam eder ve oluşan bu dentine *sekonder dentin* adı verilir. Bazı operatif işlemler, yavaş ilerleyen diş çürüğü, travma, erozyon, atrizyon ve abrazyon gibi hafif düzeydeki irritanlara karşı odontoblastların değişmesiyle oluşan dentine ise tamir dentini (reparatif dentin) denir. Tamir dentini, hasarın olduğu bölgeye komşu olan pulpa odasının duvarında gözlenir ve hemen hemen dentin kanalı içermediğinden çoğu irritandan etkilenmez [28].

Sklerotik dentin (reaksiyonel dentin), yaşlanmaya ve hafif irritasyona (yavaş ilerleyen çürük gibi) karşı oluşan ve primer dentinin yapısının değişimi ile meydana gelen bir yapıdır. Bu oluşumda peritübüler dentin, dentin mine bileşimine doğru daha genişler ve yavaş yavaş tübüller kalsifiye materyal ile dolar. Bu alanlar daha sert, yoğun, daha az hassas ve pulpayı devamlı irritanlara karşı daha koruyucu yapılardır. Yaşa bağlı olarak meydana gelen skleroza fizyolojik dentin sklerozu, hafif irritanlara karşı meydana gelen skleroza ise reaktif dentin sklerozu denir [28]. Tamir dentini ve sklerotik dentin oluşumunun her ikisi de tersiyer dentin oluşumlarıdır[39].

Farklı yüzey derinliklerindeki organik ve inorganik yapıların oranları, dentinin yapısına göre değişkenlik gösterir. Derin dentin dokusunun tübül sayısı ve yoğunluğu fazladır. Bu nedenle yüzeyel dentine oranla daha fazla su içermekteyken, mineralize doku oranı ise düşüktür. Bununla beraber, derin dentinde tübül çapının artması, intertübüler dentin kalınlığının azalmasına neden olduğundan, kollajen miktarı yüzeyel dentine oranla daha düşüktür[40, 41].

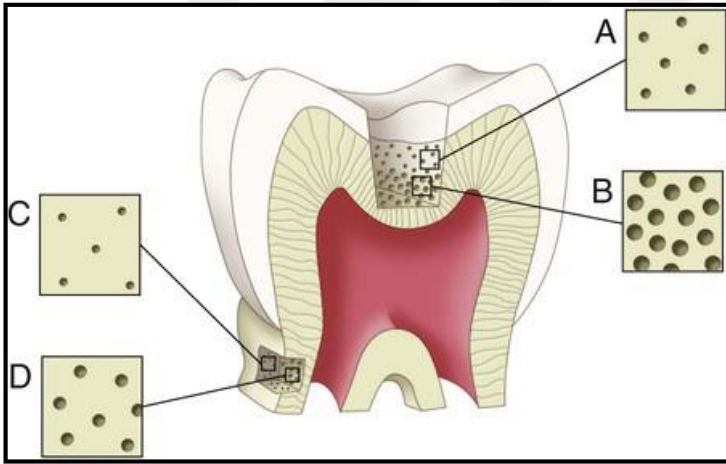
Dentinin inorganik yapısında kalsiyum fosfat ve kalsiyum hidroksit bileşiminden oluşan hidroksiapatit bulunur. Dentindeki hidroksiapatit kristalleri minedekinden daha küçük yapıdadır [35].

Dişin koronal kısmındaki dentin tübülleri mineden pulpaya doğru uzanır ve 2.5-3.5 mm uzunluğundadır. Her bir dentin tübülü; en geniş kısmı pulpada, en dar kısmı ise mine-dentin birleşiminde olan ters çevrilmiş koni gibidir [42].

Dişin kron kısmında farklı bölgelerde ve mine-dentin sınırından pulpaya doğru gidildikçe dentin tübüllerinin sayısı ve çapları değişir [43]. Örneğin tübül sayısı mine sement birleşiminin dentine komşu yüzeyinde yaklaşık olarak 10000 tübül /mm² iken pulpaya komşu kısımda 48000 tübül /mm² ye kadar ulaşmaktadır [30, 44]. Tübül çapları ise koronal dentin yüzeyinde yaklaşık 900 nm iken, pulpa-dentin sınırında 2.5 µm ye ulaşarak konik bir yapı oluştururlar [45]. Ayrıca mine-sement birleşiminde sementin mineyi örtmesi %60, baş başa yerleşimi %30 ve arada açıklık olması ise %10 oranında görülmektedir [46]. Sement ve minenin

birleşmediği durumlarda dentin hassasiyeti oluşma riski de artmaktadır [47]. Hassas olmayan dişlerle kıyaslandığında hassas dişlerde bukkal servikal kısımdaki tübül sayısı 8 kat, tübül çapı 2 kat daha fazla bulunmuştur (hassas dentin tübül çapı $0.83\mu\text{m}$ –hassas olmayan dentin tübül çapı $0.4\mu\text{m}$) [48, 49]. Gençlerde kanal çapı ortalama $3,3\ \mu\text{m}$ iken yaş ilerledikçe $1,2\ \mu\text{m}$ 'ye ulaşabilir [40]. Elde edilen bu bulgular dentin yüzeyinde daha fazla ve daha geniş dentin tübülünün uyarı iletimi olasılığını ve ağrı iletimini arttırdığını göstermiştir [1, 48, 49].

Poiseuille kuralına göre akışkanın hızı tübül genişliğinin dördüncü kuvveti ile doğru orantılı olduğundan tübül genişliği önemlidir. Tübül çapının iki katına çıkması akış hızının 16 kat artması ile sonuçlanır. Artan açık dentin tübül sayısı ve tübül çapı kombine olarak hassas dentinde yaklaşık olarak hassas olmayan dentine göre 100 kat daha fazla akışa neden olur. Tübül sayısının pulpaya yaklaştıkça artması sadece bu bölgede dentin hassasiyetinin artmasını açıklamaz aynı zamanda semptomların artmasını da açıklar [1, 48, 49].

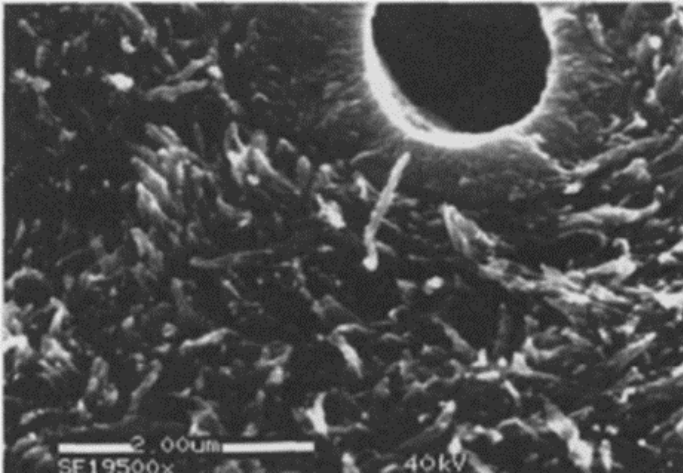


Şekil 1. Kavite preparasyonu sonucu yüzeyel koronal dentin, derin koronal dentin ve derin kök dentininde ortaya çıkan tübül yoğunluğu ve çapının şematik gösterilmesi [50]

Dentin kanalları sinozoidal bir kurvatürle seyretmektedirler. Dentin tübüllerinin içinde odontoblast hücrelerine ait protoplazmik uzantılara Tomes lifleri denir. Dentin tübüllerinde bu liflerden arta kalan boşluğu dentin lenfi doldurmaktadır [40]. Dentin tübüllerinin içinde, pulpa bağ dokusu kaynaklı, içerik olarak sinoviyal veya serebrospinal sıvıyla benzer özelliklere sahip, bir plazma transüdası olan dentin sıvısı mevcuttur. Dentin kanallarındaki dentin lenfi, inorganik içerik bakımından normal hücreler arası sıvıdır. Dentin lenfide serum proteinleri de bulunur fakat oranları serumdan farklıdır [45]. Mineye yakın kısımlarda bu sıvı hacimsel olarak dentinin

% 1'ini oluştururken pulpaya yakın derin tabakalarda ise %22'ye kadar çıkabilmektedir. Dolayısıyla derin dentin yüzeyel dentinden daha nemli bir yapıya sahiptir. Pulpa dokusunun ortalama 60 mm civa basıncı vardır. Bu basınçtan ötürü pulpadan ağız içine yani içten dışa doğru bir akım vardır. Kanalcıklardan herhangi birinin açılması halinde dentin lenfi dışarı akar ve bu durumun dentin hassasiyetine neden olduğu düşünülmektedir [42].

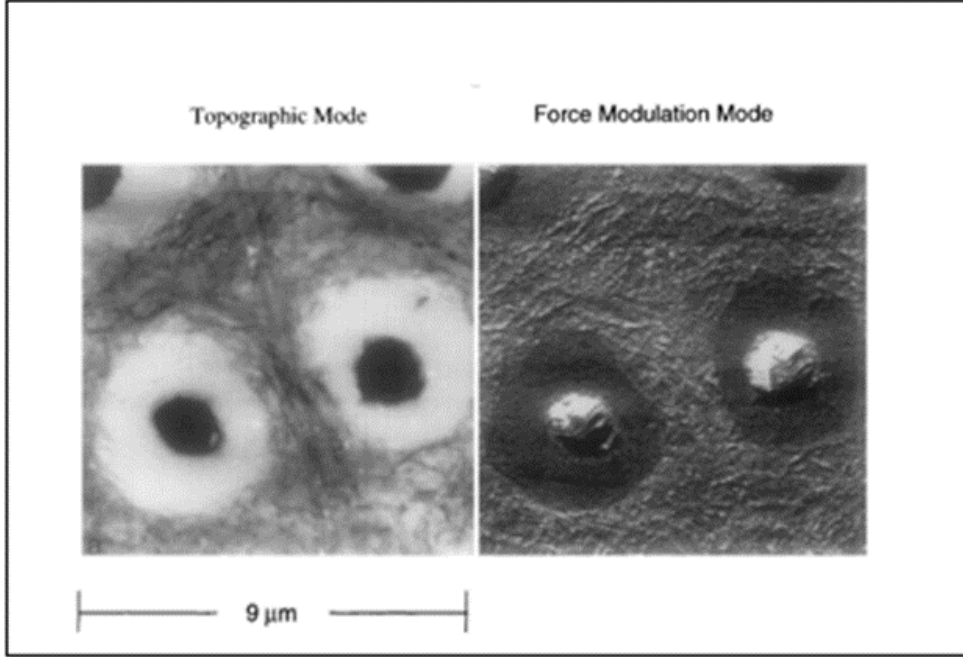
Dentin dokusunun mineral içeriği bölgesel olarak farklılıklar göstermektedir. Dentin kanallarının hemen etrafında bulunan hipermineralize dentine “**peritübüler dentin**” denir. İnatübüler yada peritübüler dentin , tübül duvarının iç yüzeyinde , mineralizasyonu daha yoğun ve daha homojen olan sekonder olarak birikmiş dentin olup yaş ilerledikçe kalınlığı artmaktadır. Peritübüler dentin 0.5-1 μ kalınlığındadır ve intertübüler dentinden keskin bir sınırla ayrılmıştır [42]. Her kanal peritübüler dentinle sarıldığı için pulpal bölgede , mine-dentin sınırına göre daha fazla peritübüler dentin yer alır [51].



Resim 1. Hipermineralize peritübüler dentin ve mineralize kollojen fiberlerin X 19,600 büyütme ile görünümü [57]

Tübüller arasında bulunan daha az mineralize dentine “**intertübüler dentin** ” denir ve dentin dokusunun esas gövde kısmını oluşturur. İntertübüler dentin, hibrit tabakası oluşumunda esas rol oynayan kısımdır . Kollajenden zengin intertübüler dentin yüzeyden derinlere doğru azalma göstermesine rağmen dentinin mineralizasyon derecesi büyük oranda farklılık göstermemektedir. Bu durumun sebebi , derinlere inildikçe kollajenden zengin intertübüler dentinin azalması fakat hipermineralize peritübüler dentinin aynı oranda artması,

böylece yüzeyde ve derinde ortalama mineralizasyonun eşit kalmasıdır. Yüzeyden derine doğru inildikçe dentindeki kollajen miktarı azalır. Bunun sebebi , derin dentinin yüzeyel dentine göre daha geniş kanal çapına sahip olmasıdır [52].

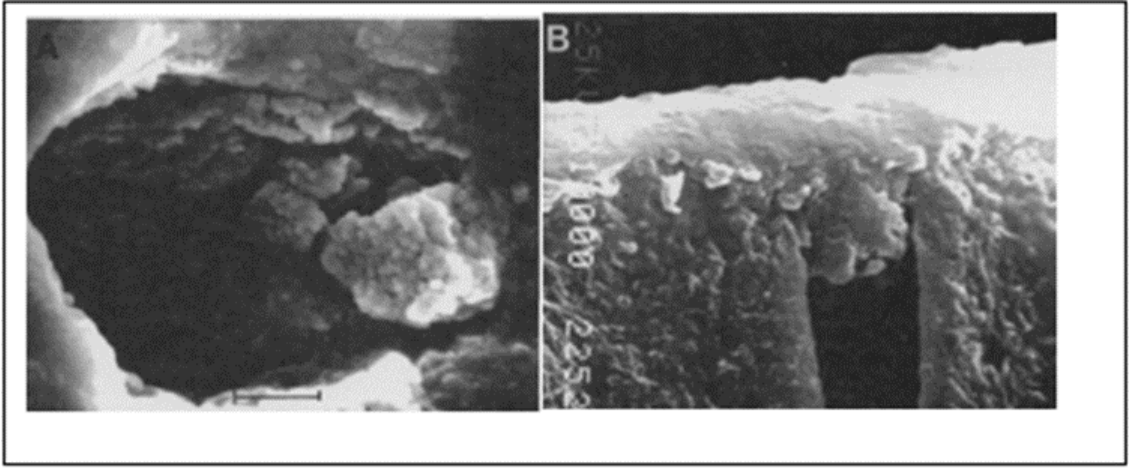


Resim 2. Polısajlanmış dentin örneğinin standart AFM topografik imaj görüntüsü; peritübüler, (homojen) ve intertübüler (heterojen) dentin görüntüsü [40].

2.2 Smear Tabakası

Smear tabakası, abrazyon, atrizyon, çürükler ve kavite preperasyonu işlemleri nedeniyle oluşan mikrokristalli bir debristir ve sıklıkla birkaç mikron (μm) kalınlığındadır. Bu debrıs tabakasına su, tükürük , kan ve bazen bakterilerin de eklenmesi ile smear tabakası denilen yapı oluşur ve kalınlığı 0.5-5 μ arasında kaydedilmiştir [53]. Smear tabakası açığa çıkmış veya kısmen açılmış dentin tübüllerinin yüzeyini kaplayarak içine doğru uzanır ve hem dentin hassasiyetini hem de geçirgenliği azaltan bir kapama sağlar [54]. Dış tübül açıklıklarının tıkanmasına, organik solid maddelerin yanı sıra mikroorganizmalar da katılabilir. Brannström, açığa çıkmış dentin yüzeyinde, dentin sıvısı ve tükürük içindeki maddelerin yardımı ile birkaç haftanın sonunda ince mineralize alanlar görülebildiğini ifade etmiştir. Bu durumun diş taşı oluşumu ve mine çürüklerinin remineralizasyonu ile benzerlik gösterdiğini, çok fazla asitli

gıdalar tüketildiğinde, sert fırçalama yapıldığında ve tükürük birleşenlerinde yetersizlik olduğunda bu ince mineralizasyon tabakasının oluşamayacağını belirtmiştir [55]. Böylelikle çeşitli uyaranlar karşısında dentin hassasiyeti görülebilmektedir. Hassasiyet şikâyeti olan dişlerde dentin yüzeyinde *smear* tabakasının daha ince olduğu, hassas olmayan dentine göre daha az kalsifiye olduğu [56] ve hassasiyet görülen alanlarda daha fazla sayıda ve daha geniş çapta dentin tübülleri bulunduğu, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) ile yapılan *in vitro* çalışmalarda gösterilmiştir [48, 56, 57].



Resim 3. Dentin tübüllerindeki smear tabakasının SEM görüntüsü [50].

2.3. Dentin Hassasiyeti

2.3.1 Dentin Hassasiyeti Tanımı

Dentin hassasiyeti herhangi bir dental defekt yada patolojiye bağlı olmaksızın tipik olarak termal, kimyasal, dokusal yada osmotik bir stimulusa bağlı olarak açığa çıkmış dentin yüzeyinde oluşan kısa süreli ,keskin, lokalize ağrı olarak tanımlanmaktadır [58]. Genellikle yetişkin popülasyonu etkileyen global bir ağız sağlığı sorunu olup lokalize yada yaygın şekilde eş zamanlı olarak bir veya daha fazla dişte görülebilir. Teşhisi koyarken 2 önemli faktör olup, ilki klinik durumu dikkatli bir şekilde röntgen destekli olarak değerlendirmektir.Ardından ayrıntılı bir muayene ile diğer patolojilerden ayırmak gereklidir [2].

Dentin hassasiyeti, günlük rutin hayatta dahi rahatsızlık vermenin yanında, ağrı hissi nedeniyle hastayı ilgili dişleri fırçalamaktan alıkoyarak ağız bakım işlemlerinin yerine getirilmesinde de güçlükler neden olmaktadır. Bu durum hastada ilave dental problemler oluşmasına yol açabilmektedir. DH'nin, hastaların yaşam kalitesini olumsuz etkilemesine son dönemde yapılan bazı araştırmalarda da dikkat çekilmiştir [59, 60]. Dolayısıyla DH, dişhekimliği klinik pratiğinde önemle ele alınması gereken bir durumdur [61, 62].

2.3.2 Dentin Hassasiyetinin Prevalansı

Günümüzde dentin hassasiyeti en sık karşılaşılan ve giderek artan bir problem haline gelmektedir. Bu durum özellikle gelişmiş ülkelerde kişisel ağız bakımına verilen önemin artmasıyla bireylerin kendi dişlerinin daha fazla ağızda kalmasına , diş kayıplarının azalmasına ve böylece dentin hassasiyeti şikayetleriyle karşı karşıya kalma riskinin artmasına bağlanmaktadır [63]. Dentin hassasiyeti oral hijyen alışkanlıkları , coğrafi farklılıklar, yaş, cinsiyet, meslek, çevre, beslenme alışkanlıkları gibi faktörlerden etkilenmektedir [64]. Genç nüfusun asidik gıdalardan zengin diyet eğiliminin olması sebebiyle, gelecekte DH prevalansında artış olması beklenmektedir[65] .

Dentin hassasiyetinin prevalans oranları kullanılan materyal ve teşhis yöntemleri , çalışılan popülasyon ve kullanılan metodolojiye bağlı olarak % 4- 74 oranında farklı sonuçlar göstermektedir (Tablo 1)[11, 63]. Dentin hassasiyetinin prevalansı periodontal hastalığı olan bireylerde % 72-98 oranında bildirilmiştir [66, 67]. Dentin hassasiyetinin genelde tedaviyi takip eden 8 hafta süresinde kademeli olarak azaldığı , bazen de aylarca yada yıllarca sürebildiği bildirilmiştir [68]. Periodontal hastalıkların yanında hatalı oral hijyen uygulamaları da diş eti çekilmesine ve dolayısıyla DH'e neden olmaktadır [69].

Dentin hassasiyetinin görüldüğü yaş aralığı 15 ile 70 arasında değişiklik göstermektedir. Genel olarak en yoğun hissedildiği yaşlar 20-40 yaş arasındır. Dişeti çekilmesi eşliğinde gözlenen DH genel olarak 30-40 yaş arasında ortaya çıkmaktadır [49]. DH yaşlı bireylerde kök dentininin açığa çıkmasına daha sık rastlanmasına rağmen genç bireylere kıyasla daha nadir görülmektedir. Sekonder dentin oluşumu, artmış tersiyer dentin oluşumu, dentin kanallarının mineral artıklarıyla tıkanması , tübül sayısında azalma gibi durumların yaşla birlikte artması; pulpanın hücresel, vasküler ve nöral kapasitesinin yaşla birlikte azalması;

dentinin geçirgenliğini azaltır ve dolayısıyla yaşlı bireylerde DH oluşumuna daha nadir rastlanır [6, 70].

Cinsiyet göz önünde bulundurulduğunda, istatistiksel olarak anlamlı bulunmasa da, kadınlarda erkeklere oranla daha fazla DH görülür. Bu farklılığın, bayanların dental hijyene daha fazla önem vermelerine, ağrıya karşı daha duyarlı davranmalarına ve diş hekimine daha sık başvurmalarına bağlanabileceği düşünülmüştür [7, 58, 62, 71].

Dentin hassasiyeti dişlerin daha çok bukkal yüzlerini etkilemektedir. Dentin hassasiyetinden en çok etkilenen dişler ise sırasıyla kaninler ve premolar dişlerdir. En az etkilenen dişler molar dişlerdir [72]. DH herhangi bir dişte herhangi bir yüzeyde de görülebilmektedir [73].



Tablo 1. Dentin hassasiyetinin prevalansı ile ilgili tüm dünyada yapılan epidemiyolojik çalışmalar [11]

Yazar	Ülke	Yapıldığı Yer	Çalışma Tipi	Denek Sayısı	Denek Özellikleri	Prevalans
Jensen	ABD	Üniversite	Klinik	3,000	Yetişkin	%30
Graf ve Galasse	İSVİÇRE	Muayehane	Klinik	351	7-69 yaş	% 15
Flynn ve ark.	İNGİLTERE	Eğitim Hastanesi	Anket ve Klinik	369	11-74 yaş	% 28(A) % 18 (K)
Fischer ve ark.	BREZİLYA	Dental klinik	Anket ve Klinik	635	13-87	%25 (A) %17(K)
Chabanski ve ark.	İNGİLTERE	Eğitim Hastanesi	Anket	507	Periodontoloji hastaları	% 84
Chabanski ve ark.	İNGİLTERE	Eğitim Hastanesi	Klinik	51	Periodontoloji hastaları	% 73-98
Liu ve ark.	TAYVAN	Eğitim Hastanesi	Anket ve Klinik	780	Yetişkin hastalar	%32 (A) %29 (K)
Rees	İNGİLTERE	Muayenehane	Klinik	3593	Yetişkin hastalar	%3,8
Taani ve Awartani	SUUDİ ARABİSTAN	Eğitim Hastanesi	Klinik	295	144 yetişkin hasta 151 periodontoloji hastası	%42 (non-perio) %60 perio
Rees ve Addy	İNGİLTERE	Muayenehane	Klinik	4841	Yetişkin hastalar	%4,1
Rees ve ark.	HONGKONG	Eğitim Hastanesi	Klinik	226	Periodontoloji hastaları	%68
Rees ve Addy	İNGİLTERE	Muayenehane	Klinik	5477	11-90 yaş	%2,8
Udoeye	NİJERYA	Eğitim Hastanesi	Klinik	220	Yetişkin hastalar	%16,3
Bamise ve ark.	NİJERYA	Eğitim Hastanesi	Klinik	2165	Yetişkin hastalar	%1,34

Yazar	Ülke	Yapıldığı Yer	Çalışma Tipi	Denek Sayısı	Denek Özellikleri	Prevalans
Ye ve ark.	ÇİN	Rastgele Araştırma Noktaları	Anket Ve Klinik	2120	Yetişkin popülasyon	%37,9 (A) %34,1 (K)
Dhaliwal ve ark.	HİNDİSTAN	5 köy	Anket Ve Klinik	1329	Genel popülasyon	%48,9 (A) %25(K)
Bahşi ve ark.	TÜRKİYE	Muayenehane	Klinik	1368	Hastalar	%5,3
Wang ve ark.	ÇİN	8 Bölge	Klinik	6843	Genel popülasyon	%34,5
Que ve ark.	ÇİN	Tek şehirdeki 6 merkez	Klinik	1023	Genel popülasyon	%27,1
Amarasena ve ark.	AVUSTRALYA	Özel klinik	Gözlem	12692	Yetişkin hastalar	%9,1
Kehua ve ark.	ÇİN	Tek şehirdeki 6 merkez	Klinik	1320	Genel Popülasyon	%25,5
Qu eve ark.	ÇİN	2 şehirdeki 2 merkez	Anket ve Klinik	2640	Genel Popülasyon	%41,7 (A) %25,5 (K)
Tengrungsun ve ark.	TAYLAND	Eğitim Hastanesi	Klinik	420	Yetişkin hastalar	%30,7
Irwin ve McCusker	İNGİLTERE	Muayenehane	Anket	250	Yetişkin hastalar	%57,2
Gillam ve ark.	İNGİLTERE	Muayenehane	Anket	277	Yetişkin hastalar	%52
Gillam ve ark.	İNGİLTERE/ G.KORE	Muayenehane	Anket	277(İ) 280(G.K)	Yetişkin hastalar	%52(İ) %55,4 (G.K)
Clayton ve ark.	İNGİLTERE	Hava Kuvvetleri	Anket	228	Askerler	%50
Chi ve Milgrom	ABD.	Toplum Sağlık Merkezi	Anket	45	Evsizler 14-28 yaş	%52,6

Yazar	Ülke	Yapıldığı Yer	Çalışma Tipi	Denek Sayısı	Denek Özellikleri	Prevalans
Çolak ve ark.	TÜRKİYE	Eğitim Hastanesi	Anket ve Klinik	1169	Yetişkin hastalar	% 7,6 (K)
Oderinu ve ark.	NİJERYA	Üniversite	Anket	387	Öğrenciler	% 33,8
Bamise ve ark.	NİJERYA	Üniversite	Anket	1019	Öğrenciler	% 68,4
West ve ark.	AVRUPA	Muayenehane	Anket ve Klinik	3187	18-35 yaş	%41,9

2.3.3. Dentin Hassasiyeti Oluşum Mekanizmaları

Mekanizması net olarak açıklanamamış ve seneler önce üzerinde çalışılmaya başlanmış olan DH, günümüzde de araştırmacıların ilgi odağıdır. DH'ne neden olan uyaranların, dentin sıvısının hareketine ve A-liflerinin aktivasyonuna neden olduğu bilinmektedir. Ancak dentine gelen bir uyarının pulpa-dentin sınırındaki duyuşal reseptörlere nasıl taşındığı tartışma konusudur. Bu konuyla ilgili üç teori ortaya atılmıştır. Bu teorilerden çoğunlukla kabul göreni Hidrodinamik Teori'dir [74]. Diğer iki teori ise bazı deneyler ve uygulamalar sonucu geçerliliğini yitirmiş gibi gözükmektedir. DH mekanizması ile ilgili literatür destekli 3 ana teori bulunmaktadır [75].

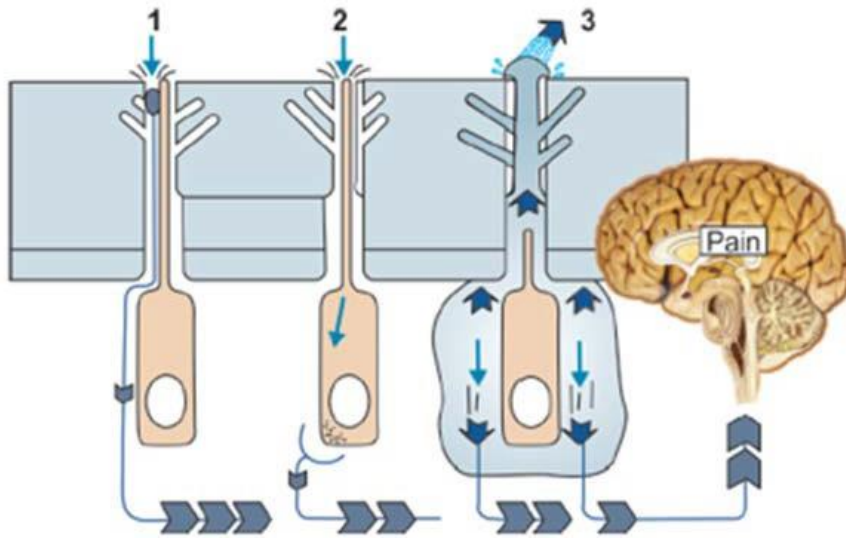
Nöral Teori

Bu teoriye göre dental işlemler sırasında açığa çıkan ısı, kullanılan kimyasal materyaller veya mekanik irritasyon sonucu oluşan titreşimler, dentin tübülleri içerisinde bulunan ve pulpa ile ilişkili sinir sonlanmalarının aktivasyonuna neden olurlar. Kök dentininin dış tabakaları içerisinde miyelinsiz sinir liflerinin varlığının gösterilmesi bu teoriyi desteklemiştir [76]. Fakat pulpal sinirler derin dentin tübüllerinin yaklaşık olarak %20'sine birkaç mikron kadar penetre olmaktadır [45, 77]. Dentinin dış tabakası en hassas kısım olup inerve olduğuna dair kanıt eksikliği vardır. Ayrıca ağrı uyarıcıları, örneğin bradikinin dentine uygulandığında dentinin lokal anesteziik solüsyonla yıkanmasının deriye uygulandığındaki gibi

ağrıyı önlemediği görülmüştür [78, 79] . Bu teori bu gibi nedenlerden ötürü günümüzde kabul görmemektedir.

Odontoblastik Transdüksiyon Teorisi

Bu teoriye göre odontoblastlar ağrı reseptörü olarak hareket ederek pulpal sinirlere sinyal gönderirler. Bu teori odontoblastların dallanma yapması ve dentin tübülleri içerisinde ki uzantılarının reseptör olarak görev alması esasına dayanır. Yine bu teoriye göre kimyasal ve mekanik uyarılar odontoblastik uzantılardan nörotransmitter salınımına neden olur. Ayrıca odontoblastik uzantılar sadece dentin tübüllerinde 0.7 µm kadar ilerler [80]. Diğer taraftan odontoblastik hücre tabakası hasar gördüğünde DH'nin devam ettiği görülmüştür [81]. Asetil kolin ve histamin gibi ağrı oluşturan maddeler dentine uygulandığında ağrıya neden olmazken pulpada ağrı oluşturmaktadır. Günümüzde odontoblastik uzantıların nörotransmitter saldıgına dair hiçbir kanıt bulunamamıştır. Odontoblastlar ve sinir terminalleri arasında hiçbir sinaps gösterilmemiştir [50]. Tüm bu gerekçeler nedeniyle bu teori kabul görmemiştir [75, 79].



Şekil 2. Dentin hassasiyeti teorileri. (1) Nöral teori: Dentine gelen uyarıların direk sinirlere iletilmesi (2) Odontoblastik transdüksiyon teorisi: Uyarıların odontoblastlar ve sinir sinapsları yolu ile iletilmesi (3) Hidrodinamik teori: Uyarıların dentin tübül sıvısında meydana getirdiği yer değiştirme sonucu sinirlerin uyarılması

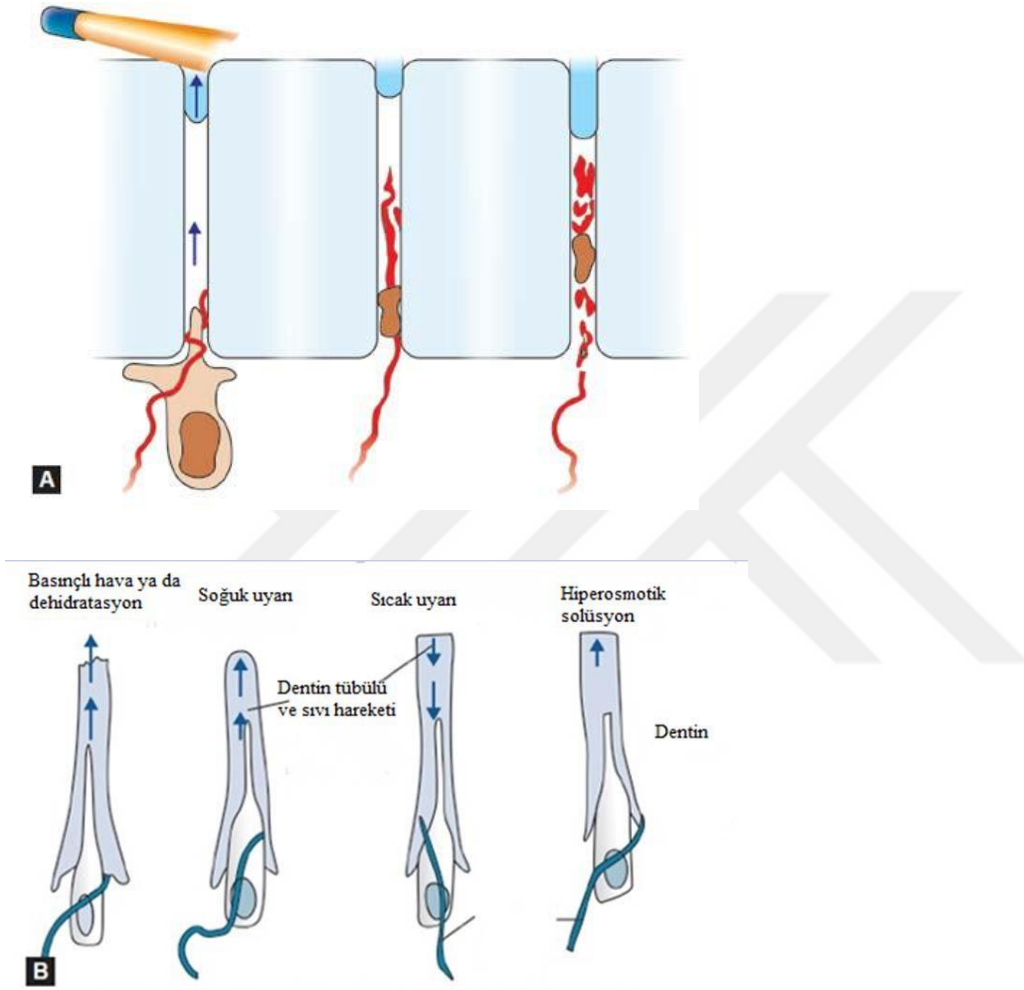
Hidrodinamik Teori

Dentin hassasiyetine neden olduğu düşünölen günümüzde de hala geçerli olan teori, Brannström ve ark. [5] tarafından geliştirilen dentin tübüllerindeki sıvı akışıyla ilgili olan hidrodinamik teoridir. Bu teoriye göre termal, fiziksel ya da ekspoze dentindeki ozmotik değışiklikler sonucu dentin tübüllerinde sıvı hareketi oluşmaktadır. Sıvı hareketinin baroreseptörleri uyarması da nöral salınıma yol açmaktadır. Bu süreç hidrodinamik teori ağırsı olarak adlandırılmaktadır [78]. Bu teori, bir uyarın sonrasında dentin tübülleri içindeki sıvının her iki yöne doğru hareket etmesi ve bu hareketin de pulpa-dentin sınırındaki duyusal sinirlerin aktivasyonuna neden olması temeline dayanır. Uyarınlar dentin içerisinde basınç oluşturur ve ayrı ayrı intradental sinirleri uyarırlar. Sıvı hareketinin pulpal sinirleri ne şekilde aktive ettiğı konusunda net bir mekanizma henüz tanımlanamamıştır. Yapılan hayvan deneylerinin sonucunda, uyarınlara karşı bir mekanoreseptör yanıtın oluştuğı ileri sürölmüştür[82]. Uyarının türüne göre pulpaya doğru ya da tersi yönde gerçekleşebilen tüböl içi sıvı hareketi; pulpa-dentin kompleksindeki sinir liflerinin mekanik deformasyonuna ve dolayısıyla uyarılmasına neden olmakta ve sonuçta ağırsı oluşmaktadır [82].

Pulpayı geniş myelinli A-delta ($A-\delta\delta$) ve A-beta ($A-\beta\beta$) sinir lifleri ile daha küçük boyuttaki miyelinsiz C sinir lifleri beslemektedir. DH'de hissedilen ağırsı duyusunun iletiminden sorumlu olan A lifleridir. A liflerinin tamamına yakını pulpanın koronal kısmının periferinde bulunur ve pulpa boynuzları bölgesinde yoğunlaşmışlardır. A lifleri; periferde konumlanmaları, uyarılabilirlik eşiklerinin düşük olması ve hızlı iletim sağlama özellikleri sayesinde, pulpal doku hasarı olmaksızın oluşan dış uyarınlara, hızlı başlayan ve kısa süren keskin bir yanıt verir. C lifleri ise uyarılabilirlik eşiklerinin yüksek olması nedeniyle; pulpal doku hasarı ve pulpal enflamasyon gibi durumlarla ilişkili olarak uyarırlar ve yavaş başlayan, künt ve rahatsız edici bir yanıt oluştururlar [75, 83].

Dentin tübülleri içerisindeki sıvının termal genişleme katsayısı tüböl duvarına oranla 10 kat daha fazladır [84]. Bu sebeple sıvının tübüller içinde oluşturduğı basınç uyarının iletilmesine neden olmaktadır. Soğuk gibi sıvının dışa hareketine neden olan uyarınlar, sıcak gibi içe hareketine neden olan uyarınlara göre çok daha şiddetli ve hızlı bir yanıtı neden olurlar. Hava ile kurutma da sıvının dışarı hareketine neden olurken, uzun süreli hava sıkmak dentin tübüllerinin içine doğru protein tıkaçlarının oluşmasına neden olur (Şekil 3.A) Böylece sıvı

hareketi azalarak ağrıyı azaltır. Ekspoze dentinin şeker veya tuzlu çözeltiler ile teması sonucu oluşan ağrı da sıvı hareketi ile açıklanabilir. Dentin sıvısı nispeten daha düşük ozmolariteye sahip olup yüksek ozmolarite de ki (tuzlu veya şekerli)solüsyonlara akma eğilimindedir [85] .



Şekil 3. A. Basınçlı hava uygulaması sonucu dentin sıvısı hareketi, B. Farklı uyarıların etkisi sonucu dentin sıvısı hareketi ile ağrı oluşumu

Tübül çapı hidrolik iletkenliği belirlemede anahtar faktör olarak kabul edilir ve tübül çapını azaltmak suretiyle dentinin geçirgenliği azaltılabilmektedir [68]. Poiseuille kanununa göre dentin tübülleri içindeki sıvı akış oranı, tübül çapının dördüncü kuvveti ile orantılı olduğundan; tübül çapının yarıya düşmesi, sıvı akış oranının 16 kat azalmasına neden olur. Bu durum, özellikle tübülleri daraltarak ya da tıkayarak etki göstermeyi amaçlayan tedavi yöntem ve materyalleri açısından önemlidir [86, 87].

Hassasiyet gösteren dişlerde hassasiyet görülmeyen dişlere oranla 8 kat daha fazla ve 2 kat daha geniş dentin tübülü bulunduğu ve tübüllerin çoğunlukla açık olduğu tespit edilmiştir [48]. Ayrıca hassas dentin yüzeylerindeki smear tabakası, hassas olmayan dentin yüzeylerindeki smear tabakasına oranla daha ince ve daha az kalsifiye niteliktedir [78]. Dentindeki açık ve geniş tübül sayısının artması; dentin boyunca sıvı geçirgenliğini, uyarı iletimini ve oluşacak ağrı cevabını da arttıracaktır [2] .

2.3.4. Dentin Hassasiyetinin Etiyolojisi

Dentin hassasiyeti multifaktöriyel olup mine veya sement kaybı ya da her ikisinin birlikte gerçekleşmesi, diş eti çekilmesi sonucunda dentin tübüllerinin açığa çıkması sonucu oluşmaktadır.

Dentin hassasiyeti oluşumunda iki önemli neden; sert doku kaybı [64] ya da yumuşak doku kaybı sonucu ekspoz olmuş açıkta kalmış, pulpaya doğru geçirgen hale gelmiş dentin tübül varlığıdır [88, 89].

Dentin hassasiyetinin en önemli sebeplerinden biri diş eti çekilmesidir. Diş eti çekilmesine yol açan birçok faktör vardır. Diş eti çekilmesinin temel nedenlerini,

- ✓ Yetersiz yapışık dişeti
- ✓ Belirgin kökler
- ✓ Hatalı, aşırı sert diş fırçalama,
- ✓ Dişeti çekilmesine neden olan hatalı oral alışkanlıklar: travmatik şekilde kürdan kullanımı, sert yiyecekler yenmesi
- ✓ Kullanılan fırça kıllarının sertliği, sayısı, fırçalama süresi, sıklığı
- ✓ Aşırı diş ipi kullanımı
- ✓ Spesifik hastalıklara bağlı ikincil görülen diş eti çekilmesi: Nug, periodontitis, herpetik gingivostomatit
- ✓ Hatalı kron preperasyonu
- ✓ Ortodontik tedavi şeklinde sıralayabiliriz. [49, 90]



Şekil 4. Dentin hassasiyeti oluşum nedenleri

Diş eti çekilmesinin önemli nedenlerinden biri de bukkal alveolar kemiğin anatomisidir. Bukkal diş etleri, alveolar kemikteki kan hücrelerinden beslenir ve bu bölgedeki kemik kaybı bukkal dişetinin kaybı ile ilişkilidir. Alveolar kemiğin ince, eksik olması veya hiç bulunmaması diş eti çekilmesi olasılığını arttırabilir. Aynı zamanda diş anatomisi veya dişin pozisyonu da alveolar kemik kalınlığını etkileyebilir. Yine aynı şekilde kontrolsüz yapılan ortodontik tedavilerde hatalı diş hareketlerine bağlı olarak diş eti çekilmesi gelişebilir [72, 90].

Düşük oral hijyen ve buna bağlı periodontal hastalık varlığı da periodontal dokuların kaybına ve kök yüzeyi açığa çıkmasına neden olmaktadır [91]. Periodontal tedavi supra ve subgingival diş taşları temizliği de bir miktar sement kaybına, dolayısıyla dentin hassasiyetine neden olabilmektedir [90].

Sert doku kaybı sonucu hassasiyet mine veya sement, bazen de her ikisinin birden kaybı sonucu oluşabilmektedir. Bu duruma atrizyon, abrazyon, abfraksiyon ve erozyon gibi

çürüksüz servikal lezyonlar (diş aşınmaları) neden olmaktadır. Doku kaybı atrizyon, abrazyon, erozyon ve abfraksiyondan sadece biri veya birkaçının kombinasyonu ile oluşabilmektedir.

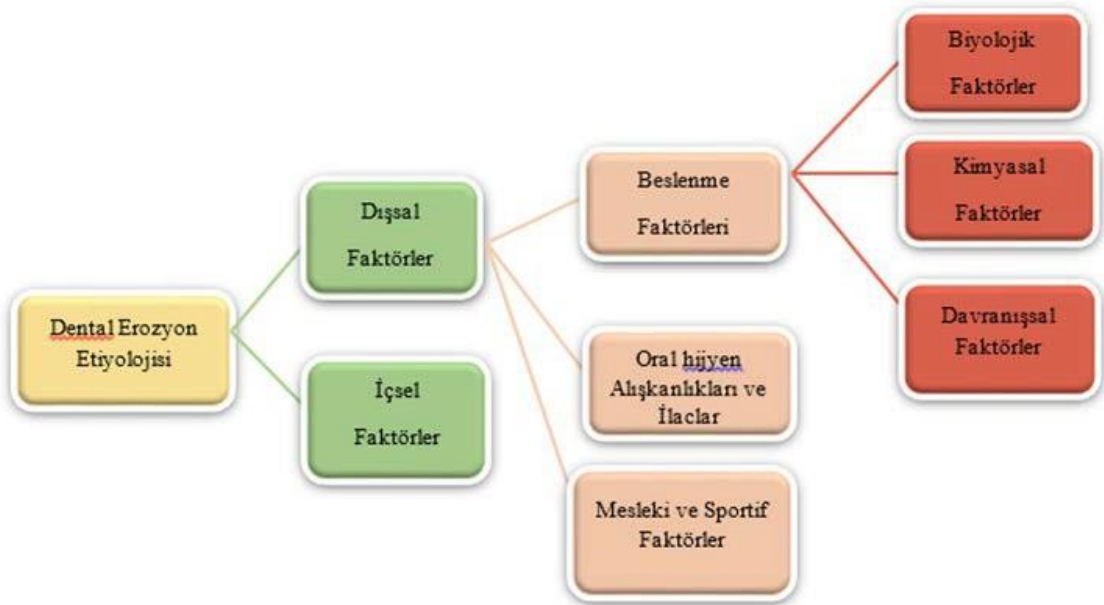
Atrizyon; okluzal ve aproksimal yüzeylerde diş diş temas sonucu oluşan, yabancı cisimlerin dahil olmadığı diş sert doku kaybı olarak tanımlanmaktadır. Ön bölge dişlerin kesici kenarlarında, arka dişlerin çiğneme kontakt yüzeylerinde yaşlanma ile birlikte fizyolojik olarak gerçekleşmekte, erken dönemde parlak küçük fasetler şeklinde izlenmektedir [92].

Abrazyon; ağız içinde dişlerle temas eden yabancı cisimlerin, abraziv etkenlerin ve anormal alışkanlıkların neden olduğu, patolojik diş sert doku kaybı olarak tanımlanmaktadır [93]. Pipo içme, çekirdek çitleme, tırnak yeme, saç teli ısırma gibi alışkanlıklar ön dişlerin kesici kenarlarında çentik şeklinde lezyonlar oluşmasına neden olmaktadır. Ara yüz aşınmaları hatalı diş ipi ya da kürdan kullanımına bağlı olarak gelişmektedir [94]. Servikal bölge abrazyonlarının en büyük nedeni aşırı sayıda ve güçlü diş fırçalama alışkanlığı olarak gösterilmektedir [95]. Diş macunları içerdikleri aşındırıcılarla smear tabakasını uzaklaştırıp bu lezyonlara sebep olmaktadır. Dental arktaki pozisyonları nedeniyle bu durumdan en çok kanin ve premolarlar etkilenmektedir [2]. Aşırı ve hatalı diş fırçalama tekniği bu lezyonların gelişimini açıklarken bazı lezyonlar fırçalama kuvvetlerine maruz kalmayan subgingival alanda lokalize olur. Bu vakalarda mine ve dentin kaybıyla ilişkili bu durum nedeninin abfraksiyon olduğu düşünülmektedir [96].

Abfraksiyon; dişe, aksı dışında uygulanan eksantirik kuvvetlerin etkisi ile mine- sement sınırında mikroçatlakların oluşması ile meydana gelen; servikal bölgede keskin kenarlı, V şeklinde kama defektleri olarak görülen, dişin patolojik sert doku kaybıdır. Zayıflayan bu bölgenin, erozyon ve abrazyona hassas hale geldiği belirtilmektedir. Abfraksiyon, mine ve dentin içinde mikro çatlakların dolayısıyla çekme veya gerilme kuvvetlerinin sebep olduğu fiziksel aşınmadır [97]. Aynı zamanda servikal bölgede Hunter Schreger-bantlarının eksikliğinin abfraksiyon gelişimine katkıda bulunduğu öne sürülmüştür [98].

Dental Erozyon

Herhangi bir bakteriyel etken olmaksızın kimyasal etkenler yolu ile meydana gelen diş sert doku kaybı olarak tanımlanmaktadır. Dişlerin patolojik, kronik, multifaktöriyel, geri dönüşümsüz, kronik, lokalize sert doku kayıpları olarak da tanımlanmaktadır [93, 99]. Ağız pH'sı diş minesinin kritik pH değeri olan 5,5'in altına düşerse, asit ataklarının süresi ve sıklığına bağlı olarak erozyon gerçekleşmektedir [92].



Şekil 5. Dental erozyon etiolojisi

Dentin hassasiyetinin başlaması ve ilerlemesinde eroziv maddelerin etkili olduğu bilinmektedir. Eroziv maddeler, mine ve dentinde smear tabakasını kaldırarak, dentin tübüllerini açmaktadırlar [9, 78]. Lussi ve ark. nın yaptığı en güncel sınıflamaya göre etkenlerini içsel ve dışsal faktörler olmak üzere 2 ana başlıkta inceleyebiliriz (Şekil 5)[100]. Dış kaynaklı erozyon; diyet, oral hijyen alışkanlıkları ve ilaçlar, mesleki faktörler, çevresel nedenlere bağlı olarak oluşmaktadır. İç kaynaklı erozyon ise dişlerin mide asidine maruz kalması sonucunda oluşmaktadır. Diyet erozyonuna neden olan içecek ve yiyecekler arasında; turunçgiller, şarap, sirke, meyve suyu, turşu, gazlı içecekler yer alır. Kırmızı ve beyaz şarap,

narenciye suyu, elma suyu ve yoğurdun, dentin smear tabakasını birkaç dakika içinde hızlıca çözebildiği bildirilmiştir. Akü üretim tesisinde çalışmak, şarap tadımı yapmak gibi mesleksi (çevresel) faktörler de erozyona neden olmaktadır [9, 78]. İç kaynaklı asit içeren eroziv ajanlar; çoğunlukla yeme bozukluğu olan hastalarda reflü ya da gastrointestinal regürjitasyon yoluyla ağız ortamına ulaşırlar. Altta yatan hastalığın tedavisi için bir uzman doktor ile konsültasyon gereklidir [78, 86].

Erozyonun Lokalizasyonu

Rol oynayan asidin dış kaynaklı ya da iç kaynaklı olmasına göre, lezyonun lokalizasyonu da değişmektedir. Örneğin; dış kaynaklı erozyon ağırlıklı olarak labial ve okluzal yüzeylerde görülürken; iç kaynaklı erozyon ise üst çenedeki dişlerin palatinal ve okluzal yüzeyleri ile alt çene molar ve premolarların bukkal ve okluzal yüzeylerinde görülmektedir [101]. (Resim 4)

Erozyonun Klinik Görünümü

Erozyonun lokalizasyonundaki farklılıklardan dolayı, diş hekimi için erozyonun teşhisinde en önemli özellik, mevcut olan klinik görüntüdür [99].

Fasiyal ve lingual/palatinal bölgelerde tipik erozyon görüntüsü; gingival marjin boyunca bütünlüğü bozulmamış mine ile birlikte perikimataların kaybolduğu bazen mat bazen de düz parlak bir mine yüzeyidir. Diş etine yakın bölgede minenin bütünlüğünün bozulmamasının sebebi o bölgelerde plak birikiminin ve diş eti oluşu sıvısının asidi nötralize edici etkisinin olması olarak gösterilmektedir. Bu plak birikintisi asitlere karşı difüzyon bariyeri oluşturmaktadır. Eroziv lezyon ilerlediğinde, mine yüzeyinde bir takım değişiklikler meydana gelebilmektedir. Minede, genişliği derinliğinden fazla olan konkaviteler oluşmaktadır. Fasiyal erozyon kama şekilli defekttten ayırt edilmelidir. Kama şekilli defekt, mine-sement sınırında veya sınırın apikalinde bulunmaktadır. Sivri kenarları vardır, mine yüzeyini 90° derece açıyla keser ve bu lezyonların derinliği genişliğinden büyüktür [102, 103]. Eroziv lezyonlar mine-sement sınırının koranalinde, koronal sınırı düzensiz, genişliği derinliğinden fazla lezyonlardır [104].

Okluzal eroziv lezyonlarda ise kasp tepeleri yuvarlaklaşmış, restorasyonlar diş yüzeyi seviyesinden yükselmiştir. Hatta çok şiddetli lezyonlarda, okluzal morfoloji kaybolmakta ve pulpa ekspozları görülebilmektedir [102, 103, 105]. Okluzal yüzeydeki erozyonun atrizyon ile ayırıcı tanısı; atrizyondaki diş yüzeyinin genellikle parlak, kenarlarının belirgin ve bu özelliklerin karşıt dişte de bulunması ile yapılmaktadır [106].



Resim 4. Erozyonun klinik görünümü [100]

Erozyon, ağızda görülen diğer patolojiler gibi erken teşhis edildiğinde sadece koruyucu önlemler ile de tedavi edilebilmektedir. Erozyon oluşumuna neden olabilen etkenlerin ortadan kaldırılmasıyla yeni lezyon oluşumu ve/veya var olan lezyonların ilerlemesi durdurulabilmektedir. Bu amaçla, son yıllarda florürün değişik formülasyonları [107, 108] , kalsiyum fosfat içerikli ajanlar [109] ve lazer [110, 111] gibi farklı tedavi seçenekleri kullanılarak erozyonun önlenmesi, diş sert dokusunun asit ataklarına karşı daha dirençli hale gelmesindeki etkilerini in vitro göstermeye yönelik birçok çalışma yapılmıştır. Halen bu yönde araştırmalar devam etmektedir.

2.3.5. Dentin Hassasiyetinin Teşhisi ve Ayırıcı Tanısı

DH teşhisi; ancak ağrıya neden olabilecek diğer tüm nedenler elimine edildikten ve ayırıcı teşhis yapıldıktan sonra konulabilir. Diğer kısa, keskin dentinal ağrı durumları olarak çatlak dişler, kırık dişler, çürük, pulpitis, palatogingival oluk, başarısız restorasyonlardaki marjinal sızıntı, beyazlatma tedavisi sonrası hassasiyet, travmatik oklüzyon sonucu uyumu bozulan restorasyonlar gibi pek çok durum gösterilebilir [11, 78].

Klinik muayenede, dişlerdeki hassasiyetin derecesini tespit etmek amacıyla; ilgili diş yüzeyine hava uygulanması (buharlaştırıcı uyaran), sond gezdirilmesi (dokunsal uyaran), soğuk uygulanması, hipertonic çözelti emdirilmiş pamuk pelet bekletilmesi (ozmotik uyaran) gibi uygulamalarla ağrı uyaranları taklit edilir. Ağrının derecesi; hafif, orta, şiddetli ağrı şeklinde kalitatif parametrelerle ya da görsel analog skalası (VAS) kullanılarak kantitatif parametrelerle belirlenebilir. Ayrıca, palpasyon (pulpal ya da periodontal nedenlerin tespitinde), tahta çubuk/pamuk rulo ısırma testi ve transillüminasyon (çatlak diş ya da kırık tespitinde) gibi diagnostik testler de ayırıcı teşhiste yardımcıdır [86, 112]. Dentin hassasiyeti teşhisinde dikkat edilecek bazı noktalar şöyledir;

- Dentin hassasiyeti ağrısı hastanın dişini çok iyi lokalize edebilmesiyle pulpal ağrıdan ayrılır.
- Pulpal ağrı daha şiddetli, aralıklı, patlayıcı, zonklar tarzda olmaktadır.
- Dentin hassasiyeti durumunda ağrı uyarandan (stimulusdan) uzun sürmez.
- Ağrı; sıcak, soğuk, tatlı, ekşi ile yoğunlaşır.

2.3.6. Dentin Hassasiyetinin Tedavisi

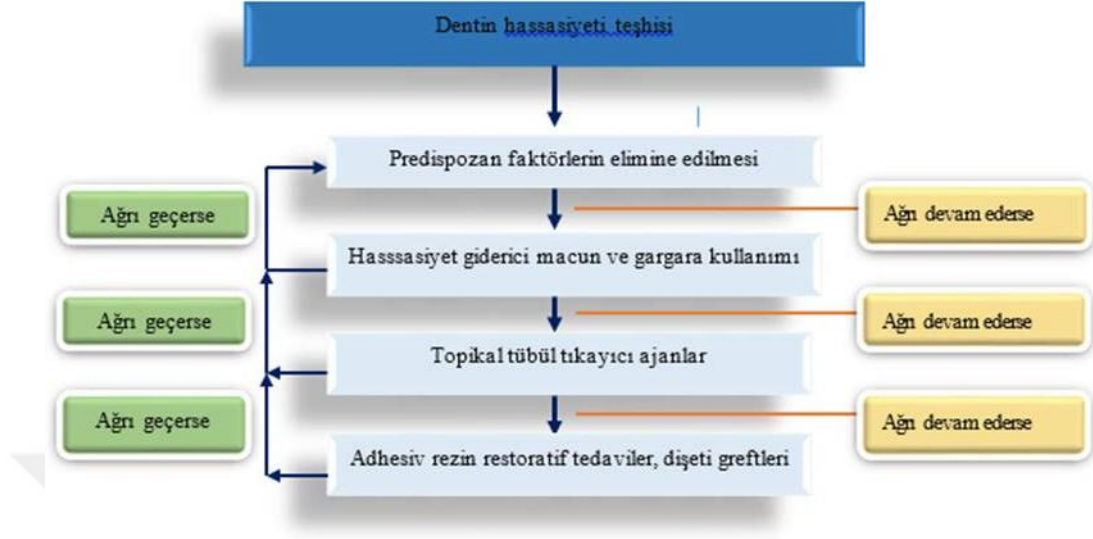
Öncelikle etkin tedavi rejimlerinin belirlenebilmesi ve uygulanacak tedavinin kalıcılığı için iyi bir klinik muayene ve etyolojik değerlendirme şarttır. Tedavi planı belirlenirken dikkate almamız gerekenler şu şekilde olacaktır;

- ✓ Alınan doğru anamnez ve doğru klinik muayene ile desteklenmiş doğru teşhis
- ✓ Uygun tedavi metodunun belirlenebilmesi için ayırıcı teşhis doğru yapılmalı, ağrıya neden olan ek faktörler varsa belirlenip planlamaya dahil edilmeli

- ✓ Etiyolojik ve predispozan faktörler belirlenerek özellikle diet ve oral hijyen alışkanlıklarına bağlı erozyon, abrazyon, dişeti çekilmesi değerlendirilmelidir. Ayrıca hastada yeme bozukluğu, bulimia, kusma gibi durumlardan kaynaklı erozyon tespit edilmiş ise uzman hekim desteği de alınmalıdır.
- ✓ Etiyolojik faktörlerin oral hijyen ve diyet motivasyonu ile eliminasyonu, azaltılması veya modifiye edilmesi sağlanmalıdır.
- ✓ Tüm bu faktörler dikkate alınarak bireysel kişiye özel tedavi planlamaları yapılmalıdır [11].

Dentin hassasiyeti tedavileri, koruyucu ve iyileştirici tedaviler olarak iki ana başlıkta incelenebilir. Koruyucu tedaviler; hassasiyet oluşumunda etkili olan risklerin ve etiolojik faktörlerin azaltılmasını, oral hijyen eğitimi, oklüzyon ve diyet düzenlemelerini kapsar [75]. Terapötik tedavi yöntemleri ise; uygulanma şekillerine göre, evde hasta tarafından uygulanan ve klinikte dişhekimi tarafından uygulanan (profesyonel) tedaviler olmak üzere 2'ye ayrılır. Evde hasta tarafından uygulanan tedavilerde, reçetesiz satılan ve nispeten ekonomik ürünler kullanılmaktadır [113]. Erişim kolaylığı yanında [2] hassasiyet azaltıcı etki gösterebilmeleri için yaklaşık 2-4 hafta süreyle düzenli kullanım gerektirmeleri, klinik etkilerinin yavaş başlaması, belirli bölgelerde uygulama güçlüğü gibi dezavantajları vardır [62, 114, 115]. Profesyonel tedaviler daha güçlü tedaviler olup etkisi hemen hissedilmekte fakat bir sonra ki randevuya kadar azalmaktadır [2].

Tedavi yöntemine karar verilmesinde hassasiyetin şiddeti ve etkilenen diş sayısı belirleyici bir faktördür [116]. Hafif-orta şiddette ve yaygın diş hassasiyetlerinde ilk tedavi seçeneği evde uygulanan tedaviler (yumuşak kıllı diş fırçaları ile birlikte kullanılan hassasiyet giderici diş macunları, gargaralar vb.) olmalıdır. Şayet hastaya evde başlatılan tedavide 2-4 hafta sonunda ağrıda rahatlama ve azalma olmadığında, klinikte dişhekimi tarafından uygulanan tedavi ile devam edilmelidir [78, 86]. 2-3 diş ilgilendiren lokalize ve daha şiddetli hassasiyetlerde ise ilk seçenek olarak dişhekimi tarafından klinikte uygulanan tedavilere başlanmalı [86, 116] ve öncelikle invaziv olmayan topikal hassasiyet giderici, rezin, vernik gibi uygulamalar tercih edilmelidir [62, 63].



Şekil 6. Dentin hassasiyeti tedavi protokolü. [2]

Grossman' a göre iyi başarılı bir hassasiyet giderici ajanının taşıması gereken günümüzde de geçerliliğini koruyan özellikler şunlardır [117];

- Etkisi hemen başlamalı, ağrıyı hemen dindirebilmeli
- Etkinliği uzun sürmeli, kalıcı olmalı
- Ağrısız ve kolay uygulanabilir olmalı
- Dişleri boyamamalı
- Pulpaya zarar vermemeli
- Hasta tarafından kolay tolere edilebilmeli
- Pahalı olmamalıdır.

Dentin hassasiyeti tedavilerinin temel amacı ;

- ✓ Duyu sinirlerinin stabilizasyonu ya da desensitizasyonu ile uyarana karşı cevabının değiştirilmesi
- ✓ Dentin tübüllerinin tıkanması, çaplarının daraltılması ile sıvı hareketinin bloklanması

Tablo 2. Dentin hassasiyeti tedavi stratejileri

Dentin hassasiyeti tedavi stratejileri

1. Sinirin Duyarsızlaştırılması:

Potasyum Nitrat

2. Anti-enflamatuvar Ajanlar:

Kortikosteroidler

3. Dentin Tübüllerinin Tıkanması veya Örtülmesi:

3.1. Dentin tübüllerinin tıkanması

3.1.1 İyonlar/Tuzlar

- Kalsiyum hidroksit
- Ferröz oksit
- Potasyum oksalat
- Sodyum monofluorofosfat
- Sodyum florit
- Sodyum florit-Stannöz florit kombinasyonu
- Stannöz florit
- Stronsiyum klorid
- Bioaktif camlar

3.1.2 Protein Çökelticileri

- Gluteraldehid
- Formaldehid
- Gümüş nitrat
- Stronsiyum klorid heksahidrat
- Pro-Argin
- Bioactive Glass

3.1.3 Kazein Fosfopeptitler

3.1.4 Parlatmak (Burnishing)

3.1.5 Florit İyontoforezi

3.2. Dentin Örtücüler (Restoratif Materyaller)

- Cam iyonomer simanlar
- Kompozitler
- Resinler
- Vernikler ve Jeller
- Örtücüler

3.3. Lazerler

- He-Ne
- GaALAs
- Nd:YAG
- CO₂
- Er:YAG
- Er.Cr:YSGG

3.4. Periodontal Plastik Cerrahi Uygulamaları

4. Kombine Uygulamalar

Dentin hassasiyeti tedavi stratejileri

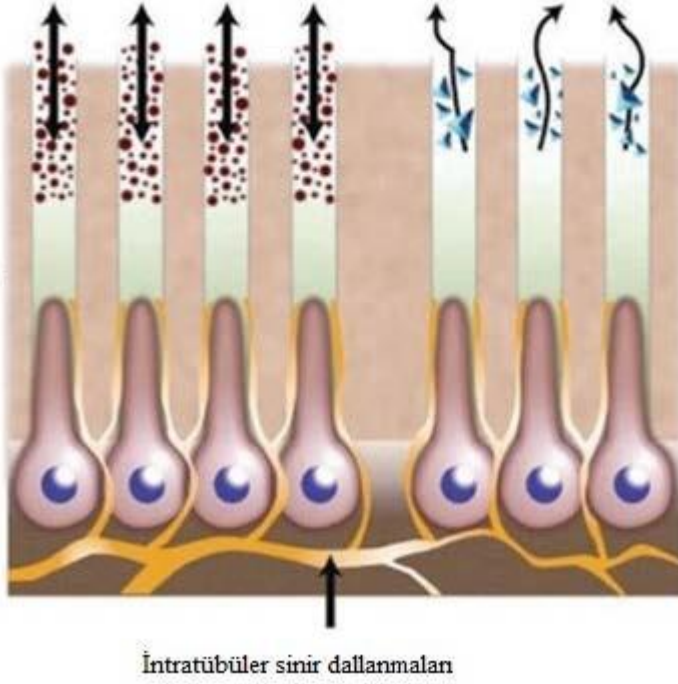
Sinir duyarsızlaştırılması

Potasyum Nitrat

Sinirler üzerinde direkt etkili olan potasyum tuzları anestezinin keşfinden önce ağrıyı azaltmada kullanılmaktaydı. 1974 yılında Hodosh potasyum nitratın (KNO_3) %1-15 içerikli solüsyon ve %10 içerikli macunlarının dentin hassasiyeti tedavisinde oldukça etkili olduğunu belirtmiştir [2, 118]. Yüksek miktarlarda uygulanan potasyum iyonları ekstraselüler potasyum konsantrasyonunu arttırmaktadır. Böylece sinir membranları depolarize olmakta sinirlerin uyarılmasını takiben aksiyon potansiyeli yayılımında da bir blokaj oluşmaktadır. Bu ileti engelinin potasyum iyonlarının depolarizasyonu sonucu oluştuğu gösterilmiştir. Potasyumun bu etkinliğini gösterebilmesi, interdental sinirleri inaktive etmesi için 8 mM lik konsantrasyonun gerekliliği de bildirilmiştir [2, 119]. Ancak Poulsen tarafından yapılan sistematik derlemede, potasyum içerikli macunların dentin hassasiyetinin giderilmesinde kullanımını destekleyen kanıtların yeterli olmadığı belirtilmiştir [120].

K+ iyonu ile açık dentin
tübüllerinin stabilizasyonu

Parsiyel tübül tıkkama ile açık dentin
tübüllerinin desensitizasyonu



Şekil 7. Dentin hassasiyeti tedavisi

Antiinflatuar ajanlar

Kortikosteroidler

Antiinflatuar etkili kortikosteroidlerin; peritübüler dentin mineralizasyonunu arttırıp tübül lümenini daraltarak dentin hassasiyetini azalttığı belirtilmiştir [121]. Klinik uygulamalardaki geçerliliği hala kanıtlanamamıştır [63].

Dentin Tübüllerini Kapatan ve Tıkayan Ajanlar

İyonlar, Tuzlar

-Kalsiyum Hidroksit, Kalsiyum Fosfat

Kalsiyum hidroksit içerikli hassasiyet giderici ajanların, peritübüler dentin mineralizasyonu ve sekonder dentin üretimini uyararak etki ettiği düşünülmektedir. Kalsiyum iyonlarıyla protein yapı çözülmekte ve mineralizasyonun artmasıyla dentin tübülleri tıkanmaktadır [122]. Dentin hassasiyet ağrısında hızlı bir azalma sağlaması avantajının yanında , tekrarlayan uygulamalar gerektirmesi dezavantajdır [123]. Gingival dokuları irrite edici etkisi olduğu düşünülmektedir[63].

Dentin dokusunun ana organik bileşiklerinden kalsiyum fosfatın, tübül çapından bağımsız bir şekilde tübülleri tıkadığı bildirilmiştir [124]. Kalsiyum fosfat bileşiklerinden amorf kalsiyum fosfat (ACP) hızlı bir şekilde hidroksiapatit kristallerine dönüşerek açık dentin tübüllerini tıkamaktadır [125].

-Oksalat Bileşikleri

Dentin hassasiyeti tedavisinde potasyum oksalat, ferrik oksalat, alüminyum oksalat gibi çeşitli oksalat bileşikleri kullanılmaktadır. Genellikle dentin yüzeyine ovuşturma suretiyle uygulanan oksalat bileşikleri, dentin tübüllerine penetre olarak dentindeki kalsiyum iyonlarıyla reaksiyona girer ve çözünmez kalsiyum oksalat kristalleri oluşturur. Oksalatların dentin geçirgenliğini azaltmada ve DH'ni gidermede etkili olduğunu bildiren çok sayıda çalışma bulunmakla birlikte [126, 127] ; tübüllerin içerisinde oluşan kristallerin zamanla çözünmesine bağlı olarak hassasiyetin geri dönebildiğini bildiren çalışmalar da bulunmaktadır [128, 129].

-Florit Bileşikleri

Floridin hassasiyet giderici olarak kullanılabilmesi ilk kez 1941 yılında Lukomsky tarafından gündeme gelmiştir [130]. Bu görüş 1943 yılında Hoyt ve Bibby tarafından yapılan çalışmalarla da desteklenmiştir [131]. Food and Drug Administration (FDA) tarafından 1992

de % 5 lik potasyum nitrat ve florür içeren macunlar en güvenilir katagori I sınıfında tanımlanmıştır. Floridin hassasiyeti giderme amacıyla uygulanması; genellikle diş macunu, gargara, jel, vernik gibi taşıyıcılar aracılığıyla olmaktadır [132]. Günümüzde pek çok ülkede topikal jel uygulamalarının yerini verniklerin aldığı bildirilmiştir [133].

Sodyum florid (NaF); DH tedavisinde en çok kullanılan tedavi ajanlarından biridir [116, 134]. NaF uygulaması sonucunda oluşan CaF_2 kristallerinin, dentin kanallarını mekanik olarak tıkadığı, kanal çaplarını daralttığı ve uyarı iletimini durdurduğu bildirilmiştir [126]. Ancak çökelen kalsiyum florit kristal boyutları küçük olması sebebiyle (yaklaşık 0,05 μm) dentin tübüllerinin tıkanmasının tek bir uygulama ile sağlanamayacağı ve çoklu uygulamalar yapmak gerekliliği bildirilmiştir [135]. Ayrıca % 2 konsantrasyonda NaF içerikli topikal jelin formülasyonuna asit eklenmiş ve bu şekilde ortaya çıkan asidüle sodyum florid uygulamasıyla, dentin tübüllerinin daha derininde çökelti oluşturabilmek amaçlanmıştır [78]. Bu formülasyonlar dışında florun cila içerisine katılarak diş yüzeyine tutunma süresini arttırmaya, etkisini uzatmaya yönelik çalışmalar da yapılmıştır [135]. Kumar ve Mehta, %5'lik NaF cilası uygulamasının dişlerin %33'ünde hassasiyeti hemen azalttığını belirtmişlerdir [23].

Floridin yavaş ve devamlı surette salınmasını sağlayarak etkinliğini ve kalıcılığını arttırabilmek amacıyla florid vernikler geliştirilmiştir. Vernikler, diş yapısına geçici olarak bağlanan doğal rezin esaslı taşıyıcılardır ve aktif içerik olarak genellikle % 5 NaF içerirler. Aynı zamanda ekonomik ve uygulanması kolay ürünlerdir [136]. Florid, organik bir solventte çözünmüş durumdadır. Diş yüzeyini örtecek şekilde ince bir tabaka halinde uygulamayı takiben bu solvent buharlaşır. Diş yüzeyinde kalan vernik, dentin tübül ağzlarını mekanik bir bariyer gibi örtmektedir. Dentin tübülleri içerisine yüksek konsantrasyonda florid iyonu salınması sonucu fluoroapatit ve CaF_2 formasyonu gerçekleşmektedir [132]. Bu şekilde florid içerikli verniklerin, semptomları gidermede haftalarca hatta 6 ay kadar etkili olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır [137]. Florid vernikler, akut toksik reaksiyonlar ve florozis açısından emniyetli ürünler olarak kabul edilmişlerdir [136]. Ancak diş yüzeyinde geçici süreyle renklenme yaratmaları dezavantajlarıdır [137].

Protein Cökelticiler

-Gluteraldehit

Proteinlerin çökmesine bağlı olarak tübüllerin içinde lamel şeklinde yapılar oluşmakta ve bu şekilde dentin tübüllerinin fonksiyonel çapı ve tübül içindeki sıvı akışı azalmaktadır [138]. Araştırmalar gluteraldehitin dentin hassasiyetini %5 ve % 27 arasında azalttığını göstermiştir [139]. % 5 gluteraldehit ve % 35 hidroksi etil metakrilat (HEMA) içeren “Gluma” hassasiyet gidericinin; hassasiyet semptomlarını ve dentin geçirgenliğini azaltmadaki etkisi, birçok klinik ve laboratuvar çalışması ile bildirilmiştir [58, 140, 141].

Doku fiksasyonuna neden oldukları bilinen gluteraldehitin dikkatli kullanılması ve dişeti ile temasından kaçınılması önerilmektedir [63].

-Formaldehit

Çok güçlü doku fiksatifleri oldukları için kullanımları aşırı dikkat gerektirmektedir ve dişeti dokularına temas edilmediğinden emin olunmalıdır [63]. Dentin hassasiyetini azaltıcı etkisi ile ilgili olarak literatürde; tek başına ya da tükürük içinde formaldehit solüsyon uygulamasının dentin tübüllerinde bir etki yaratmadığı bildirilmiştir [142].

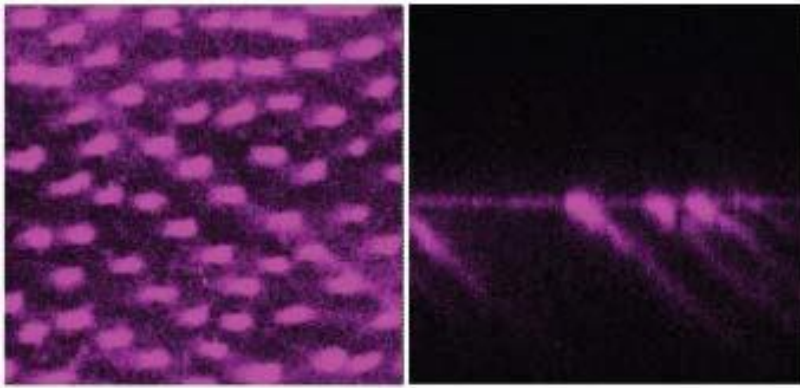
-Arginin ve Kalsiyum Karbonat İçeren Hassasiyet Patı

Tükürük doğal yollarla dentin hassasiyetinin azalmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bunu içerisindeki glukoproteinler ile birlikte kalsiyum fosfattan bir tortunun oluşması, azar azar tübül girişlerine çökmesi ve yüzeyde koruyucu bir tabaka oluşması ile sağlamaktadır [143].

Bu hassasiyet giderici ajan tükürüğün dentin duyarlılığını azaltıcı doğal etkisi taklit edilerek geliştirilmiş biyolojik bir yaklaşımın ürünüdür. Kleinberg ve ark.'ı (2002) tarafından ev ve ofis kullanımı için %8 arginin ve kalsiyum karbonat içerikli Pro-Argin™ adlı teknolojiyle uygulamaya sunulmuştur [143]. Diğer ajanlara kıyasla 2 önemli özelliğe sahiptir. Bunlardan ilki içeriğindeki ana birleşenler olan arginin ve kalsiyumun doğal olarak tükürükte yer alması, ikincisi de arginin ve kalsiyum karbonatın beraber çalışarak dentin yüzeyinde ve dentin tübüllerinin içerisinde, kalsiyum fosfat içerikli dentin benzeri bir mineral yapıya sahip

koruyucu bir tabaka oluşturmaktadır[143, 144]. Pozitif yüklü arginin, negatif yüklü dentin yüzeyine bağlanarak ve beraberinde kalsiyum ile fosfat iyonlarını da taşıyarak dentin tübüllerinde hızlı bir tıkaç oluşturmaktadır[143].

Petrou ve ark.'ı tarafından yapılan in vitro çalışmada bu ajanın tübülleri kapamada ki etkinliği, dentin tıkaçının içeriği, tıkaçın asit ataklara karşı direnci incelenmiştir. Arginin, kalsiyum, fosfat ve karbonat içerikli bir tıkaçın oluştuğu ve argininin buradaki rolünün kalsiyum karbonatı açık dentin tübüllerine yönlendirmek olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca burada oluşan tıkaçın asit saldırısına dirençli olduğu belirtilmiştir[144]. Lazer taramalı konfokal mikroskop ile yansıma ve floresan olmak üzere 2 ayrı şekilde yapılan incelemelerde, tübüllerin tam olarak tıklandığı ve hassasiyet patınının tübül içine penetrasyonun gerçekleştiği bildirilmiştir (Resim 5)[144]. Arginin içeren diş bakım ürünleri topikal olarak uygulandığında anında rahatlama sağlayabilmektedirler [145].



Resim 5. Taramalı konfokal lazer mikroskop görüntüsü, Floresan mod, dikey kesit, dentin tübüllerinde %8 arginin ve kalsiyum karbonat içerikli hassasiyet patı penetrasyonu a) yatay kesitedentın tübül ağızlarının tamamıyla tıkaçlandığı, b) dikey kesitte dentin tübüllerinin içinde pat varlığı görülmektedir.

-Bioaktif Camlar

Kemik tamiri ve rejenerasyon materyali olarak geliştirilen bioaktif camlar yüksek derecede biouyumlu materyallerdir [146]. Dentin hassasiyeti tedavisindeki etkisi hidroksikarbonat apatitlerin çökmesiyle dentin tübüllerinin tıkanmasıdır. Ticari adıyla Novamin (Dentsply, USA) olarak bilinen bioaktif camın içeriğinde; % 25 sodyum, % 25

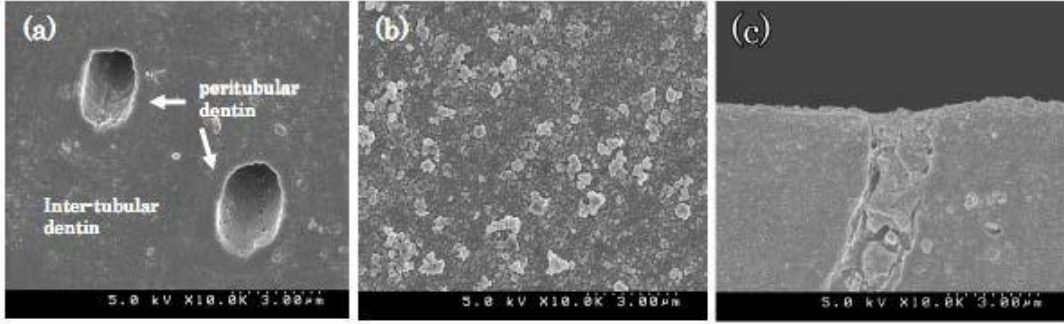
kalsiyum, % 6-8 fosfat ve geri kalanı silikadan oluşan kalsiyum-sodyum-fosfosilikat bulunmaktadır.

Novamin partikülleri tükürük, su ya da vücut sıvıları ile temas ettiklerinde, ortama hızlıca Na^+ , Ca^{+2} ve PO_4^{-3} iyonları salınmaktadır. Na iyonları, hidrojen katyonları ile (H^+ ya da H_3O) değişimi Ca^{+2} ve PO_4^{-3} salınımını başlatır. Salınım ortamda sıvı bulunduğu sürece devam eder. Na^+ iyonlarının salınımı, ortamın pH'ında lokalize ve geçici bir artış sağlar. Bu şekilde novaminden salınan Ca^{+2} ve PO_4^{-3} iyonlarının çökmesi ve sonuçta kalsiyum fosfat oluşumu kolaylaşmaktadır[147]. Bu reaksiyonlar devam ettikçe dentin ve minedekine benzer hidroksikarbonat apatit (HCA) tabaka oluşmaktadır. Böylece Novamin partikülleri; hem tübüleri direkt tıkayarak hem de ortama HCA oluşturan iyonları salarak indirekt şekilde dentin geçirgenliğinin azalmasını sağlamaktadırlar [148, 149].

-Nano hidroksi apatit

Dentin hassasiyeti tedavisindeki yaklaşımlardan biri de dentin tübüllerinin mineral yoğunluğunu arttırmak, kalsiyum ve fosfat içeren dentin benzeri tıkaçlarla dentin tübüllerini mekanik ve kimyasal uyarılara dirençli hale getirmektir. Son yıllarda bu amaçla bioaktif cam, proarjin ve nano hidroksi apatit gibi yeni biyomateryaller piyasaya sürülmüştür [150, 151].

Diş ve kemik benzeri yapıda olan nano hidroksi apatit son yıllarda sayısı gittikçe artan birçok çalışmaya göre, biyoaktif ve biyouyumlu bulunmuş, bu özellikleriyle dişhekimliğinde kabul görmüştür [152, 153]. Ayrıca nano hidroksi apatitin iri taneli kristallerden daha iyi biyoaktivite gösterdiği rapor edilmiştir [154]. Partikül boyutunun nano düzeyde küçülmesiyle yüzey alanı ve kimyasal reaktivitesinin yaklaşık olarak 1000 kat daha arttığı rapor edilmiştir [152, 155]. Nanopartiküllü hidroksi apatitin kalsiyum ve fosfat rezervuarı gibi davranarak diş remineralize ettiği belirtilmektedir [156, 157]. Yapılan birçok in vitro çalışma, nano hidroksi apatitin bu şekilde dentin tübüllerini tıkamada yüksek bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir[156, 158, 159].



Resim 6. Nhap uygulanan dentin yüzeyi FESEM görüntüsü [159]

Kazein Fosfopeptit

Kazeinler birleşik proteinler olup genelde fosfat gruplarıyla birleşerek esterleşirler. Böylece kazein diş üzerinde fosfat bağları kurarak etkinleşir[160]. Amorf kalsiyum fosfat (ACP) ile kazein fosfopeptit bileşimi sonucu Kazein Fosfopeptit Amorf Kalsiyum Fosfat (CPP-ACP) ortaya çıkmıştır. Güncel çalışmalarda bulgular florit varlığında ki sinerjistik etkisinden dolayı (CPP-ACP)'nin floridli diş macunundan sonra kullanımını önermektedir. Karbonat solüsyonundaki ACP kristalize olur ve hidroksiapatit oluşturur. Bu kristaller mikroskobik yüzey defektlerini doldurur, erken çürük defektlerini onarır ve dişleri daha pürüzsüz, kuvvetli ve daha az hassas hale getirirler[161]. Genel olarak kazeinlerin çürük üzerine remineralize edici etkinlikleriyle ilgili çalışmalar yapılmış olup, dentin hassasiyeti üzerine uzun dönem etkisini kalitatif ve kantitatif olarak belirleyen klinik çalışmaların daha fazla yapılmasına ihtiyaç vardır[11].

Flor İyontoforezi

1961 yılında düşük amperli bir elektrik akımı yardımıyla iyonların, iyonize ilaçların, dokulara iletilmesini arttırma prensibiyle çalışan bir iyontoforetik cihaz geliştirilmiştir [162, 163]. Böylece lokalize bir alanda ilacın belli bir konsantrasyonda uygulanması sağlanmış olmaktadır. Elektrik akımına bağlı olarak reperatif dentin oluşması, ağrı iletiminin duyuşal mekanizmasının değişikliğe uğrayarak paresteziye neden olması gibi hipotezler mevcuttur.

Diğer bir hipoteze göre de iyontoforez, kalsiyum fluorür iyonlarının mikroçökmesine neden olarak ağrıya neden olabilecek hidrodinamik stimülusların oluşumunu bloke etmektedir [164]. Yapılan bir çalışmada iyontoforezin etkinliğinin hemen görüldüğü fakat 6 ay sonra semptomların geri dönebildiği belirtilmiştir[63, 165]. Uzun dönem etkinliğinin belirlenmesi için daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır [63, 166].

Dentin Yüzeyini Örtten Ajanlar

Adeziv Rezinler

Topikal olarak uygulanan birçok hassasiyet gidericinin dentine bağlanamaması nedeniyle, etkileri kısa sürmekte ve geçici olmaktadır. Dış yüzeyine bağlanabilen adeziv sistemlerin hassasiyet giderici olarak kullanılması ile daha uzun süreli ve kalıcı etki elde edilebileceği düşünülmüştür [116].

Dentin hassasiyeti tedavisinde etkili olduğu düşünülen adezivlerin; kırılma, aşınma veya yiyecekler ve ağız bakım uygulamalarının etkisiyle kolayca uzaklaşabildiği ve tübüllerin tekrar açığa çıkabildiği bildirilmektedir [123].

Eski nesil adeziv sistemlerde dentin yüzeyi asitlenerek smear tabakanın tamamen kaldırılmasıyla hibrit tabaka oluşturulmaktaydı. Adeziv uygulamasından önce dentin yüzeyine asit uygulanması, hassas olmayan dentin kanallarının dış ortama açılmasına ve post operatif hassasiyete neden olabilmektedir [43]. İşlem basamaklarının basitleştirilmesi amacıyla geliştirilen kendinden asitli dentin bağlayıcı sistemler ile birlikte smear tabaka kaldırılmayıp modifiye edilerek hibrit tabakanın içerisine dâhil edilmiştir [58]. Tek şişe adeziv sistemlerin dentin kanallarının ağzını tıkaması ile özellikle servikal bölgede bu sistemler kullanılarak tedavide başarı sağlanıldığı düşünülen çalışmalar mevcuttur [167, 168]. Aynı zamanda bu sistemlerin etkinliğinin; reçine uzantılarının yetersiz olması sebebiyle sınırlı olduğunu belirten çalışmalar da mevcuttur [43, 168].

Vernik ve Jeller

Dentin hassasiyetini gidermeye yönelik ürünler; evde hasta kullanımına uygun olarak jel ve macun şeklinde, klinikte hekim kullanımına uygun olarak jel ve vernik şeklinde hazırlanmışlardır. Vernik formunda hazırlanan ürünlerin dentin yüzeyinde kalmasının kolaylaştırılması hedeflenmiştir. Dolayısıyla vernik uygulamalarının etkinlikleri, diş yüzeyinde kalma süreleriyle sınırlı bulunmaktadır. Verniklerin diğer ürünlerin tedavi edici özelliğini arttırdığı düşünülmektedir[86]. Flor vernikler oldukça etkilidir, kopal vernikler de açıkta kalan dentinin örtülmesinde kullanılmaktadır[86]. Verniklerin etkinliklerini diğer tedavilerle karşılaştıran kontrollü daha çok çalışmaya ihtiyaç bulunmaktadır[169, 170].

Restoratif Materyaller

Dentin hassasiyetini gidermek amacıyla yapılan adeziv uygulamalardan biri de dentin yüzeyinin kompozit rezinle restore edilerek örtülmesidir[86, 116]. Restoratif materyaller kullanılarak yapılan makro boyuttaki örtüleme işlemi; hassas dentin yüzeyinde herhangi bir nedenle (abrazyon, atrizyon, erozyon, abfraksiyon vb.) meydana gelen aşınmaya bağlı olarak madde kaybı olması durumunda uygulanması gereken bir tedavi yaklaşımıdır[113, 171].

Powell ve ark. (95) tek başına kompozit, cam iyonomer veya rezin kompozit ve kombine cam iyonomer uygulamaları sonrası, tüm uyaranlara karşı hassasiyetin anlamlı bir şekilde azaldığını belirtmişlerdir. Altı aylık takipte de hava uygulamasında %57-78, ısı uygulamasında %80 ve soğuk uygulamasında %57-76 oranında dentin hassasiyetinin azaldığını belirtmişlerdir [172].

Periodontal Cerrahi

Mukogingival cerrahi hernekadar dentin hassasiyeti tedavisinde ilk tercih edilen yöntemlerden olmasa da dişeti çekilmesi sonrası ortaya çıkmış, kök dentin yüzeylerini kapatmak üzere kullanılmaktadır. Genellikle DH'nin tedavisinde yumuşak doku greftlerinin kullanımı ile elde edilecek tedavi sonuçlarının ön görülmesi mümkün olmamaktadır [63, 70]. Yapılan sistematik bir derlemede 9 çalışma analiz edilmiş hepsinde servikal dentin

hassasiyetinde azalma olduğu belirtilmiş ancak daha titiz ve idame ettirilen çalışmalara ihtiyaç olduğu belirtilmiştir [173].

Lazerler

“LASER” kelimesi, İngilizce “*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*” kelimelerinin baş harflerinden türetilmiş bir kısaltmadır ve dilimizde karşılığı “radyasyon salınımının uyarılması (emisyonu) ile ışık şiddetinin artırılması”dır. Bu kelime IADS (*International American Dental Society*) terimleri arasına girmiştir. “LASER” kelimesi dilimize lazer olarak girmiştir.

Temeli, 1917’de Albert Einstein’ın İzafiyet teorisine yani; maddenin uyarılarak radyasyon salınımı yapabileceği kavramına dayanmaktadır [174]. 1958 yılında Townes ve Schawlow’un, MASER “*Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*” kullanılan uyarılmış emisyon ile amplifikasyon prensibini [175], elektromanyetik alanın görünen parçasına uygulamalarıyla lazer fikri ortaya çıkmıştır. Lazer ışığı aktive olmuş doğal gazların, elementlerin, moleküllerin ve çeşitli kristallerin etkileşimi ile yüksek yoğunlukta, paralel hareket eden, aynı dalga boyundaki elektromanyetik radyasyondan oluşan ışıktır. 1960 yılında ise; Theodore Maiman, yakut (ruby) kristalinin yaydığı derin kırmızı renkli ışık demeti ile çalışan ilk lazer aletini geliştirmiştir [176]. 1964 yılında Goldman ve ark.’ı yakut lazeri kullanarak, çekilmiş dişlerde çürük dokuları temizlemiş ve böylece diş hekimliğinde ilk lazer uygulamasını gerçekleştirmişlerdir[177]. 1961 yılında Javan ve ark.’ı tarafından ilk gaz lazeri olan Helyum-Neon (He-Ne), 1962 yılında da Johnson ve ark.’ı tarafından Neodymium lazeri geliştirilmiştir.

1964 yılında karbon dioksitin (CO₂) aktif ortam olarak kullanıldığı CO₂ gaz lazer üretilmiş, böylece ilk kez hem yumuşak hem de sert dokularda uygulanabilen bir lazer geliştirilmiştir[178]. 1970’den itibaren yapılan çalışmalar diş dokuları ile oldukça iyi etkileşimleri olduğu düşünülen CO₂ ve Nd:YAG lazerler üzerine yoğunlaşmıştır[178, 179]. 1980’lerden itibaren ise diş dokularında Er:YAG lazerlerin kullanımı gündeme gelmiştir [178].

Lazerlerin Hassasiyet Giderici Etkisi

Dentin hassasiyeti tedavisinde lazer kullanımı ilk kez Matsumoto ve ark.'ı tarafından Nd:YAG lazer kullanılarak gerçekleştirilmiştir [180]. Daha sonra lazerlerin dentin hassasiyeti tedavisinde de kullanılabileceği birçok çalışmada göstermiştir [181-183].

Lazerlerle yapılan hassasiyet tedavilerinin etkinlikleri lazer tipi ve parametrelerine göre değişmektedir. Lazerlerin pulpa üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin bulunmadığı ve hastalar tarafından oldukça kabul gören bir tedavi yöntemi olduğu bildirilmiştir [184, 185].

Lazerlerin dentin hassasiyetini gidermedeki etkinliklerine dair farklı mekanizmalar ileri sürülmüştür [182, 183, 186];

- ✓ Lazer ışını etkisiyle dentinin kısmen eritilip yeniden kristalize olması yoluyla tübüllerin tıkanması,
- ✓ dentin sıvısının içeriğindeki proteinlerin çökeltilmesi,
- ✓ tübüller içerisinde yer alan sinir liflerinin depolarizasyonu bu mekanizmalar arasında yer almaktadır.

Dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılan lazerler; düşük ve orta enerjili lazerler olmak üzere 2 grupta incelenebilir.

- **Düşük Enerjili Lazerler:**

He-Ne Lazerler: Dentin hassasiyeti tedavisinde ilk kez 1985 yılında Senda ve ark.'ı tarafından kullanıldığı bildirilmiştir. Mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte yapılan fizyolojik çalışmalara göre, ışınlamanın A delta ve C sinir liflerini direkt etkileyemediği, ancak ışınlamanın etkinliğini, elektriksel aktiviteyi değiştirerek gösterdiği belirtilmiştir. He-Ne lazerin başarı oranı farklı araştırmalara dayanarak % 5,2 ve %100 arasında bulunmuştur [187-189].

GaAlAs Lazerler: Dentin hassasiyeti tedavisinde ilk kez Matsumoto ve ark.'ı tarafından kullanımı bildirilmiştir. Bu lazerin (780, 830, 900 nm) dalga boyları kullanılmıştır. Lazer non-kontakt modda çalışılıp mümkün olduğunca yakın tutulmalıdır [187, 190]. Sinir iletiminin bloklanmasına bağlı olarak analjezik etki göstermektedirler. GaAlAs lazerin 830 nm dalga boyunda kullanıldığı fizyolojik çalışmalarda, bu etkinin nedeninin C sinir liflerinin

depolarizasyonunun bloke edilmesi olduğu bildirilmiştir[188-190]. Yapılan klinik takip çalışmasında GaAlAs lazerin etkinliği % 53,3-% 94,2 olarak bulunmuştur [187, 190].

- **Orta Enerjili Lazerler:**

CO₂ Lazerler: Dentin hassasiyeti tedavisinde ilk kez 1996 yılında Moritz ve ark.'ı tarafından kullanılmıştır [191]. Çıkış gücü 1 ya da 2 W, cW ya da pulselu, bazen de ağrıyı azaltmak amacıyla hava soğutması ile birlikte kullanılması önerilmektedir. Diş ve diş etinde meydana gelebilecek termal hasarları önlemek için, lazer diş ve dişeti yüzeyinden 10 ile 20 cm kadar uzak tutularak mümkün olduğunca hızlı bir şekilde tarama gerçekleştirilmelidir [189]. CO₂ lazerin dentin hassasiyeti tedavisindeki etkinliği % 59,8-% 100 olarak belirtilmiş, bu etkinin de dentin tübüllerinin tıkanması ya da daralması yoluyla olduğu ifade edilmiştir. Analjezik bir etkisi bulunamamıştır [187, 189, 190]. CO₂ lazerin organik maddeleri kömürleştirme etkisi ve dentinde görülen erime gibi yan etkilerinin göz ardı edilmemesi gerektiği rapor edilmiştir [192].

ER YAG Lazerler: Er:YAG lazerlerin termomekanik ablasyon özelliği ve dalga boyunun (2,94 µm) su tarafından absorpsiyonunun yüksek olması nedeniyle, yararlılığının yüksek olması beklenmektedir [193]. Er:YAG lazerin su tarafından absorpsiyon özelliği CO₂ lazerden 15 kat ve hatta Nd:YAG lazere kıyasla 20.000 kez daha fazladır [17, 194]. Absorbe edilen lazer enerjisi, su moleküllerinin kinetik enerjisini artırır ve ısınan su moleküllerinin sert dokuda mikropatlama oluşturmasına neden olur. Er:YAG lazer, uygulanan sert dokuda ise Nd:YAG ve CO₂ lazerlerden farklı olarak, kömürleşme ve yanma yerine etki mekanizmasının farklılığı nedeniyle fiziksel bir değişiklik meydana getirir [195]. Pulpada hasar oluşturmaz [196, 197]. Er:YAG lazerler, dentin sıvısının yüzeysel tabakalarını buharlaştırarak ve hareketini baskılayarak, hidrodinamik teoriye uygun olarak dentin hassasiyetini azaltmaktadır [183]. Dentin sıvısı ve smear tabakasındaki hızlı buharlaşma sonucu çözünemeyen tuzların birikimi dentin tübüllerinin tıkanmasına yol açmaktadır. Yapılan in vitro çalışmalarda geçirgenliğin azalmasında %26 oranında bir başarı elde edilmiştir [17, 198].

Er:YAG lazer, dentin hassasiyeti tedavisinde ilk kez Schwarz ve ark.'ı tarafından 2002 yılında kullanılmıştır [183]. Er:YAG lazer 80 mJ/pulse ve 3 Hz parametreleriyle bir kez uygulanmış ve tek seans olarak uygulanan bu tedaviler 6 ay boyunca takip edilmiş, 6 ay

sonrasında lazer tedavisinin immediyat etkisini koruduğu gözlenmiştir [183]. Watanabe ve ark.'ı tarafından yapılan bir çalışmada, düşük-güçte Er:YAG lazer uygulamasının (25 ila 35 mJ/ pulse) %16'dan % 60'a tedavi etkinliği ile sonuçlandığı bildirilmiştir. Düşük-güçte Er:YAG lazer uygulamasının dentin hassasiyeti tedavisinde başarılı ve etkili olduğu, fakat hassasiyetin tekrar görülebilmesi nedeniyle bazı kısıtlamaları olduğu sonucuna varılmıştır [199]. Kimura 'ya göre hassasiyet tedavisinde Nd:YAG lazer Er:YAG lazerden daha etkilidir [189].

Er,Cr:YSGG Lazerler: *Erbium* ailesinden bir lazer olan Er,Cr:YSGG lazer son dönemlerde dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılmaya başlanan bir diğer lazer sistemidir. Bu yeni cihazın çevre dokulara ve pulpaya zarar vermeden, kavite preparasyonu sırasında mine ve dentinde etkili bir şekilde kullanıldığı bildirilmiştir [200]. Sert dokularda olduğu kadar yumuşak doku cerrahisinde de etkili bulunmuştur. Er,Cr:YSGG lazerin, dentin hassasiyeti tedavisindeki etki mekanizmasının Er:YAG lazerle benzerlik gösterdiği bildirilmiştir [201]. Dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılan çıkış gücü 0.25- 0.5 W arasında değişmektedir [202]. Er:YAG lazer ile kısa dönem etkisinin karşılaştırıldığı çalışmada en iyi sonuç 0.25 W çıkış gücünün kullanıldığı Er,Cr:YSGG lazer ile alınmıştır [190, 202]. Yılmaz ve ark.'ı tarafından yapılan bir çalışmada Er,Cr:YSGG lazer hassasiyette hızlı bir azalma gerçekleştirmiştir. Elde edilen bu başlangıç etkisi, 3 aylık takibi incelendiğinde de başarılı bulunmuştur [186, 190].

Nd:YAG Lazerler: Dentin hassasiyeti tedavisinde kullanımı ilk defa 1985 yılında Matsumoto ve ark.'ı tarafından bildirilmiştir [180]. Kullanılan çıkış gücü 0.3-10 W arasında değişmekte olup 1 ya da 2 W yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışmalardan elde edilen verilere göre tedavi etkinliğinin % 51,5 - %100 arasında değiştiği bildirilmiştir [189]. Tarama metodu lazerin parametrelerine bağlı olup 0.3 W 90 sn non-kontakt modda, 2 W 0.5 sn kontakt modda siyah mürekkep ile kullanılmıştır. Siyah mürekkep kullanımı ile yüzeyde ışınların emilimi (absorbsiyonu) arttırılarak, ışınların derin dokulara penetrasyonunun engellenmesi ve pulpanın korunması hedeflenmiştir [17, 203]. Siyah mürekkep kullanımının dentin hassasiyeti tedavisinde Nd:YAG lazerin etkinliğini arttırdığı bildirilmiştir [17, 184, 204].

Nd:YAG lazerin hassasiyet giderici etkinliğini dentin tübüllerini daraltarak veya tıkayarak sağladığı düşünülmektedir [17, 190, 205]. Ayrıca A δ ve C liflerinin depolarizasyonunun bloke edilmesiyle direkt analjezik etki oluşmaktadır [206]. 1064 nm dalga

boylu lazer ışınlarının dentinde ilerlemesiyle mikrosirkulasyonda termal etkiler meydana gelir ve böylece analjezik etki oluşur. Hassasiyet giderici mekanizma, dentin sıvısındaki aşırı ısınma ve odotoblastların üretim sürecindeki bozulmalara bağlı olarak gerçekleşebilir [17].

Birang ve ark.'ı yaptıkları *in vivo* çalışmada, Nd: YAG lazerin anlamlı bir şekilde hassasiyeti önlediği ve Er: YAG lazerden etkili olduğu bulunmuştur [207]. Ayrıca başka bir klinik takip çalışmasında, Er: YAG, GaAlAs lazerler ile karşılaştırıldığında, tüm lazerlerin hassasiyeti önlediği, fakat Nd:YAG lazerin daha fazla etkili olduğu bulunmuştur [208]. Kumar ve Mehta 'nın yaptıkları çalışmada Nd:YAG lazer ve %5'lik NaF cilası kombinasyonunun dentin hassasiyeti tedavisinde oldukça etkili olduğu, tedavi etkinliğinin SEM sonuçlarındaki tübül sayılarının azalması ile ilişkili olduğu ifade edilmiştir [23]. Yine Nd:YAG lazerin tek başına ve % 5 'lik NaF vernikle kullanımının hassasiyet tedavisinde etkinliğinin değerlendirildiği çalışmalarda, Nd:YAG lazer ve % 5 'lik NaF kombinasyonunun dentin kanalı girişlerinin kapanmasında etkili olduğu bulunmuştur [209].

2.3.7. Dentin Hassasiyeti Tedavisinin *İn vitro* Değerlendirilmesi

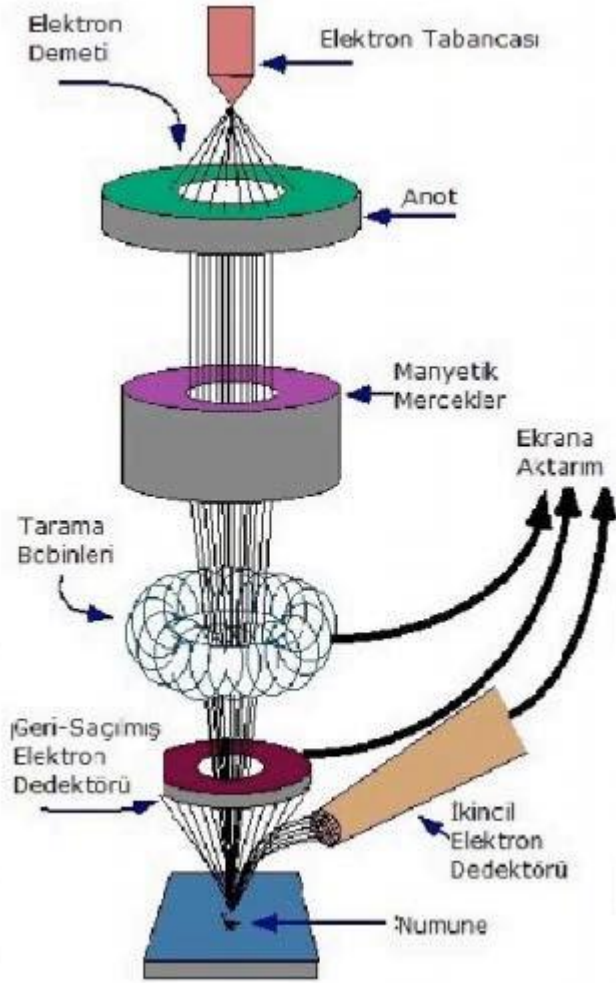
Dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılan yöntem ve materyaller, geçmişten günümüze pek çok çalışmada *in vitro* olarak test edilmiştir. Laboratuvar çalışmalarının; klinik olarak kontrol edilemeyen değişkenleri (ağrının subjektif özelliği, plasebo etkisi gibi) elimine etmesi açısından klinik çalışmalara göre avantajları vardır. Deney düzeneğinde; belirli bir zaman diliminde, yalnızca bir parametrenin, kontrollü ve sıralı bir şekilde değiştirilebilmesi mümkündür [210, 211].

İn vitro çalışmalarda genellikle yüzey karakteristiği incelenmekte olup, izole sinir liflerinde iletimin kaydedilmesi, hidrolik iletkenlik (sıvı filtrasyon) ve SEM, SEM-EDS, FTIR, AFM gibi görüntüleme yöntemleri kullanılmaktadır [2].

Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM)

SEM; optik kolon, örnek hücresi ve görüntüleme sistemi olmak üzere 3 ana kısımdan meydana gelmektedir. Optik kolon kısmı, elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları örneğe doğru hızlandırmak için yüksek gerilimin uygulandığı anot plakası, ince

elektron demeti elde etmek amacıyla yoğunlaştırıcı mercekler, demeti örnek üzerinde odaklamak için objektif merceği, objektif merceğe bağlı parçalar ve elektron demetinin örnek yüzeyini taraması amacıyla tarama bobinleri içermektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) çalışma prensibi

SEM ile bir yapının yüzey özelliklerini, morfolojisini, onu oluşturan element veya bileşikler hatta atom dizilişini bile incelemek mümkündür. SEM, Işık Mikroskobu'na (IM) göre 300 defa daha odaklama derinliğine ve 20 ila 100,000 arasında net görme oranına sahiptir [212].

Elektron demetini nm boyutunda odaklamak mümkündür; bu sebeple SEM ile elde edilen görüntüleri farklı büyütme oranlarında (20x – 10,000x ve üstü) çok detaylı bir şekilde incelemek mümkündür. Elektron ışını örneğin yüzeyini tarayarak farklı sinyaller oluşturur ve bu sinyaller

bir dedektör (sekonder elektron veya geri saçılmış) tarafından toplanır [213]. Bu teknikte ışık kullanılmaz ve örneğin rengi görüntüyü etkilemez. Bu özelliği sayesinde diş hekimliğinde oldukça yaygın kullanılmaktadır. Diş dokuları ve diş hekimliğinde kullanılan materyaller genellikle beyaz veya açık renklere sahip olduğundan optik mikroskopların bu alandaki kullanımını sınırlıdır [214].

Diş yüzeyleri sabitlenip kurutulabildiği için, yüksek vakum modu görüntüleri en sık elde edilen görüntülerdir. Yüksek vakum modu sayesinde daha yüksek çözünürlükte görüntü kaydetmek mümkün olsa da örneklerin iletken olması büyük önem taşımaktadır. Diş ve dental materyaller (kompozit rezin, seramik, siman vb.) iletken olmadığından dolayı örneklerin önceden kaplanması gerekmektedir. Yüzeyin görüntülenebilmesi için elektronları yansıtacak bir madde ile örneklerin kaplanması önem taşımaktadır. Örnekler ince bir tabaka altın (Au), platin (Pt), altın-paladyum (Au/Pd) alaşımı ile ve bazı durumlarda karbon (C) ile kaplanarak iletken hale gelebilmektedir [214]. Bu işleme 'sputter coating' veya 'sputtering' denmektedir. Sputter coating yani kaplama işlemi, kısmi vakum altında gerçekleşmektedir. Katot ve anot arasındaki yüksek voltaj alanında argon gazı molekülleri iyonize olmaktadır. Pozitif yüke sahip argon iyonları hızlanarak kaplama metalinin oluşturduğu katota gelmektedir. Argon iyonları katota 'etching' yaparak negatif yüke sahip metal atomlarını örneğin üzerinde bulunduğu anoda doğru hızlandırmaktadır. Kaplamanın kalınlığı genellikle 100 Angström kadardır. Kaplama sırasında, tercih edilen kaplama materyali ne olursa olsun yüzeyde kümeleşmemesine dikkat edilmelidir [212, 215]. Yüksek vakum kullanılmadığından ve az miktarda kaplama metali gerektiğinden bu yöntem oldukça kolay ve uygun fiyatlıdır. Sputter coating işleminin tek dezavantajı örneğin ısı sebebiyle zarar görme ihtimalinin olmasıdır. Yeni nesil cihazlarda çeşitli aygıtlarla bu dezavantajın önüne geçilmiştir [215].

Dentin hassasiyeti çalışmalarında; SEM incelemelerinde, genellikle çekilmiş dişlerden elde edilen dentin diskler kullanılmaktadır. Dentin disklerinin SEM analizleri ile, yüzeydeki depozitlerin ve tübüllerin tıkanmasının görüntülenmesi mümkün olmaktadır [216, 217]. SEM analizleri ile uygulanan tedavi prosedürlerinin tübül örtücülükleri açık, yarı açık, kapalı tübül sayıları hesaplanarak değerlendirilmektedir [216].

Uygulanan işlemler nedeniyle in vivo çalışmalarda kullanılmadığı gibi; zahmetli olması ve ölçümlerin tekrarlanamaması SEM'in dezavantajlarıdır.

SEM analizlerinde ayrıca cihaz bünyesinde bulunabilen EDX ünitesi aracılığıyla (Enerji Dağılımlı X-ışınları Analizi); dentin tübül yüzeyinde biriken tabaka ve örtülerin element

analizi yapılabilen ve mevcut elementlerin oranları yüzdesel olarak hesaplanabilmektedir [218]. Hassasiyet gidericilerin dentin yüzeyine çökelttiği minerallerin ya da organik bileşiklerin tanımlanmasında SEM-EDX analizleri haricinde ayrıca son dönemde fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy-FTIR) kullanılması gündeme gelmiştir [2, 218]. FTIR Spektroskopisinin yüzey analizinde etkili bir yöntem olduğu ve örneklerde harabiyet yapmamasının avantaj sağladığı bildirilmiştir [2].

Dentin Tübül Penetrasyonunun Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop ile İncelenmesi

Hassas dentinin geçirgen olduğu bilinmektedir. Hassasiyet giderici ajanların dentin tübül penetrasyonu dentin hassasiyeti tedavisinin etkinliği açısından önemlidir. Uygulanan ajanların iyi tübül penetrasyonunun dentin geçirgenliğinde ve dentin sıvı hareketinde azalma ile birlikte hassasiyette de azalma ile sonuçlanması beklenmektedir [56, 219, 220].

Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda dentin tübül penetrasyonunu incelemek için ışık mikroskobu [221], tarama elektron mikroskobu [222] ve konfokal lazer taramalı mikroskop [223, 224] kullanılmıştır.

Dentin tübül penetrasyonunun incelenmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerden biri *Scanning Electron Microscope (SEM)* incelemeleridir. Ancak, bu yöntemde örnekler altın kaplaması gibi bir özel işleme tabi tutulduğu için örneklere zarar verebilir. Aynı zamanda oldukça yüksek büyütme oranlarında görüntü alınması tüm örnek yüzeyinin incelenmesine izin vermez.

Son yıllarda dentin tübül penetrasyonlarının incelenmesinde *Confocal Laser Scanning Microscope (CLSM)* kullanılmaya başlanmıştır. Bu mikroskop SEM ile kıyaslandığında pek çok avantaj sunar. En önemli avantajı küçük büyütme oranları ile tüm örnek yüzeyinin incelenmesine izin vermesidir. Ayrıca görüntüleme için özel ek uygulamalar gerekmez dolayısıyla örnekler herhangi bir hasara uğramadan üç boyutlu görüntü elde edilmesine olanak sağlar. Artefakt oluşturma potansiyeli daha azdır ve rezin-dentin aralığının ve penetrasyon derinliğinin direkt ölçülmesine izin verir. CLSM’de örneklerin hazırlanma süreci non-destrüktiftir ve bu yüzden daha az artefakt oluştururlar. SEM’de CLSM’ye göre total alanın görüntülenip değerlendirilmesi daha zordur, CLSM’de daha düşük büyütme oranlarında floresan maddelerin de sağladığı görüş kolaylığından yararlanılarak daha geniş bir alan değerlendirilebilir [223].

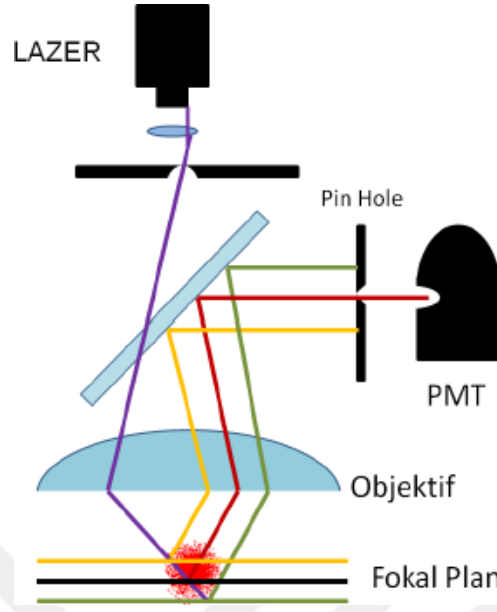
Konfokal lazer taramalı mikroskop ile, iletilen ve yansıyan ışık kullanılır. Böylece saydam olmayan, kalın, doğal olmayan numuneler de incelenebilir. Örneklerin ince kesilme zorunluluğu bulunmamaktadır. Başlıca avantajları,

- Yüksek çözünürlük: Kısa dalga boyu kullanımı ve objektifin apertura açıklığının artmasıyla artar.
- Yüksek kontrast
- Optik kesit elde etme imkânı
- 3 boyutlu rekonstrüksiyon imkanı. Farklı düzlemlerden elde edilen kesitlerle numunelerin 3 boyutlu görüntüsü elde edilebilir.
- Görüntüleme analizleri. Görüntüler dijital olarak kaydedilerek ölçümler yapılabilir. Kantitatif veriler elde edilebilir [225].

Erwin Minsky' nin 1950'li yıllarda, diş çürüğü kavitesinin derinliklerini gözlemek amacıyla geliştirdiği optik cihaz, bu gün üç boyutlu görüntülemeye kullanılan konfokal mikroskopinin temellerini oluşturmuştur. Konfokal mikroskopide prensip, fokal odak noktasından kaynaklanan bir görüntünün (noktasal bir ışık kaynağına ait görüntünün), delikli bir levha (pin hole) ile süzülerek sadece odak düzlemindeki kısmının görüntülenmesi esasına dayanır (Şekil 9). Kullanılan nokta ışık kaynağı lazerdir.

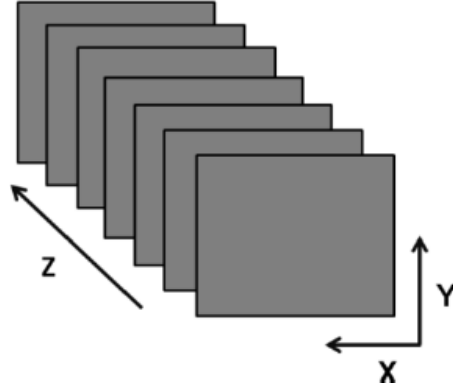
Lazer kullanılarak görüntü planındaki her nokta tek tek tarandığında sadece fokal odak noktalarından oluşturulmuş optik görüntü kesiti elde edilir. Bu işlem Z ekseninde objektifin çözünürlüğü ile uyumlu olacak şekilde ardışık olarak tekrar edildiğinde Z görüntü takımı (*Z-stack*) elde edilmiş olur. Her 3 ekseninde (x,y,z) çözünürlük olduğundan, gözlemi yapılan örneğin üç boyutlu görüntüsü bilgisayar ortamında oluşturulabilir.

Bu teknikte, floresan moleküllerin uyarılması için en uygun dalga boyu kullanıldığından (540 nm) elde edilen görüntü özel olarak Rodamin B ile işaretlenmiş doku kısımlarına aittir.



Şekil 9. CLSM nin çalışma prensibi

Konfokal mikroskobunun çalışma prensibi incelenen örneğin nokta-nokta ışıklandırılması ve odak dışı kalan ışığın elimine edilmesi prensiplerine dayanır. Lazer ışığı, işaretlenmiş örnekten geçerken yol boyunca tüm floresan molekülleri uyatarak her yöne yayılan floresan emisyon çıkarır. Bu floresan emisyon objektif tarafından toplanır ve uzun dalga boyu sayesinde dikroik aynadan yansır. Yansıyan ışığın karşısında üzerinde küçük bir delik (*pin hole*) bulunan plaka bulunmaktadır. Odaktan kaynaklanan emisyon yayılım tam bu deliğe denk gelerek foton çarpıcı tüpe (*photomultipliertube, PMT*) ulaşır enerjisini verir ve bu sayede çok katmanlı bir floresan cisimden, sadece odak planından kaynaklanan emisyon süzülüp kaydedilmiş olur. Odağın altında ve üstünde kalan emisyon deliğe değil plağa çarpar ve kayıt olmaz. Açısal tarama yapan galvanometrik motorlara monte edilen aynaların hareket ettirilmesi ile yansıyan ışığa hem satır hem de sütun taraması yaptırılabilir. Objektifin z düzleminde kaydırılması ile belli aralıklarda görüntü takımı (*Z-stack*) elde edilmiş olur (Şekil 10). Dolayısıyla CSLM nin en önemli avantajı işaretlenmiş örnekten noninvaziv optik kesitler alınarak üç boyutlu görüntü elde edilebilmesidir. Canlı hücrelerden bu boyutta ve bu hassaslıkta bilgi toplanmasına imkan veren bir başka yöntem henüz yoktur.



Şekil 10. Z- STACK; CLSM ile elde edilen görüntü dizisi

Görüldüğü gibi konfokal mikroskopla odak noktasından kayıt yapıldığı ve odak haricindeki gelen dağınık ışıklar baskılanıp kontrast arttırıldığı için çözünürlük artmaktadır. Böylece optik kesitler elde etmek mümkün hale gelir. Diğer hiçbir yöntemde bu mümkün değildir. Ayrıca çözünürlük konvansiyonel mikroskopiye oranla yaklaşık %37 daha iyidir. Bir avantaj da taranacak bölgenin piksel büyüklüğü ayarlanabildiğinden ek bir zoom fonksiyonu da bulunmaktadır. Aynı objektifi büyütmeden zoom elde edilmiş olur [226].

Bu çalışmada kalsiyum fosfat ve nano hidroksi apatit içerikli 2 hassasiyet giderici ajan, tek tek ve 3 farklı tip lazerle birlikte kullanılarak;

- tübül örtücülükleri SEM ile,
- örnekler asit siklusa maruz bırakılarak, uygulanan hassasiyet giderici tedavilerin erozyon dirençleri SEM ile,
- uygulanan ajan ve lazerlerin dentin tübül penetrasyonları CLSM ile, değerlendirildi.

Bu çalışma sayesinde en etkili ve dirençli hassasiyet giderici tedavi prosedürü konusunda fikir edinilmesi amaçlanmıştır.

3. MATERİYAL VE METOD

Bu in vitro çalışma Bezmialem Vakıf Üniversitesi Etik Kurulu tarafından 3/5 nolu ve **09.08.2016** tarihli etik kurul raporu ile tıbbi açıdan uygun bulunmuş (bkn EK 1), Bezmialem Vakıf Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi (Proje No: 6.2016/59) tarafından da desteklenmiştir. Çalışmada kullanılan dişler, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı'ndan temin edilmiştir. Deneylede kullanılan yapay tükrük ve erozyon solüsyonları, Bezmialem Vakıf Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmasötik Kimya Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır. Çalışmamızın örneklerinin hazırlanması, ajan ve lazerlerin uygulanması işlemleri Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı ve Bezmialem Vakıf Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda, örneklerin stereomikroskop altında incelenmesi Bezmialem Vakıf Üniversitesi Eczacılık Laboratuvarı'nda, SEM incelemeleri Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Uygulama Merkezi 'nde ve CLSM ile dentin tübül penetrasyonunun değerlendirilmesine ait deneyler Hacettepe Üniversitesi Biyofizik Anabilim Dalı Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada 2 farklı dentin hassasiyeti giderici ajanın, tek başlarına ve 3 farklı tip lazerle birlikte kullanımı ile dentin tübül örtücülüklerinin, erozyon dirençlerinin ve dentin tübül penetrasyonlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır (Şekil 11).

3.1. Örnek Sayısının Belirlenmesi

Yapılan “Güç analizi” sonucunda ilgili değişkenler dikkate alındığında α hata derecesinin %5, güç %80 olacak şekilde güç analizi yapıldığında her bir grupta en az 8 dentin örneği olması gerektiği hesaplanmıştır. Çalışma sürecinde herhangi bir nedenle örneklerde kayıp olabileceği düşünülerek, çalışmanın güç kaybetmemesi (%80 güç) için, kayıp oranının %25' ten fazla olmamasına özen gösterilmiş ve tüm bu nedenlerle gruplardaki örnek sayısının 10 olmasına karar verilmiştir.

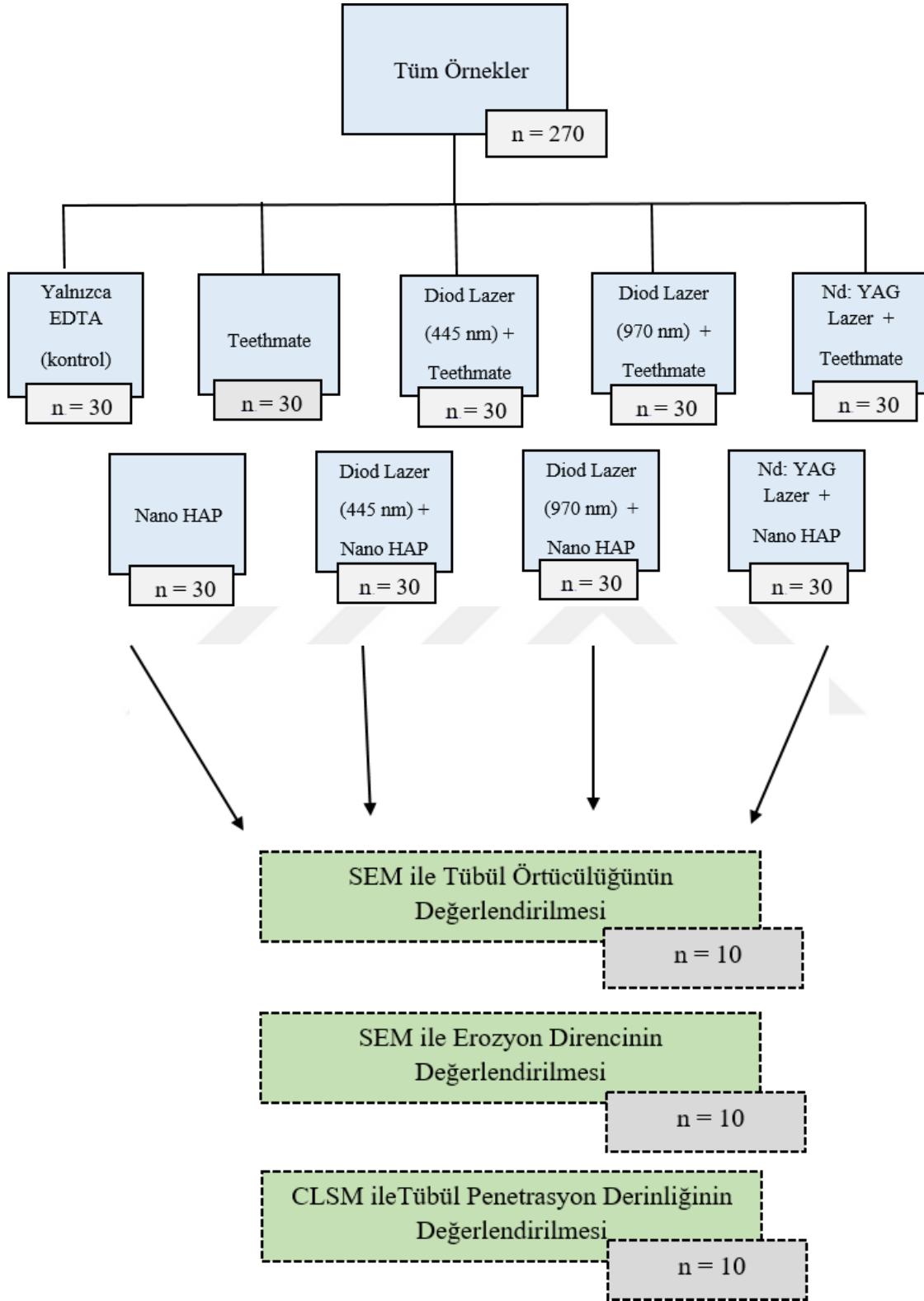
3.2. Dişlerin Seçimi

Bu deney için; apikal gelişimini tamamlamış, çürüksüz, 140 adet yeni çekilmiş sağlam insan molar dişi kullanıldı. Deney aşamasına kadar çekilen dişler bakteri üremesini önlemek amacı ile timol içeren deiyonize su içerisinde saklandı[227]. Dişler ışık mikroskobu (Nikon SMZ1000, Japonya) altında incelenerek çatlak, kırık olan dişler çalışmadan çıkarıldı. Dişlerin üzerindeki sert ve yumuşak doku artıkları bir kretuar yardımı ile temizlendi ve çalışmalar gerçekleştirilene dek serum fizyolojikte bekletildi. Dişler 2 tip ajan ve 3 farklı tip lazer kullanımına bağlı olarak kontrol grubu dahil 9 farklı deney grubuna ayrıldı. Dişler her grupta 10 örnek olacak şekilde dağıtıldı (n=10), (Şekil 11).

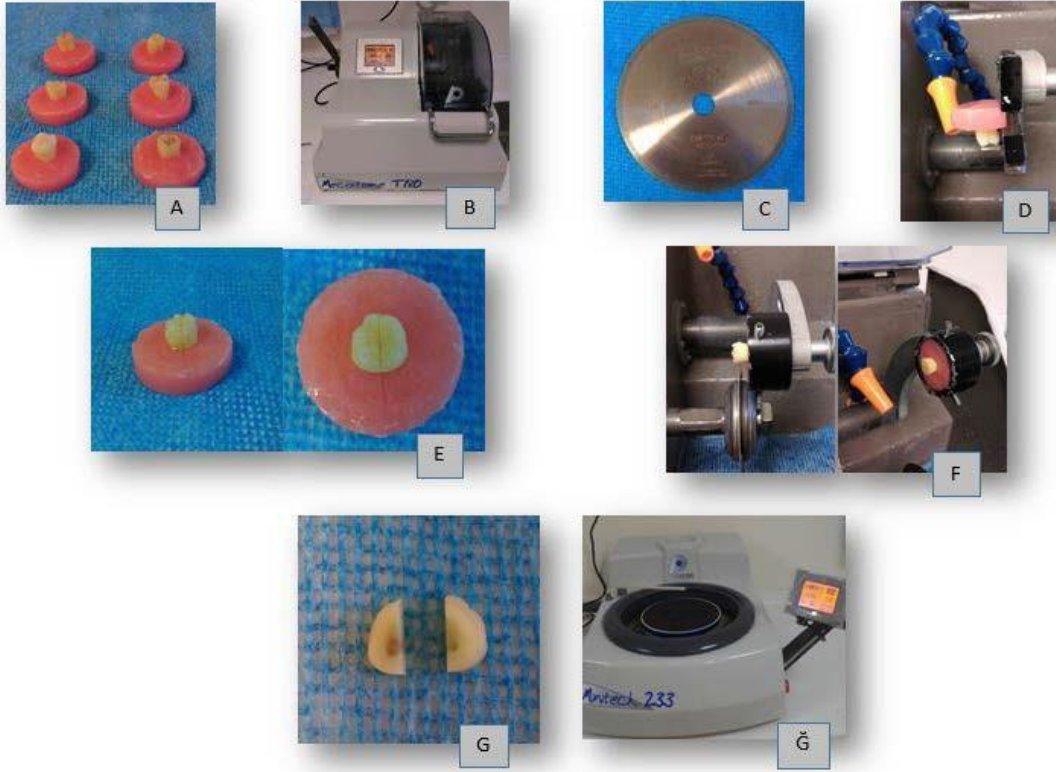
3.3. Örneklerin Hazırlanması

Dentin diskleri elde etmek amacıyla yapılan işlemler Bezmialem Vakıf Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirildi. Dişlerin Mecatom hassas kesme cihazına (Resim 7, B) sabitlenmesi amacıyla kök 1/3'lük apikal kısımları, standart kalıplardaki otopolimerizan polimetil metakrilat (Ortocryl EQ, Dentautum, Almanya) içerisine gömüldü(Resim 7, A).

Dişlerden düşük devirli (300 rpm) elmas separe (Mecatom) (Resim 7, B) yardımı ile su soğutması altında 3 mm kalınlığında kesitler alındı. Öncelikle dişler uzun eksenlerine paralel olacak şekilde meziodistal yönde dikey bir kesi (Resim 7) ile bukkal ve palatinal 2 eşit parçaya ayrıldı. Ardından ilki mine sement sınırında, ikincisi ise mine sement sınırının 3 mm koranalinden geçecek şekilde 2 adet yatay kesi ile 2 adet dentin örneği elde edildi (Resim 7). Bütün disklerin kalınlıkları dijital göstergeli kumpas (Mitutoyo, Tokyo, Japonya) ile ölçülerek kontrol edildi. Toplam 135 dişten 270 adet örnek (tübül örtücülüğü deneyinde kullanılmak üzere 90 adet, erozyon direnci deneyinde kullanılmak üzere 90 adet, tübül penetrasyon deneyinde kullanılmak üzere ise 90 adet) elde edilmiş oldu (Şekil 11). Kesitler üzerindeki mine tabakası yüksek devirli döner alet ucuna takılan elmas frezler (14 no'lu fissür frez, Diatech)yardımıyla uzaklaştırılarak dentin tabakasının açığa çıkması sağlandı [196].



Şekil 11. Çalışmada kullanılan deney grupları ve deney dizaynının oluşturulması



Resim 7. Örneklerin hazırlanması

3.4. Çalışma Grupları

Elde edilen dentin diskler düzgün dentin yüzeyi oluşturmak amacıyla sırasıyla 400, 800,1200 gritlik silikon karbit zımparalar ile su soğutması altında 30 s süre ile zımparalandı. Polisajlı dentin örnekleri pulpa dokusunun açığa çıkıp çıkmadığının ve mine dokusunun kalıp kalmadığının belirlenmesi için stereo mikroskop altında x40 büyütmeyle incelendi (Nikon SMZ1000, Japonya). Ardından örneklerin üzerine % 17'lik EDTA 2 dk süre ile uygulanarak *smear* tabakası kaldırıldı ve dentin tübül girişlerinin açığa çıkması sağlandı [21, 209]. Daha sonra bu kesitler distile su ile yıkanarak hava su spreyi ile kurutuldu. Elde edilen dentin diskler, yüzeye uygulanacak olan kalsiyum fosfat ve nanohidroksiapatit içerikli hassasiyet giderici ajan ile tek tek ve farklı tip lazerlerle kombine kullanımlarına göre her grupta 10'ar örnek olacak şekilde rastgele 9 gruba ayrıldı (Tablo 3). (Çalışma gruplarının şeması, Şekil 11). Her bir grupta 5 adet üst çeneden, 5 adet alt çeneden olacak şekilde 10 adet dentin örneği kullanıldı.

3.5. Dentin Tübül Örtücülüğünün SEM İle Değerlendirilmesi

Hazırlanan 9 grup için 90 adet dentin diski örneği dentin tübül örtücülüğünün SEM ile belirlenmesi deneylerinde kullanılmak üzere Tablo 3' deki deney gruplarına paylaştırıldı.

Tablo 3. Dentin örneklerinin deney gruplarına göre dağılımı ve uygulanan işlemler

GRUP	ÖRNEK SAYISI	İŞLEM
Grup I	10	Kontrol grubu (Yalnızca EDTA)
Grup II	10	Teethmate (yalnızca kalsiyum fosfat içerikli hassasiyet giderici ajan)
Grup III	10	Diod Lazer, 445 nm + Teethmate
Grup IV	10	Diod Lazer, 970 nm + Teethmate
Grup V	10	Nd:YAG Lazer, 1064 nm + Teethmate
Grup VI	10	Professional Oral Care, nHAP (yalnızca nanohidroksiapatit içerikli hassasiyeti giderici ajan)
Grup VII	10	Diod Lazer, 445 nm + n HAP
Grup VIII	10	Diod Lazer, 970 nm + n HAP
Grup IX	10	Nd:YAG Lazer, 1064 nm + n HAP

3.5.1. Hassasiyet Giderici Ajanların Uygulanması

Örneklere 2 farklı hassasiyet giderici ajan uygulandı. Tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate (Kuraray Noritake Dental, JAPAN), Nanohidroksiapatit içerikli Professional Oral Care Nano HAP Desensitizer (Miromed Group SA, İtalya) (Tablo 4) kullanıldı.

Hassasiyet Giderici Ajanların Uygulama Prosedürü:

Teethmate: Üretici firma talimatları doğrultusunda toz ve likit 30 s süre ile önerilen miktarlarda karıştırılarak, kuru dentin yüzeyine fırça yardımıyla 30 s kadar uygulandı. Klinik uygulamayı taklit etmesi amacıyla uygulama sırasında hava su spreyi ile hava sıkıldı. İşlem 3 kez tekrarlandı.

Professional Oral Care n HAP: Üretici firma talimatları doğrultusunda şişe 30 s sallanarak tozun solüsyonda tamamen çözülmesi sağlandı. Solüsyon bir fırça yardımıyla (aşırı kuru olmayan) dentin yüzeyine uygulandı. Klinik uygulamayı taklit etmesi amacıyla uygulama sırasında hava su spreyi ile hava sıkıldı. İşlem 3 kez tekrarlandı.

3.5.2. Hassasiyet Giderici Ajan Uygulamasını Takiben Lazer Uygulaması

445 nm Diod Lazer

Çalışmada Diod Lazer olarak, bünyesinde 3 dalga boyu (445 nm, 660 nm, 970 nm) içeren SIROLaserBlue, SIRONA kullanıldı.

Grup III ve Grup VII' ye dahil dentin disklere hassasiyet giderici ajan uygulamasını takiben 445 nm dalga boyunda (SIROLaserBlue, SIRONA) diod lazer uygulandı. 320 µm çaplı, yuvarlak kesitli SIROLaser Easy Tip fiber uç; 1mm mesafeden non-kontakt olarak , dik açıyla ,devamlı modda (CW, continuous wave) uygulandı. Diyot lazer klinik uygulamayı taklit etmek amacıyla tek bir hekim tarafından, defokus modda, homojen bir tarama için vertikal ve horizontal yönde hareket ettirilerek uygulandı [110, 228]. 20 sn'lik ışınlama süresi 3 kez tekrar edilerek toplamda 60 s olmak üzere, dokunun termal olarak rahatlamaının sağlanması amacıyla ışınlamalar arasında 10 sn'lik aralar verilerek uygulama gerçekleştirildi[229]. ,resim, Çalışmada uygulanan lazer parametreleri ortalama çıkış gücü QPower 1 w ,devamlı modda (cw) ,20 sn, spot çapı 1 mm², örnek yüzeylerinde 127,32 W/cm² güç yoğunluğunda kullanılmıştır. İşlem sırasında kullanılan lazerin negatif etkilerinden korunmak amacıyla koruyucu gözlük takıldı.

Tablo 4. Çalışmada kullanılan hassasiyet giderici ajanlar ve lazerler

	Deney Materyali	Üretici Firma	Ürünün İçeriği ve Uygulama Modları
	SIROLaser Blue Diod Lazer (445 nm)	SIRONA Dental Company, ABD	1 watt, 320 µm fiber uç, 3x20 sn, non-kontakt, 127,32 W/cm ²
	SIROLaser Blue Diod Lazer (970 nm)	SIRONA Dental Company, ABD	1 watt, 320 µm fiber uç, 3x20 sn, non-kontakt, 127,32 W/cm ²
	Nd: YAG Lazer (1064 nm)	Fotona, ABD	1 watt, 10 Hz, 300 µm quartz fiber uç, 3x 20 sn, non-kontakt, 12,73 J/cm ²
	Teethmate Desensitizer	Kuraray, Noritake, JAPONYA	Toz: Tetrakalsiyum fosfat, Dikalsiyum fosfat anhidroz Likit: Distile su
	Nano HAP Desensitizer	Professional Oral Care, Miromed Group SA, İTALYA	%30 Nanohidroksiapatit, saf alkol

970 nm Diod Lazer

Çalışmada Grup IV ve Grup VIII' lardaki dentin disklere hassasiyet giderici ajan uygulamasını takiben, 970 nm dalga boyunda (SIROLaserBlue, SIRONA) diod lazer uygulandı. 320 µm çaplı, yuvarlak kesitli SIROLaser Easy Tip fiber uç; 1mm mesafeden non-kontakt olarak, dik açıyla , devamlı modda (CW) uygulandı. İşlem basamakları, kullanılan parametreler ayarlar 445nm diod lazerde anlatıldığı şekilde aynı olacak şekilde uygulandı.

1064 nm Nd YAG Lazer

Çalışmada Grup V ve Grup IX' lardaki dentin disklere hassasiyet giderici ajan uygulamasını takiben 1064 nm dalga boyunda Nd:YAG lazer Fotona, (Light Walker, USA) uygulandı. 300-mm quartz kırmızı fiber uç 1 mm mesafeden non-kontakt olarak, dik açıyla uygulandı. Mezio-distal ve apiko-okluzal yönde diş yüzeyi taranarak, 20 s lik ışınlama süresi 3 kez tekrar edilerek toplamda 60 s olarak uygulama yapıldı. Dokunun termal olarak rahatlama amacıyla ışınlamalar arasında 10 sn' lik aralar verildi[229]. Çalışmada uygulanan lazer parametreleri;1 W güç, enerji çıkışı 100 mJ, frekansı 10 Hz, atım aralığı 250 msn, enerji densitesi 12,73 J/cm² olacak şekilde ayarlandı. Lazer uygulaması esnasında negatif etkilerinden korunmak amacıyla koruyucu gözlük kullanıldı.

3.5.3. SEM İncelemeleri



Resim 8. SEM Cihazı

Hazırlanan dentin örnekleri deney materyalleri ve lazer tedavi uygulamalarını takiben, yapay tükürük çözeltisinde (ph 7) oda sıcaklığında 24 saat bekletilip ardından distile su ile yıkandı ve ardından hava ile kurutuldu. Hassasiyet gidericilerin dentin yüzeyinde ve dentin tübülleri içerisinde oluşturdukları morfolojik değişikliklerin görüntülenmesi ve kantitatif değerlendirme amacıyla örnekler; Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma Uygulama Merkezi ' nde bulunan SEM cihazı(EVO LS 10,ZEİSS, Germany), (Resim 8) ile incelendi. Tedavi ve tedavi sonrası yapay tükürükte bekletilme işlemleri tamamlanan bütün örnekler, uygulama yüzeylerine dokunmamaya özen gösterilerek cam petri kaplarına yerleştirildi ve

desikatöre (Kuru hava sterilizatörü, FN 055, NÜVE, Türkiye), (Resim 8) alındı. Desikatörde 12 saat boyunca vakum altında tutuldu. Dentin örnekleri iyon püskürtme cihazına (108 Auto Sputter Coater, USA) yerleştirilerek 10^{-3} torr vakum basıncında, 10 mA güçte, 90 sn ince bir tabaka (5 nm) altın ile kaplandı (Resim 9). Daha sonra altın ile kaplanan örnekler, SEM cihazının numune çemberine yerleştirildi ve vakum 5.10^{-5} mbar vakuma geldiğinde LaB6 lamba yakılarak analize başlandı, sıfır derece eğim açısıyla incelendi. Her dentin örneğinden yüzey karakteristiği ve tübüllerdeki değişikliklerin incelenmesi amacıyla x1000 ve x2000 büyütmede görüntüler elde edildi.

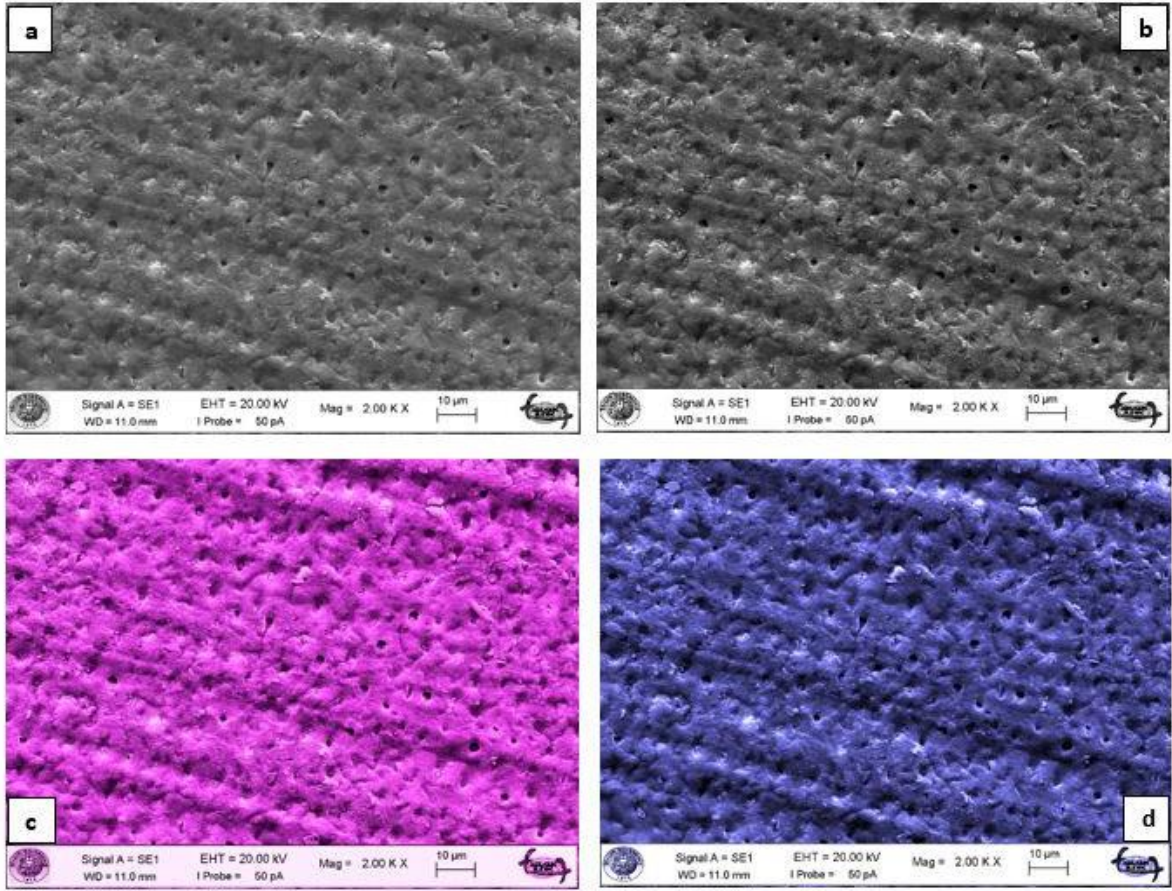


Resim 9. Dentin disklerin standa yerleştirilmesi

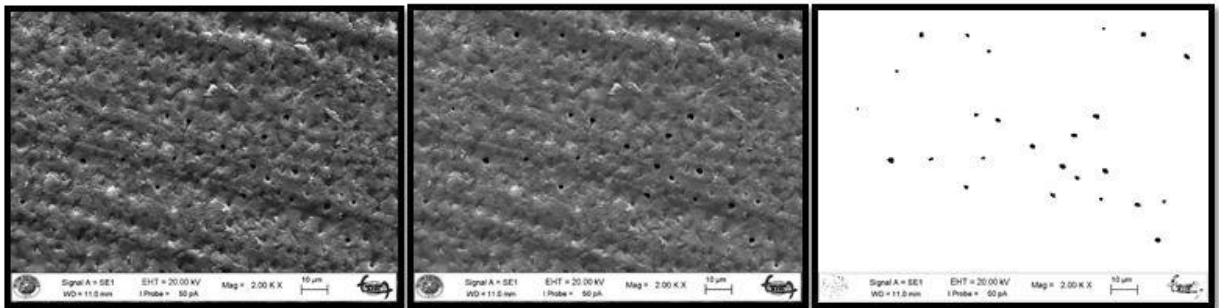
Alınan mikrofotografardan, x1000 büyütmede $100 \mu\text{m}^2$ 'deki açık dentin tübül sayısı, x 2000 büyütmede ise açıkta kalan dentin tübüllerinin sayısı ve çapı belirlendi.

Elde edilen mikrofotografar üzerinde image J programı kullanılarak hesaplamalar yapıldı[229]. Yine image j programı kullanılarak çeşitli renk filtreleri ile açıkta kalan dentin tübüleri tespit edildi, görüntüler alındı (Resim 10). Dentin tübüleri ve dışı arasındaki gri piksel yoğunluk farkından yararlanılarak, açık tübüller tespit edilerek image j yazılım poligonu kullanılarak hesaplamalar yapıldı(Resim 11)(Resim 12)[230]. Tüm morfometrik ölçümler tek araştırmacı tarafından yapıldı.

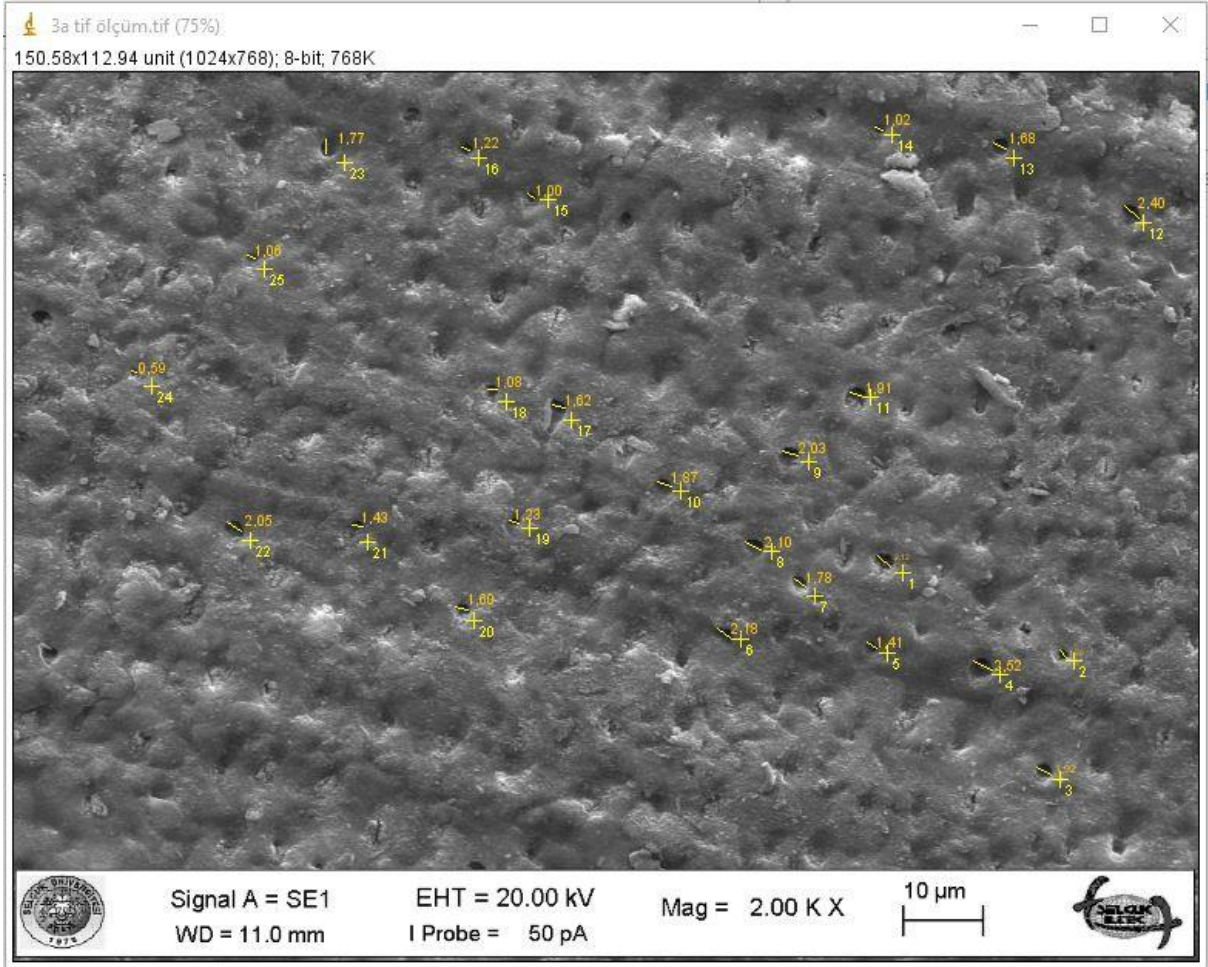
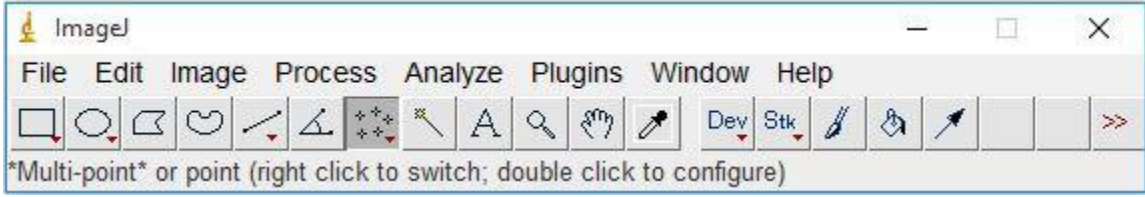
$100 \mu\text{m}^2$ 'deki açıkta kalan dentin tübül sayıları her örnek için x 1000 büyütme de alınan mikrofotografar üzerinde image j programı kullanılarak (x; 144, y; 88) koordinatları baz alınarak hesaplandı (Resim 13).



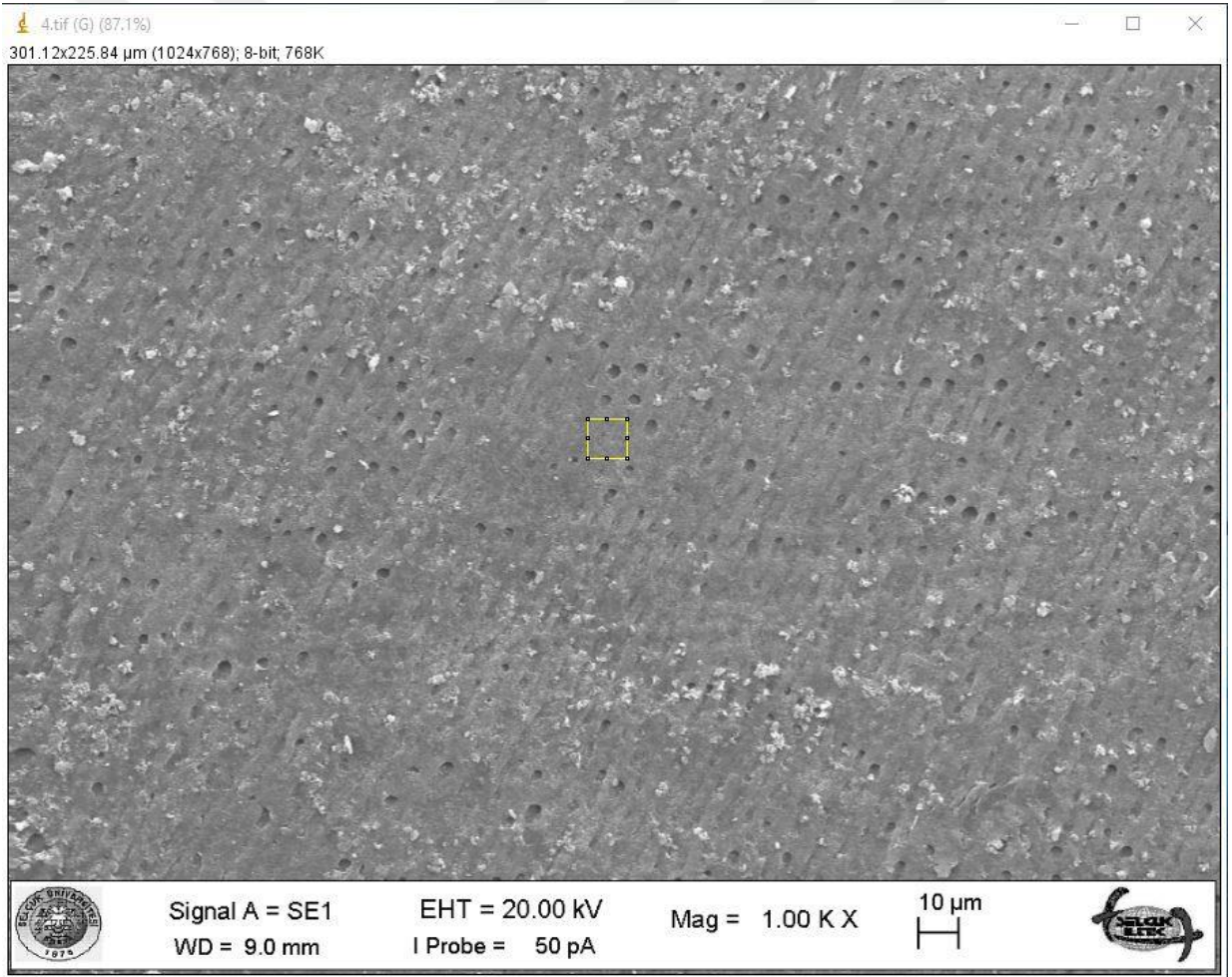
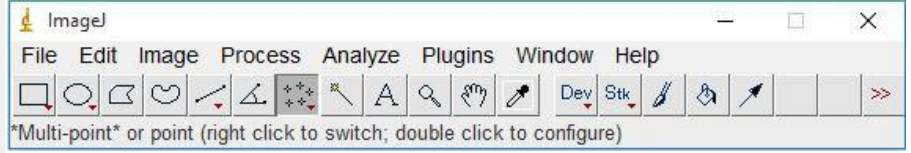
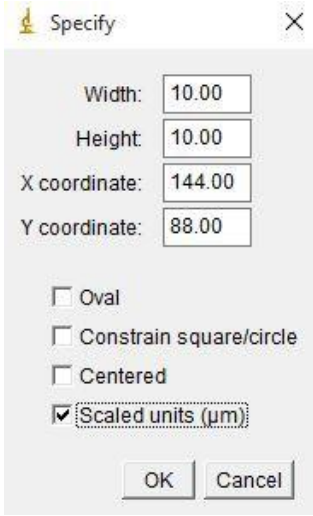
Resim 10. x 2000 büyütme ile açıkta kalan dentin tübüllerinin tespiti amacıyla image j programı ile çeşitli renk filtrelerinin uygulanması



Resim 11. İmage J programı kullanılarak aynı görüntü üzerinde açık tübüllerin tespit edilmesi



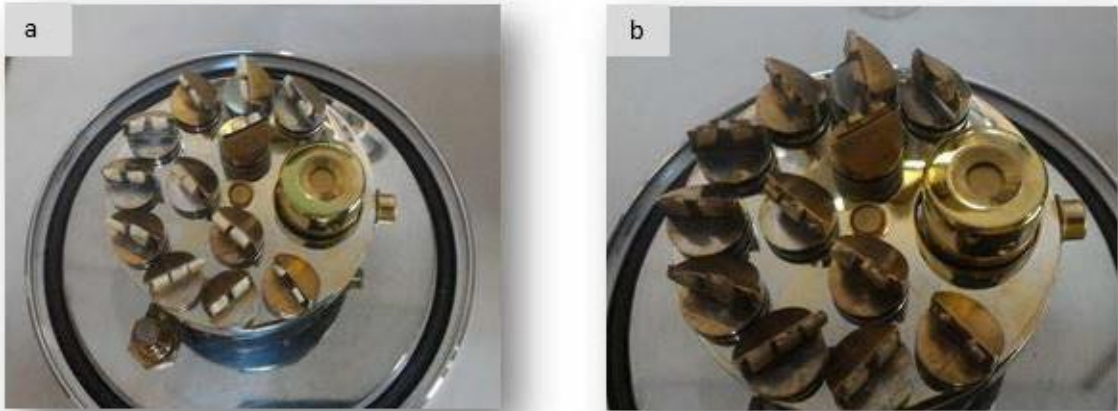
Resim 12. Açık tübül sayısının ve çapının image j programı ile hesaplanması



Resim 13. . x1000 büyütme ile alınan mikrofotograflar üzerinde $100\mu^2$ deki açık dentin tübül sayısının belirlenmesi (x; 144, y; 88)

Hassasiyet giderici tedavilerin dentin tübülleri içerisinde oluşturdukları morfolojik değişikliklerin görüntülenebilmesi amacıyla her gruptan ayrıca 1'er örnek daha hazırlandı. Öncelikle hassasiyet giderici tedavi uygulamaları gerçekleştirildi. Dentin örnekleri, deney materyalleri ve lazer tedavi uygulamalarını takiben, yapay tükürük çözeltisinde (ph 7) oda sıcaklığında 24 saat bekletilip distile su ile yıkanarak hava ile kurutuldu. Dentin disklerinin kolaylıkla kırılabilmesi için; her bir diske ajan ve lazerlerin uygulandığı yüzey etkilenmeyecek şekilde, aerotor ve alev uçlu frez yardımıyla 0,5 mm derinliğinde, su soğutması altında bir oluk açıldı. Tedavi ve tedavi sonrası yapay tükürükte bekletilen bütün örnekler, uygulama yüzeylerine dokunmamaya özen gösterilerek cam petri kaplarına yerleştirildi ve desikatöre alındı. Desikatörde 12 saat boyunca vakum altında tutuldu.

Kaplama aşamasına geçmeden hemen önce; dentin disklerinin pense ile tutulup, önceden açılmış olan oluklar hizasından kırılmaları sağlandı. Kırılan dentin diskleri; stand üzerlerine dikey şekilde yerleştirildi [111] (Resim 14) ve bu şekilde kaplama cihazına (108 Auto Sputter Coater, USA) alınarak 90 sn boyunca 5nm kalınlığında altın/paladyum (Au/Pd) ile kaplama yapıldı (Resim 14). Dentin disklerinin kırık hatlarının görüntülenmesi; SEM cihazında, 20 kV'ta, x3500, x5000 ve x10000 arasında değişen çeşitli büyütme oranlarında aksiyel görüntüler elde edildi.



Resim 14. Dentin disklerin kırıldıktan sonra stand üzerinde 90⁰ dik açıyla konumlandırılması
a. Kaplama yapılmadan önceki görünüm **b.** Kaplama yapıldıktan sonraki görünüm

3.6. Erozyon Direncinin SEM İle Değerlendirilmesi

Çalışmanın, uygulanan hassasiyet giderici tedavilerin, asit ataklarına karşı direncini inceleyeceğimiz bölümünde 45 adet apikal gelişimini tamamlamış, çürüksüz, çekilmiş büyük azı dişi kullanıldı. Belirlenen 9 grup için 3.2 başlığında anlatıldığı gibi elde edilen dentin örneklerine 3.3 başlığında olduğu gibi sırasıyla hassasiyeti giderici ajan ve lazer uygulamaları yapıldı. Kontrol grubu, EDTA uygulamasını takiben başka bir işlem uygulanmadan yalnızca erozyon siklusuna tabi tutuldu.

3.6.1. Yapay Tükürüğün Hazırlanması

Hassasiyet giderici ajanların tek tek ve 3 tip farklı lazer ile kombine kullanımlarını takiben her grup için ayrı ayrı hazırlanan tüm örnekler, uygulama yüzeyi hariç, asitten etkilenmeyen cila ile 2 kat kaplandı. Ardından hazırlanan yapay tükürük çözeltisinde (Amaechi ve ark.'nın formülleri adapte edilerek hazırlandı) [231, 232] (pH 7) (Tablo 4) oda sıcaklığında 24 saat bekletildi.

Erozyon döngüsünü başlatmadan önce ve erozyon döngüleri arasında örnekleri saklamak için yapay tükürük kullanıldı. Bileşikler yüzdeleri dikkate alınarak hassas terazide tartılıp üzerine 1 litreye kadar distile su ilave edildi (Tablo 4). Sodyum karboksimetil selüloz'un çözünmesi için çözelti manyetik karıştırıcıyla 3 saat karıştırıldı. Yapay tükürüğün ilk pH değeri 7,5 olarak ölçüldü. Seyreltik HCl ilave edilerek pH 7,0'ye düşürüldü.

Tablo 5. Yapay tükürük içeriği [231, 232].

Miktar	İçerik
KCl	624.73 mg/l
KH ₂ PO ₄	326.620 mg/l
K ₂ HPO ₄	804.712 mg/l
CaCl ₂ .2H ₂ O	166.130 mg/l
C ₈ H ₈ O ₃	2.000 mg/l
MgCl ₂ .6H ₂ O	58.96 mg/l
CMC-Na	10.000 mg/l
Deiyonize su	1,000 ml

3.6.2 Erozyon Siklus Uygulamaları



Şekil 12. Erozyon siklus dizaynı [233]

Sitrik asit birçok asitli içecekte bulunan ve şiddetli erozyon oluşturma potansiyeline sahip olan bir bileşendir. Literatürde olduğu gibi bu çalışmada da; sitrik asit ihtiva eden

içecekleri taklit etmek için %0,3'lük (pH 3,2) sitrik asit çözeltisi kullanıldı. Hassas terazide 3 gram sitrik asit* tartılıp üzerine 1 litreye kadar distile su ilave edilerek %0,3'lük sitrik asit çözeltisi elde edildi. Hazırlanan sitrik asit çözeltisinin pH değeri, pH metre (Jenway 3010 pH meter, Essex, İngiltere) ile ölçülerek 2,3 olarak ayarlandı.

Her bir grup için tüm örnekler erozyon siklusuna tabi tutulmuştur. Her bir örnek önce 5 dakika (dk) boyunca %0,3'lük (pH α 2,3) sitrik asit solüsyonunda bekletilmiştir. Ardından örnekler distile suyla yıkanmış, dikkatli bir şekilde kağıt havlu ile kurulanmış ve 60 dk boyunca yapay tükürükte (pH 7) bekletilmiştir. Tüm bu işlemler 5 gün boyunca günde 3 kez tekrarlanmıştır[233]. Geri kalan sürede örnekler yapay tükürükte oda sıcaklığında (25 C⁰) bekletilmiştir [234]. Sitrik asit solüsyonu her demineralizasyonda, yapay tükürük ise her siklusun başında olmak üzere günde 1 defa değiştirildi [235]. Erozyon siklusu tamamlandıktan sonra örnekler distile suyla yıkanıp, kurutularak ardından tekrar yüzey morfolojisi ve dentin tübüllerinde meydana gelen değişikliklerin değerlendirilmesi amacıyla x1000 ve x2000 büyütme SEM ile incelenmiştir.

3.7. Penetrasyon Derinliğinin Konfokal Lazer Taramalı Mikroskop İle Belirlenmesi

Çalışmanın, tedavilerin penetrasyon derinliklerinin incelendiği bölümünde 46 adet apikal gelişimini tamamlamış, çürüksüz, çekilmiş büyük azı dişi kullanıldı. Örnekler, çalışmanın dentin tübül örtücülüğünün belirlendiği kısımda anlatıldığı şekilde hazırlandı. (Bkz 3.2)

Elde edilen 90 adet dentin diski 10 adet çalışma grubuna paylaştırıldı. Kullanılan alt ve üst molar dişlerin her grup için eşit sayıda olmasına dikkat edildi. Florasan boya uygulanmadan görüntü almak üzere fazladan 2 adet örnek hazırlandı.

Tablo 6. Dentin örneklerinin deney gruplarına göre dağılımı ve uygulanan işlemler

GRUP	ÖRNEK SAYISI	İŞLEM
Grup I	2	Kontrol grubu (Yalnızca EDTA)
Grup II	10	Kontrol grubu (Yalnızca Rhodamin B)
Grup III	10	Teethmate (yalnızca kalsiyum fosfat içerikli hassasiyet giderici ajan)
Grup IV	10	Diod Lazer ,445 nm + Teethmate
Grup V	10	Diod Lazer ,970 nm + Teethmate
Grup VI	10	Nd:YAG Lazer,1064 nm+Teethmate
Grup VII	10	Professional Oral Care n HAP (yalnızca nanohidroksiapatit içerikli hassasiyeti giderici ajan)
Grup VIII	10	Diod Lazer,445 nm + n HAP
Grup IX	10	Diod Lazer,970 nm + n HAP
Grup X	10	Nd:YAG Lazer,1064 nm+ n HAP

3.7.1. Hassasiyet Giderici Ajanların Uygulanması

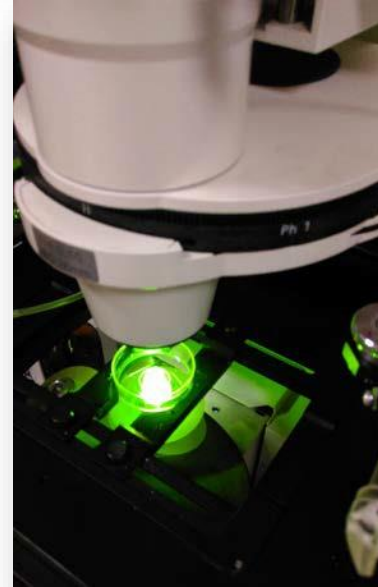
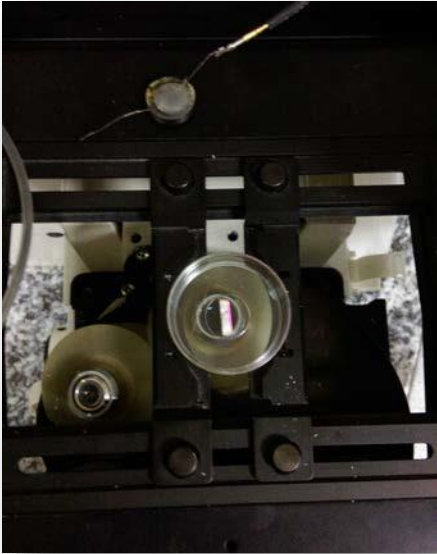
Teethmate : Grup III, IV,V, VI daki Konfokal lazer incelemesi yapılacak dentin örneklerine, üretici firma talimatlarına göre hazırlanan ajan içerisine, solüsyonun %0.1 oranında içerecek şekilde hassas terazi ile tartılan Rhodamine Bisothiocyante (Rhodamine B) (% 0.1, Merck, Darmstadt, Germany) karıştırılarak uygulandı. Klinik uygulamayı taklit etmesi amacıyla uygulama sırasında hava su spreyi ile hava sıkıldı. İşlem 3 kez tekrarlandı.

Professional Oral Care n HAP : Grup VII, VIII, IX, X daki Konfokal lazer incelemesi yapılacak dentin örneklerine, üretici firma talimatlarına göre hazırlanan ajan, içerisine %0.1 oranında hassas terazi ile tartılan Rhodamine Bisothiocyante (Rhodamine B) (% 0.1, Merck, Darmstadt, Germany) karıştırılarak uygulandı. Klinik uygulamayı taklit etmesi amacıyla uygulama sırasında hava su spreyi ile hava sıkıldı. İşlem 3 kez tekrarlandı.

3.7.2. Hassasiyet Giderici Ajan Uygulamasını Takiben Lazer Uygulaması

Bu tez çalışmasında ajan uygulamasını takiben dentin örneklerine daha önce de anlatıldığı şekilde (Bkz 3.4.2) gruplara göre 445 nm Diod Lazer (SIROLaser Blue,SİRONA), 970 nm Diod Lazer (SIROLaser Blue,SİRONA), 1064 nm Nd YAG Lazer (Light Walker,FOTONA) uygulandı.

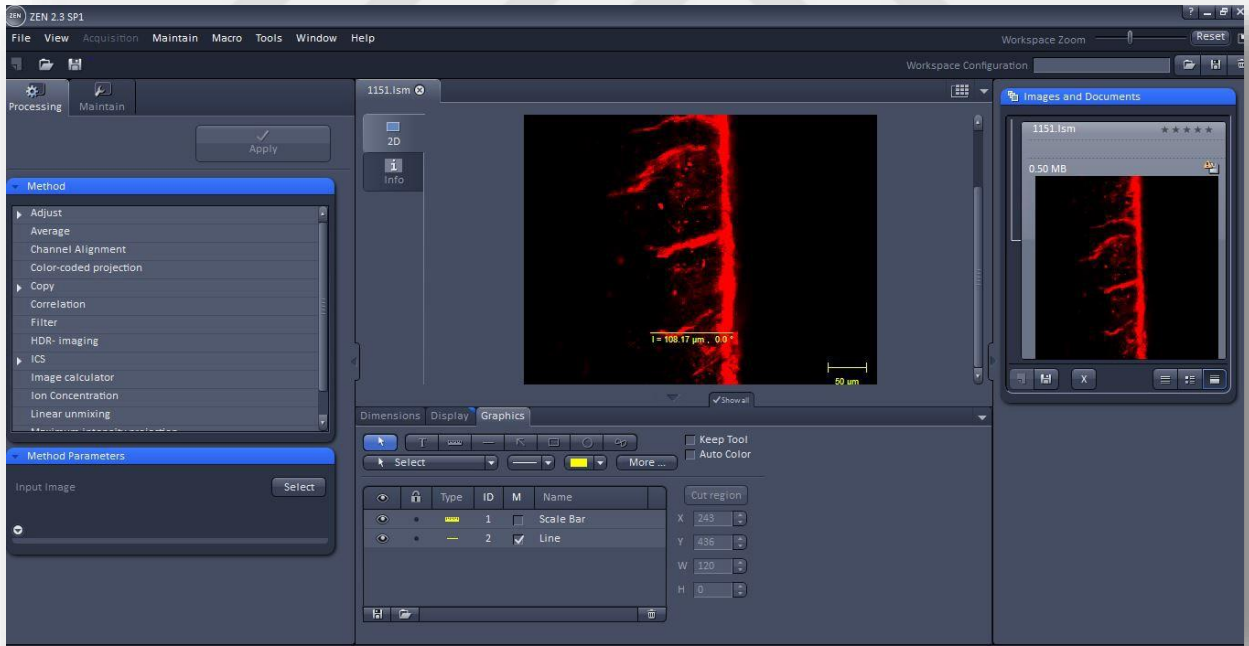
3.7.3. Konfokal Lazer İncelemesi



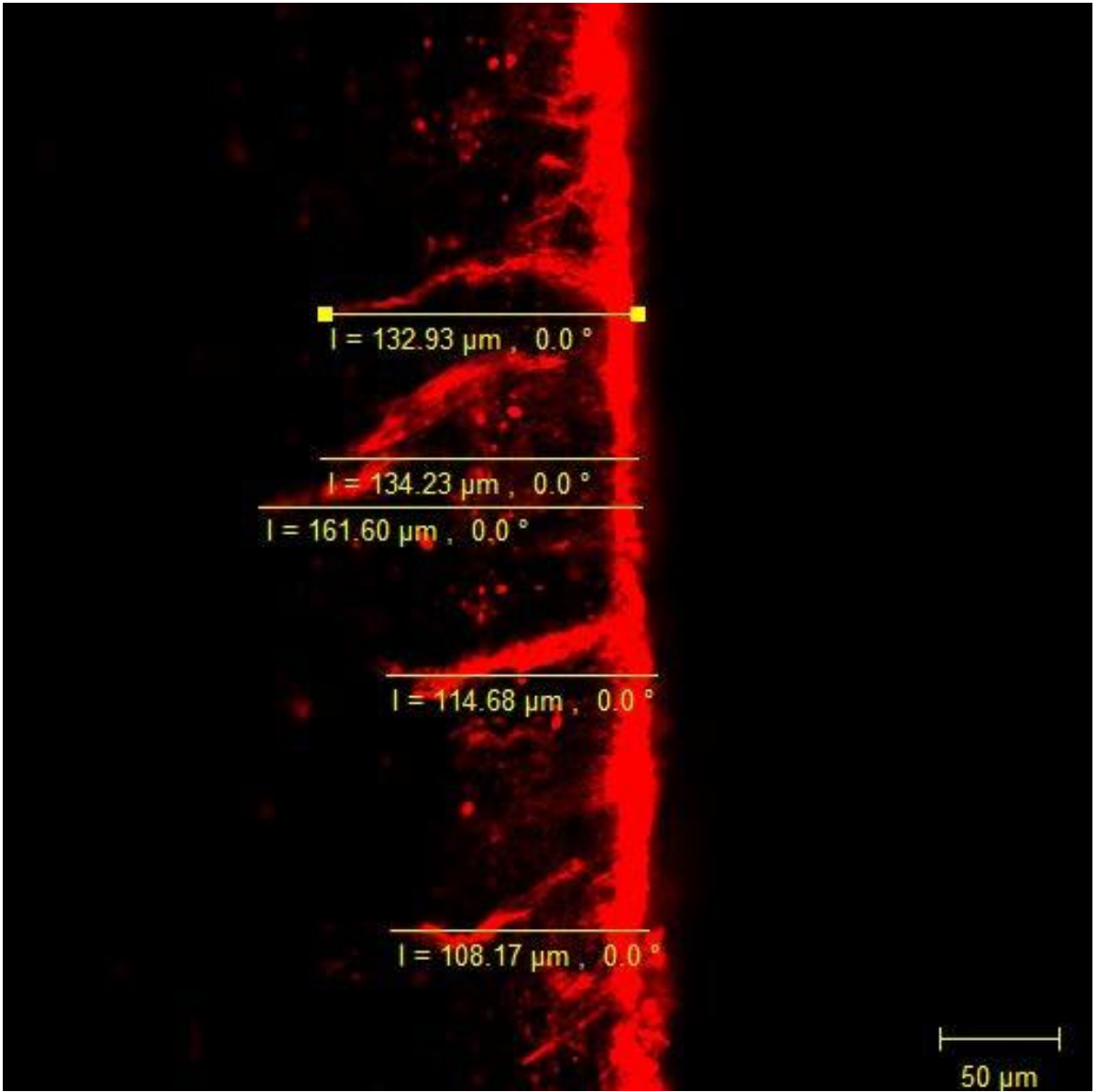
Resim 15. Örneklerin görüntülenmesinde kullanılan CLSM, Rhodamin B ile boyanan örneklerin mikroskop tablasına yerleştirilmesi ve incelenmesi

Hazırlanan dentin örnekler cam bir lam üzerine monte edilerek CLSM (LSM Pascal, Zeiss, Germany) (Resim 15) ile görüntüledi. Örnekler Rhodamin B ile işaretlendiğinden uyarı için helyum -neon lazerin 543 nm çizgisi kullanıldı [223, 224]. Örnekler 2,5X (NA 0,12), 10X (NA 0,3), 20X (NA) büyütme altında görüntüledi. Görüntüleme işlemine örnek yüzeyinin yaklaşık 10 µm altından başlandı ve 1 µm kalınlığında optik kesitler elde edildi. Bazı kayıtlarda daha yüksek çözünürlükte 10X ve 20X büyütmeli objektifler kullanıldığında, çözünürlük arttığı için çok sayıda ardışık görüntü kesitleri alınarak Z ekseninde değişen görüntü takımları oluşturuldu. Daha sonra Z görüntü takımlarından 3 boyutlu projeksiyon görüntüleri de elde edildi. Tübül penetrasyon derinlikleri hesaplanırken daha çok 10X objektif kullanıldı.

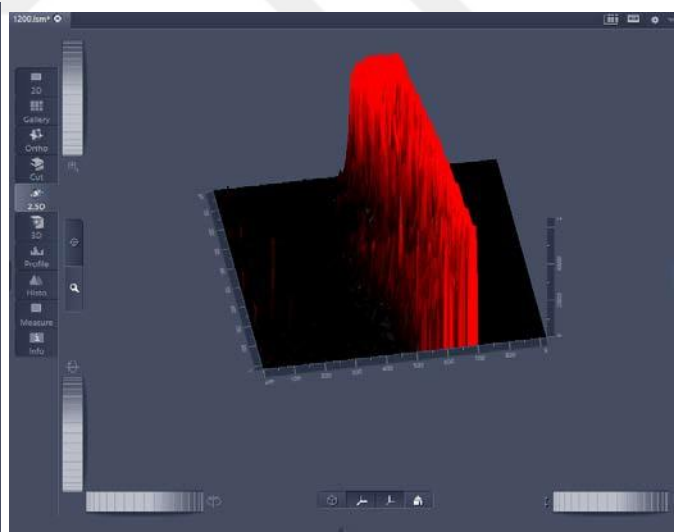
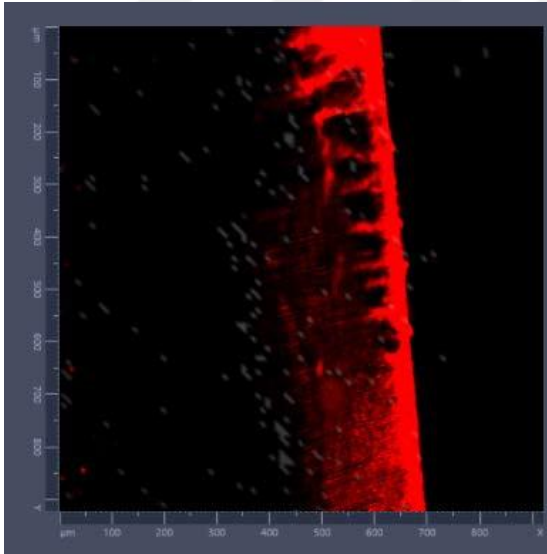
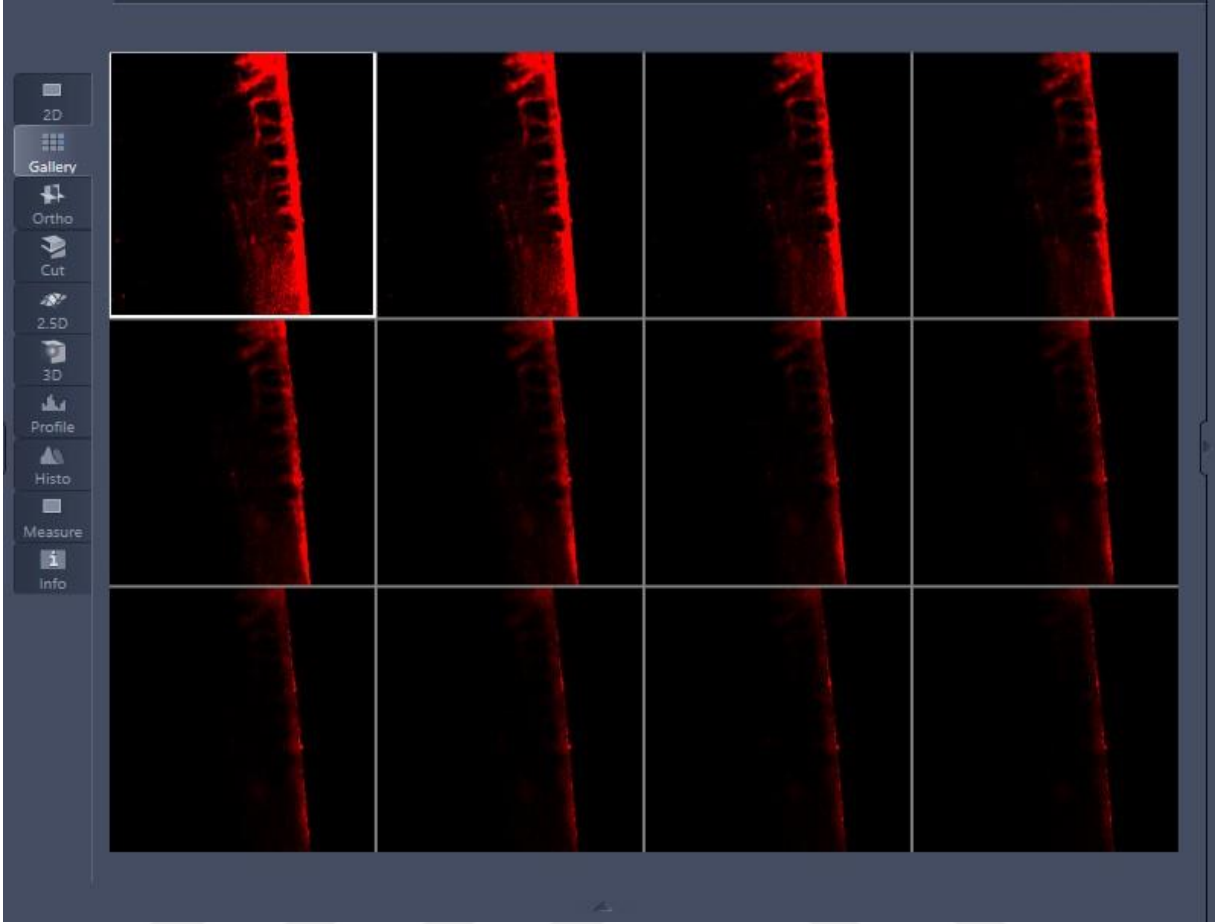
Elde edilen görüntüler Zeiss ZEN lite, ZEISS Microscopy programı (Carl Zeiss, Germany) (Resim 16) kullanılarak uygulanan tedavi seçeneklerinin maksimum dentin tübül penetrasyon derinlikleri tespit edildi (Resim 17) [223, 224]. Bu amaçla dentin tübülleri gözlemlenmeye çalışılıp ajanların dentin tübüllerine en derin penetre olduğu 5 mesafe ölçülerek ortalamaları hesaplandı [236].



Resim 16. Zeiss ZEN lite programı ile penetrasyon derinliklerinin ölçülmesi



Resim 17. Görüntülerin üzerinde ölçüm yapılması



Resim 18. . Zeiss Zen Lite (Blue Edition) programı kullanılarak penetrasyon derinliklerinin 3 boyutlu değerlendirilmesi, z stack görüntü dizisi

3.8. İstatiksel Analiz

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilks testi ile değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılım göstermediği saptanmıştır. Parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi ve farklılığa neden olan grupların tespitinde Mann Whitney U test kullanıldı. Parametrelerin iki grup arası karşılaştırmalarında Mann Whitney U test kullanıldı. Anlamlılık $p < 0.05$ düzeyinde değerlendirildi.



4. BULGULAR

4.1. Dentin Tübül Örtücülüğüne Ait SEM Bulguları:

Açıkta kalan tübül sayısının değerlendirilmesi

Erozyonsuz, 24 saatlik yapay tükrük grubunda; gruplar arasında açıkta kalan tübül sayıları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$) (Tablo 7). Anlamlılığın hangi gruptan kaynaklandığının tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Kontrol grubunun açıkta kalan tübül sayısı, diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$)(Tablo 8). Teethmate grubunun açıkta kalan tübül sayısı, Diod 970+Teeth, NdYAG+Teeth. ve NdYAG+ Nhap gruplarından anlamlı şekilde yüksektir ($p<0.05$). Teethmate grubunun açıkta kalan tübül sayısı ve Nhap grubu arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Diod 445+Teeth, Diod 970+Teeth ve NdYAG+Nhap gruplarının açıkta kalan tübül sayıları NdYAG+ Teeth grubundan anlamlı şekilde yüksektir ($p<0.05$). Nhap grubunun açıkta kalan tübül sayısı, Diod 445+Teeth, Diod 970+Teeth, NdYAG+Teeth. ve NdYAG+ Nhap gruplarından anlamlı şekilde yüksektir ($p<0.05$). Nhap ve Nhap+ Diod lazerler grupları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Diod 445+Nhap grubunun açıkta kalan tübül sayısı, Diod 445+ Teeth, Diod 970+ Teeth, NdYAG+Teeth ve NdYAG+ Nhap gruplarından anlamlı şekilde yüksektir ($p<0.05$) . Diğer gruplar arasında açıkta kalan tübül sayıları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 8).

Ortalama tübül çapının değerlendirilmesi

Erozyonsuz, 24 saatlik yapay tükrük grubunda; gruplar arasında ortalama çap açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$) (Tablo 10). Anlamlılığın hangi gruptan kaynaklandığının tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Kontrol grubunun ortalama çapı, Diod 445 ve Diod 970 + Nhap grupları dışındaki tüm gruplardan anlamlı şekilde yüksektir ($p<0.05$) (Tablo 11). Diod lazerin 2 grubu + Teethmate gruplarının ortalama çapları, Teethmate grubundan anlamlı derecede yüksek bulundu ($p<0.05$). Teethmate grubu ve Nhap grubu arasında anlamlı fark yok iken ($p>0.05$); Teethmate ve Nhap+ lazer

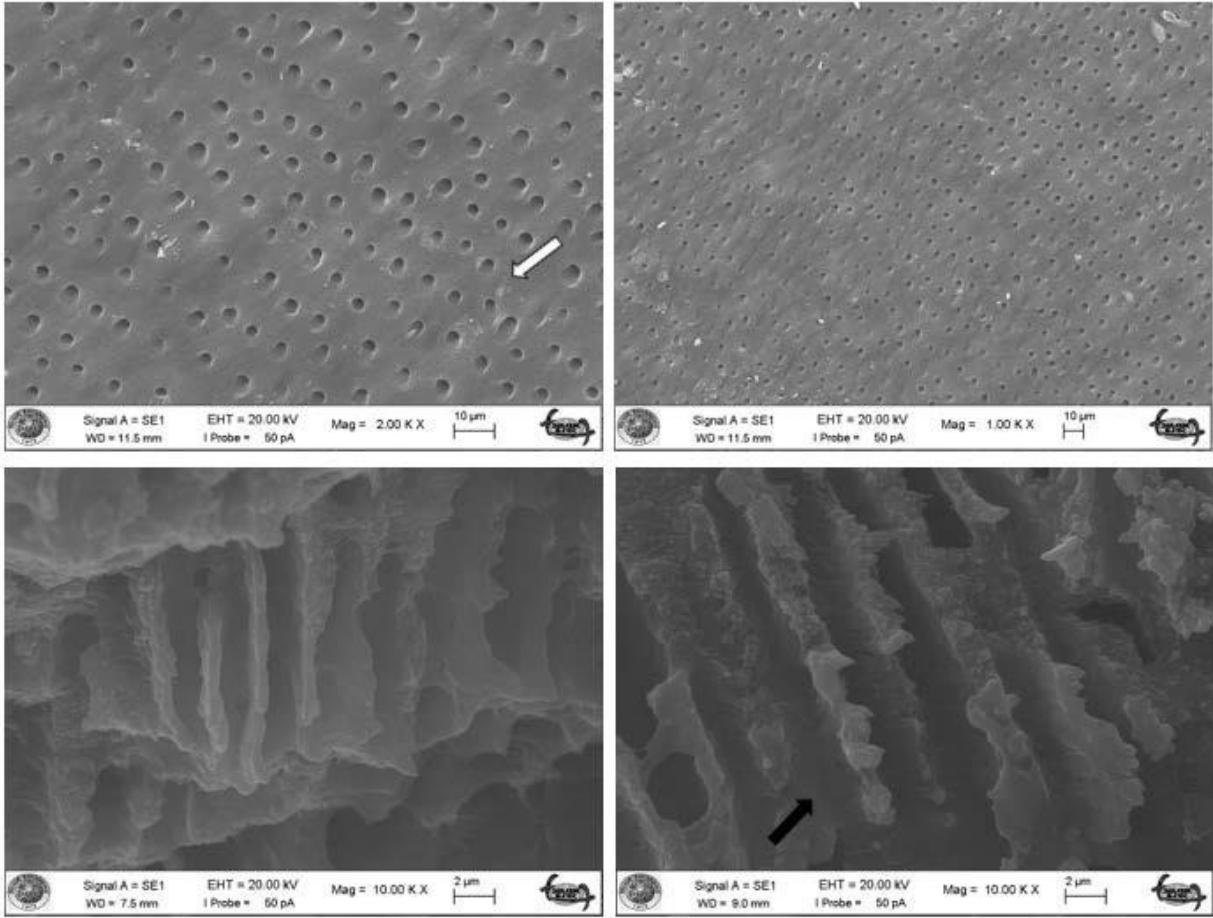
gruplarının 3 ü ile de anlamlı fark olduğu ($p<0.05$) ve Teethmate'in ortalama çapının daha düşük olduğu bulundu. Diod 970+ Teeth. ve Diod 445+ Teeth. grubunun ortalama çapı, Teethmate, NdYAG teeth ve Nhap gruplarından anlamlı şekilde yüksektir ($p<0.05$). NdYAG+Teeth grubunun ortalama tübül çapı anlamlı derecede her iki Diod+Teeth. grubundan daha düşük bulundu. Nhap grubu ortalama tübül çapı, tüm lazer+Nhap gruplarından anlamlı derecede düşük bulundu. Diod 445+Nhap ve Diod 970+Nhap grubunun ortalama çapı, Teethmate, Diod 445+Teeth, Diod 970+Teeth, NdYAG+Teeth, Nhap ve NdYAG+Nhap gruplarından anlamlı şekilde yüksektir ($p<0.05$). NdYAG+Nhap grubunun ortalama çapı, Teethmate, NdYAG+Teeth ve Nhap gruplarından anlamlı şekilde yüksektir ($p<0.05$). Diğer gruplar arasında ortalama çap açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 11).

100 μ 2 başına düşen ortalama açıkta kalan dentin tübül sayısının değerlendirilmesi

Erozyonsuz,24 saatlik yapay tükürük grubunda; gruplar arasında 100 μ 2 deki tübül sayısı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$) (Tablo 13). Anlamlılığın hangi gruptan kaynaklandığının tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Kontrol grubunun 100 μ 2 deki tübül sayısı, diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). NdYAG+ Teeth grubunun 100 μ 2 deki tübül sayısı, Nhap, Diod 970 +Nhap ve NdYAG +Nhap gruplarından anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Diğer gruplar arasında 100 μ 2 deki tübül sayıları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 14).

4.1.1 Kontrol Grubu

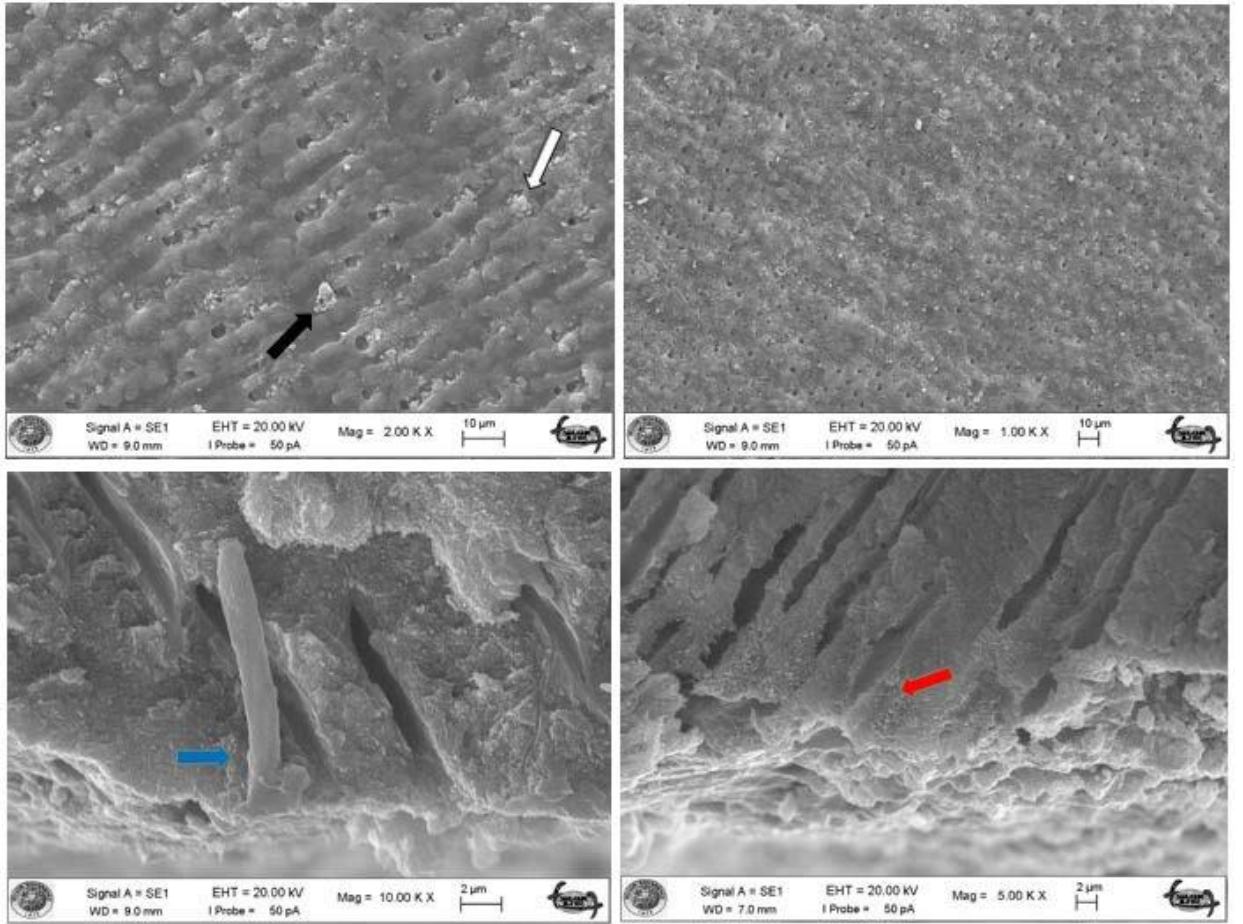
Kontrol grubundan alınan SEM görüntülerinde, smear tabakanın ortadan kalktığı, farklı çaplardaki tüm dentin tübül ağzlarının tamamen açıldığı gözlemlendi (Resim 19). Kanal ağzları ve kanal girişlerinin tamamen açık olduğu gözlemlendi. Açığa çıkmış dentin yüzeyine 2 dk boyunca % 17 EDTA uygulamasını takiben açıkta kalan ortalama tübül sayısı $168,2 \pm 23,88$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $1,76 \pm 0,18$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $1,5 \pm 0,78$ bulundu.



Resim 19. Erozyonsuz kontrol grubu x2000, x1000, cross-section x10000 dikey kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık dentin kanalları, siyah ok aynı şekilde boş dentin tübüller)

4.1.2 Teethmate Grubu

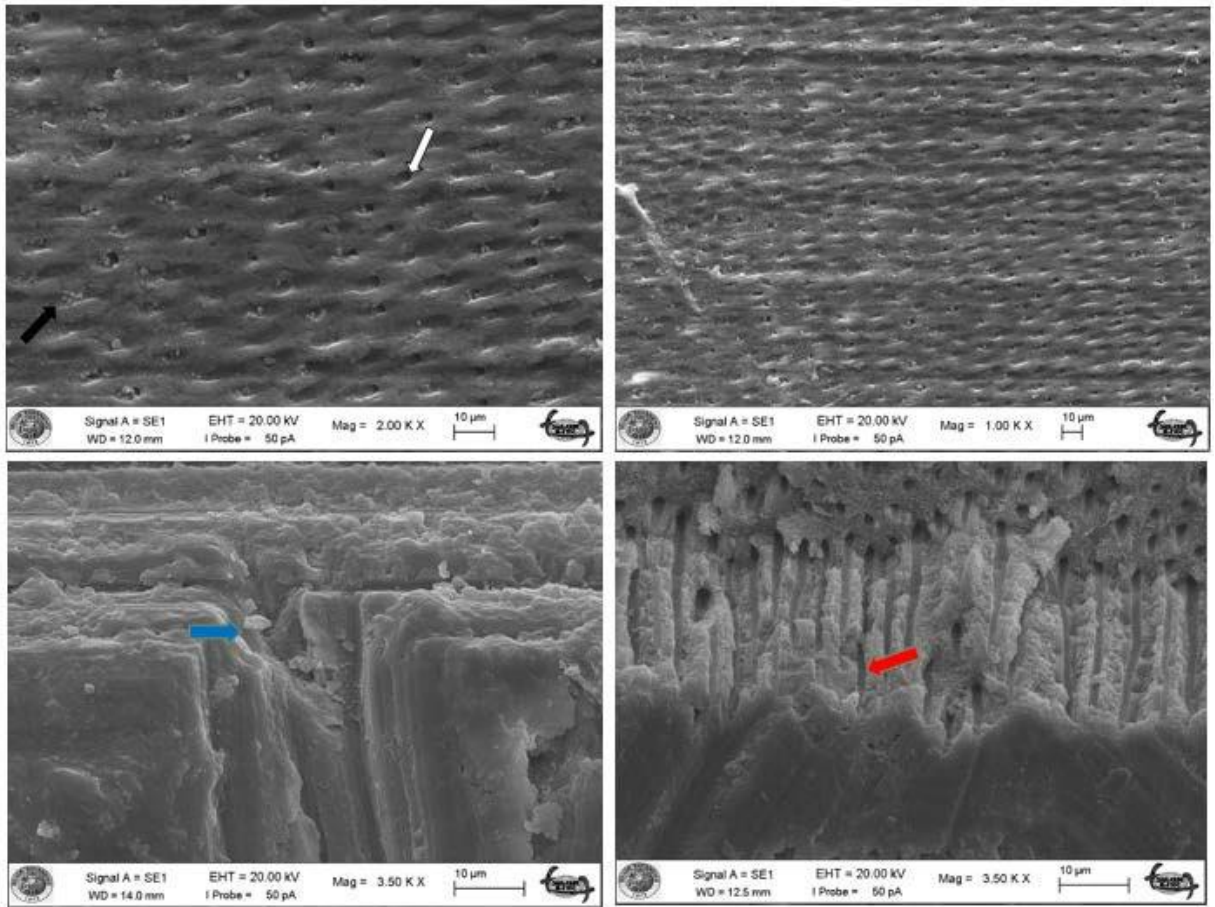
Tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan uygulanan ve ardından 24 saat yapay tükürükte bekletilen yüzeylerde dentin tübüllerinin yer yer tıkandığı, çaplarının daraldığı görülmekle beraber açıkta kalan tübüller de gözlendi (Resim 20). X 2000 görüntülerde kalsiyum fosfat kristallerinin birikimi, dikey kesit görüntülerde yaklaşık 10 µm kadar penetrasyonu görülmektedir. Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $14,4 \pm 6,75$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $0,63 \pm 0,32$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,05 \pm 0,16$ bulundu.



Resim 20. Erozyonsuz teethmate grubu x2000, x1000, cross-section x10000 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah, beyaz oklar kalsiyum fosfat kristalleri, mavi ok yaklaşık 10µm penetrasyon gösteren ajan, kırmızı ok kanal ağzlarında yer yer tıkanma)

4.1.3 Diod Lazer 445nm+ Teethmate Grubu

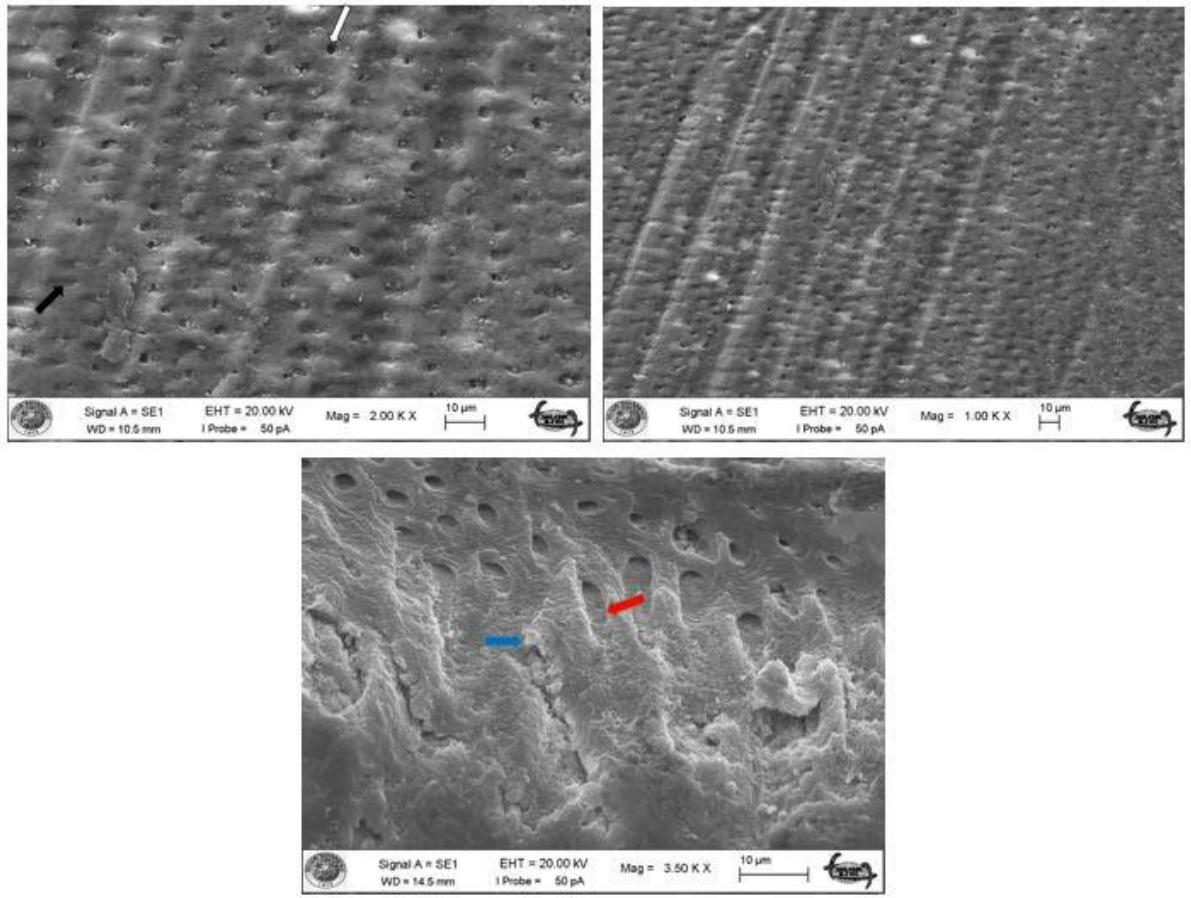
Tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan ve takiben SIROLaser Blue Diod Lazer (445 nm) uygulanan ardından 24 saat yapay tükürükte bekletilen dentin örnek yüzeylerinde tübül ağzlarının kabul edilebilir miktarda tıkandığı görüldü. Tübül ağzlarında lazerden kaynaklı erimeler gözlemlendi, dikey kesit görüntülerde tıkanmanın yüzeyel olduğu derine penetre olmadığı gözlemlendi (Resim 21). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $9,4 \pm 5,04$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $1,15 \pm 0,25$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,3 \pm 0,48$ bulundu.



Resim 21. Erozyonsuz Diod 445+Teeth. grubu x2000, x1000, cross-section x3500 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah ok tıkalı tübül, beyaz ok açık tübül ağzı, mavi ok penetre olmayan yüzeyel kalsiyum fosfat kristali, kırmızı ok penetre olmamış ajan)

4.1.4 Diod Lazer 970 nm+ Teethmate Grubu

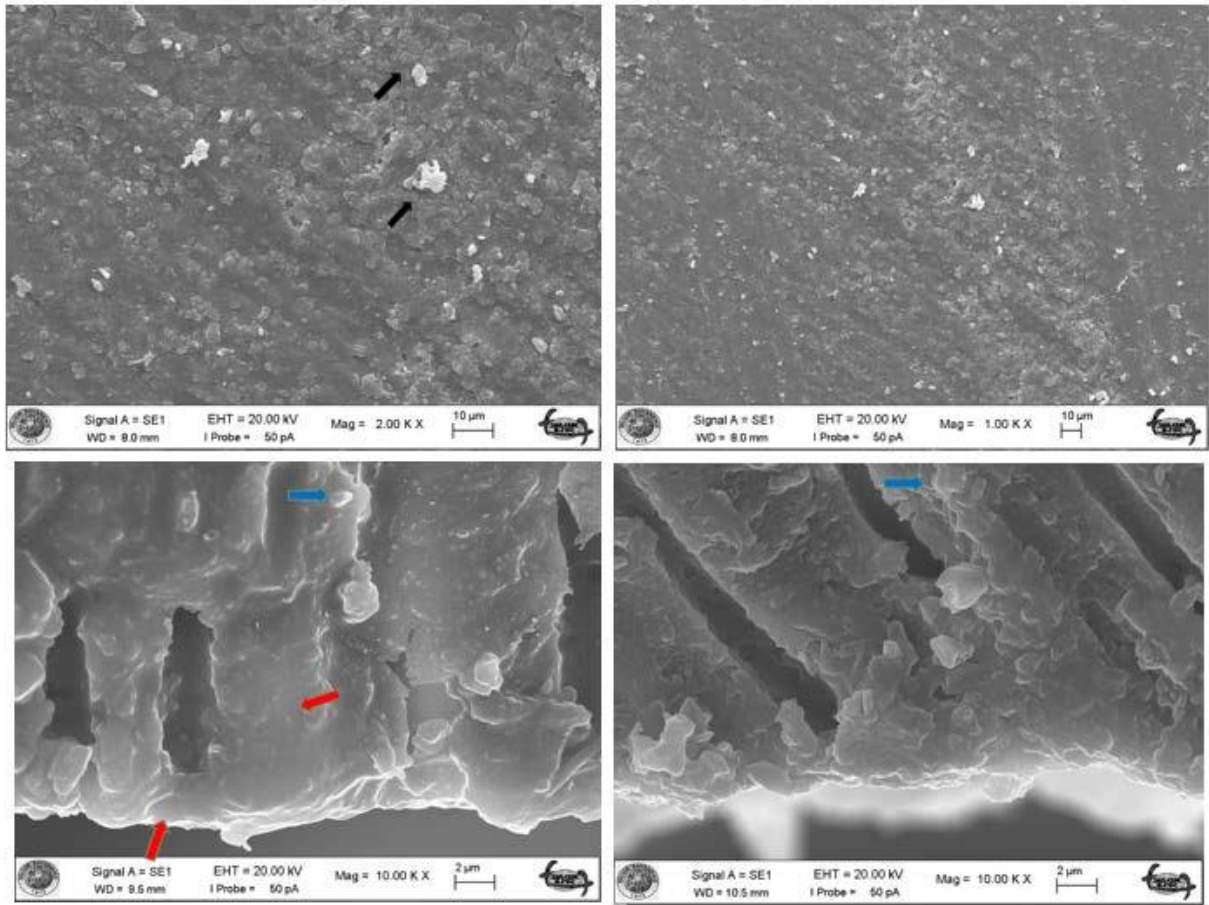
Tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan ve takiben SIROLaser Blue Diod Lazer (970 nm) uygulanan ardından 24 saat yapay tükürkte bekletilen dentin örnek yüzeylerinde tübül ağzlarında bir miktar erime ve tıkanma görüldü. Dikey kesit görüntülerde penetrasyon yüzeyel olduğu ve etkili bir tıkama sağlamadığı gözlemlendi. Tübül ağzlarındaki tıkanmanın, ajanın tek başına uygulanmasından daha az olduğu gözlemlendi (Resim 22). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $7,9\pm 3,57$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $1,29\pm 0,24$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,15\pm 0,34$ bulundu.



Resim 22. Erozyonsuz Diod 970+Teeth. grubu x2000, x1000, cross-section x3500 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah ok tıkalı tübül, beyaz ok açık tübül ağzı, mavi ok penetre olmayan yüzeyel kalsiyum fosfat kristali, kırmızı ok penetre olmamış ajan)

4.1.5 Nd:YAG Lazer, 1064 nm + Teethmate Grubu

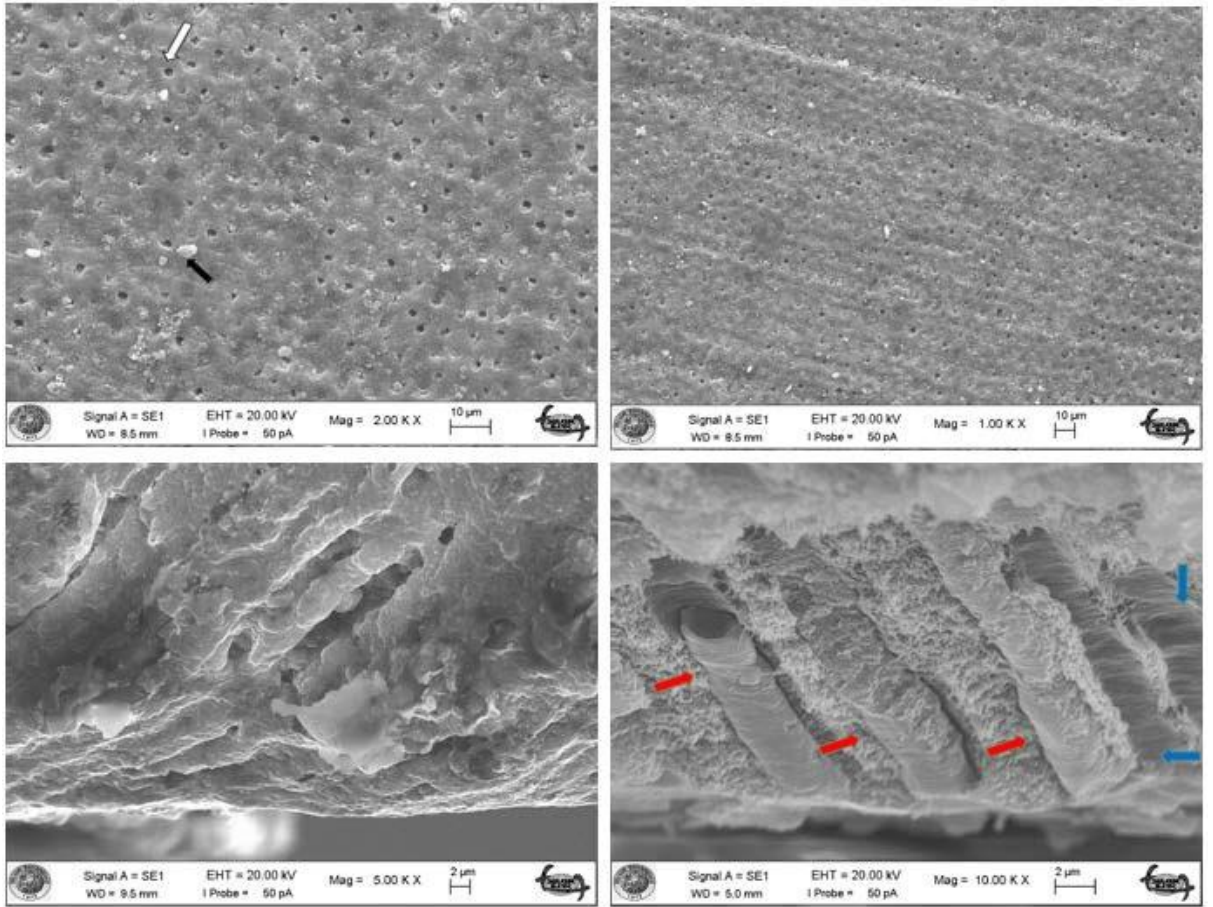
Tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan ve takiben Nd: YAG Lazer (1064 nm) uygulanan ardından 24 saat yapay tükürkte bekletilen dentin örnek yüzeylerinde dentin tübüllerinin kalsiyum fosfat kristalleri ile tamamına yakın tıkalı olduğu görüldü. Dikey kesit görüntülerde kanal ağzlarında ve tübül içine doğru belirgin erime ve oldukça iyi miktarda penetrasyon görüldü (Resim 23). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $3,6 \pm 1,78$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $0,81 \pm 0,22$ ve $10 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması 0 ± 0 bulundu.



Resim 23. Erozyonsuz NdYAG+Teeth. grubu x2000, x1000, cross-section x10000 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah ok kalsiyum fosfat kristalleri ile tıkalı tübül, mavi ok oldukça iyi penetre kalsiyum fosfat kristali, kırmızı ok erimiş kanal ağzı ve tübül)

4.1.6 Professional Oral Care, nHAP Grubu

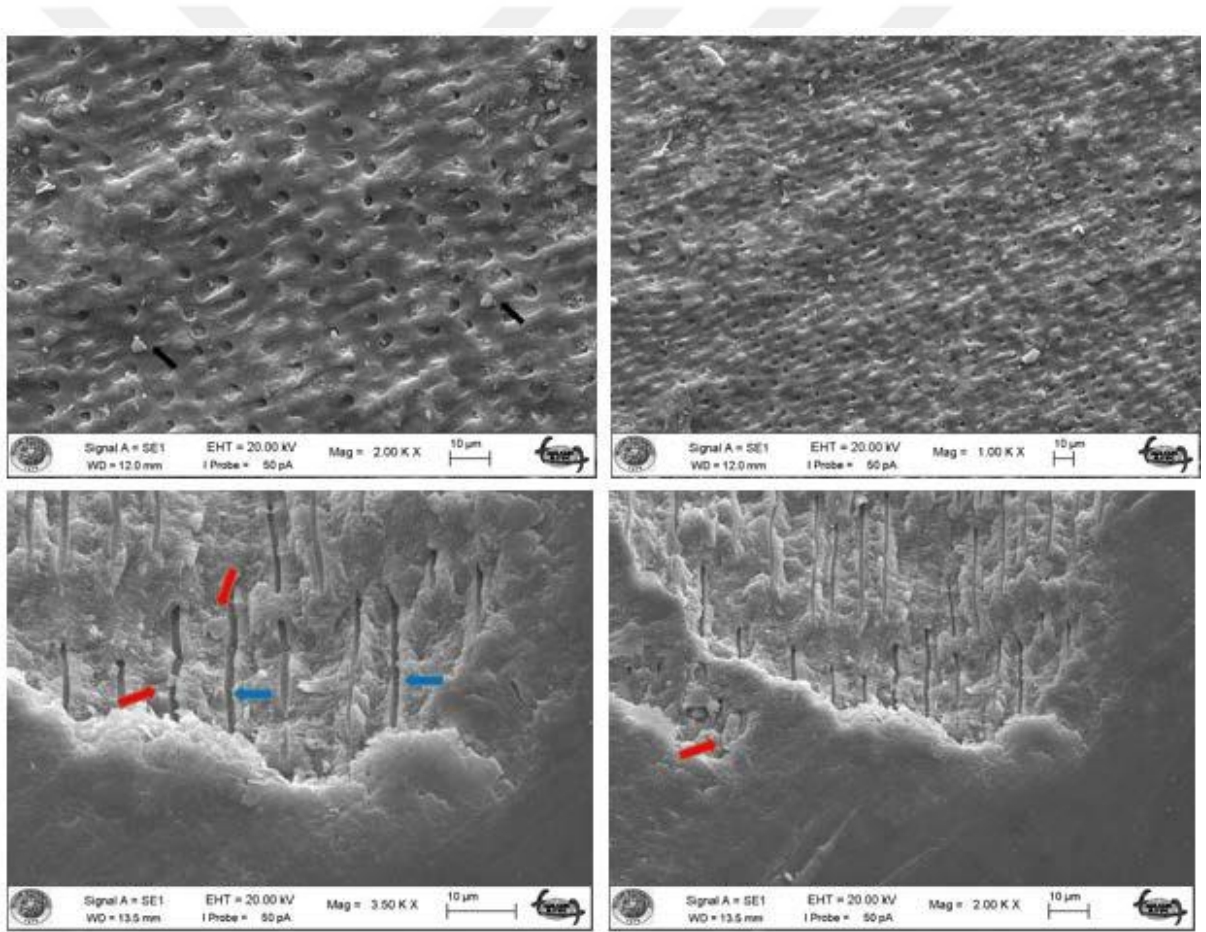
Nanohidroksiapatit içerikli Professional Oral Care Nhap hassasiyet giderici ajan uygulanan ve ardından 24 saat yapay tükürükte bekletilen dentin örnek yüzeylerinde diğer gruplara oranla daha fazla açık tübül görüldü. Kapalı tübüller üzerinde biriken Nhap kristalleri açıkça görülmektedir. Dikey kesitte Nhap in tübül penetrasyonunun oldukça iyi olduğu görüldü (Resim 24). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $18\pm3,74$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $0,73\pm0,16$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,4\pm0,57$ bulundu.



Resim 24. Erozyonsuz Nhap grubu x2000, x1000, cross-section x5000, x10000 dikey kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık tübül, siyah ok Nhap kristalleri, kırmızı ok tübül içine oldukça iyi penetre olmuş Nhap kristalleri, mavi ok açık kanal ağızları)

4.1.7 Diod Lazer 445nm+ nHAP Grubu

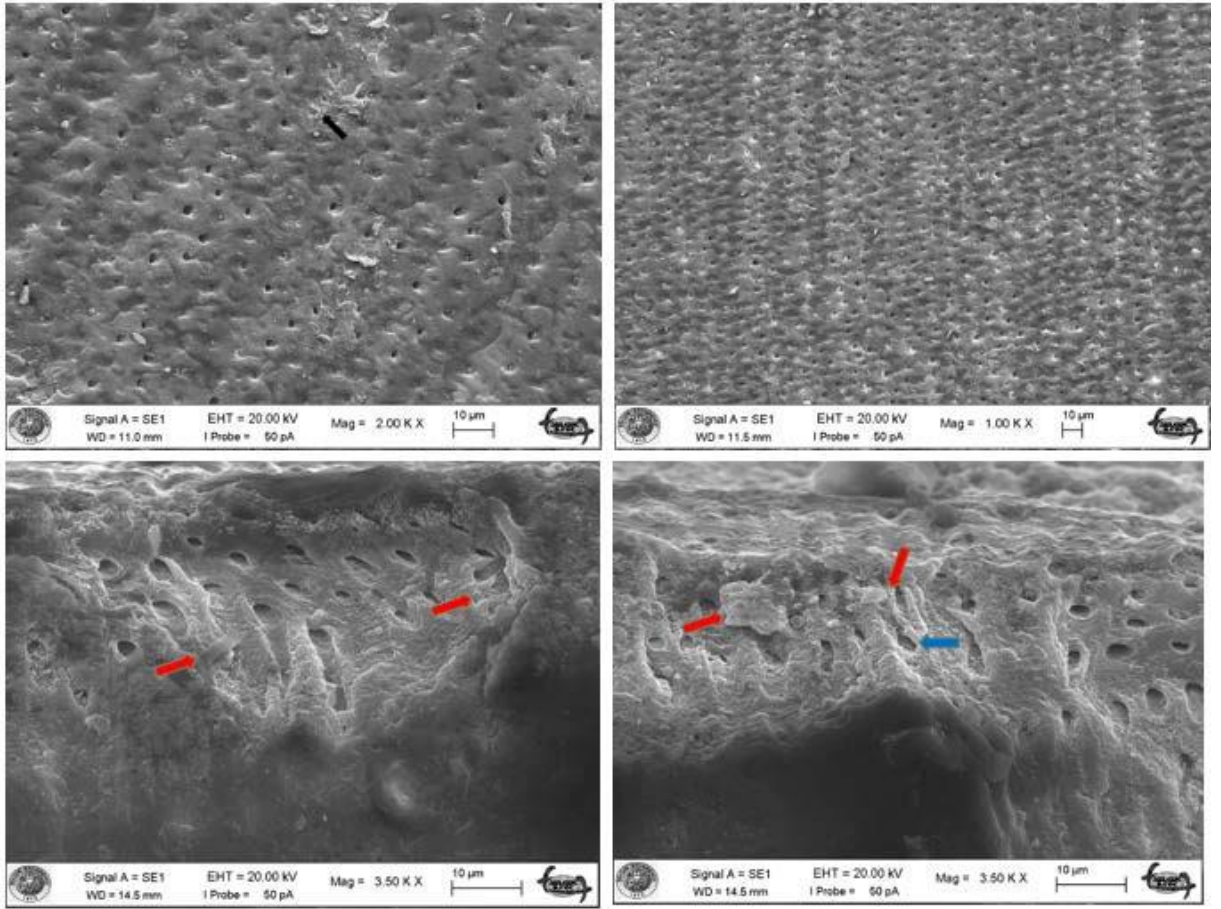
Nanohidroksiapatit içerkli Professional Oral Care Nhap hassasiyet giderici ajan ve takiben SIROLaser Blue Diod Lazer (445 nm) uygulanan ve ardından 24 saat yapay tükürkte bekletilen dentin örnek yüzeylerinde Teethmate ve Nd:YAG'lı gruplara oranla fazla sayıda açık tübül görüldü. Dikey kesit görüntülerde tübül içine penetrasyon çok fazla görülmeydi (Resim 25). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $16\pm6,41$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $1,73\pm0,36$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,3\pm0,48$ bulundu.



Resim 25. Erozyonsuz Diod 445+Nhap grubu x2000, x1000, cross-section x2000, x3500 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah ok Nhap kristalleri, kırmızı ok tübül içine penetre Nhap kristalleri, mavi ok penetrasyon görülmeyen tübüller)

4.1.8 Diod Lazer 970 nm+ nHAP Grubu

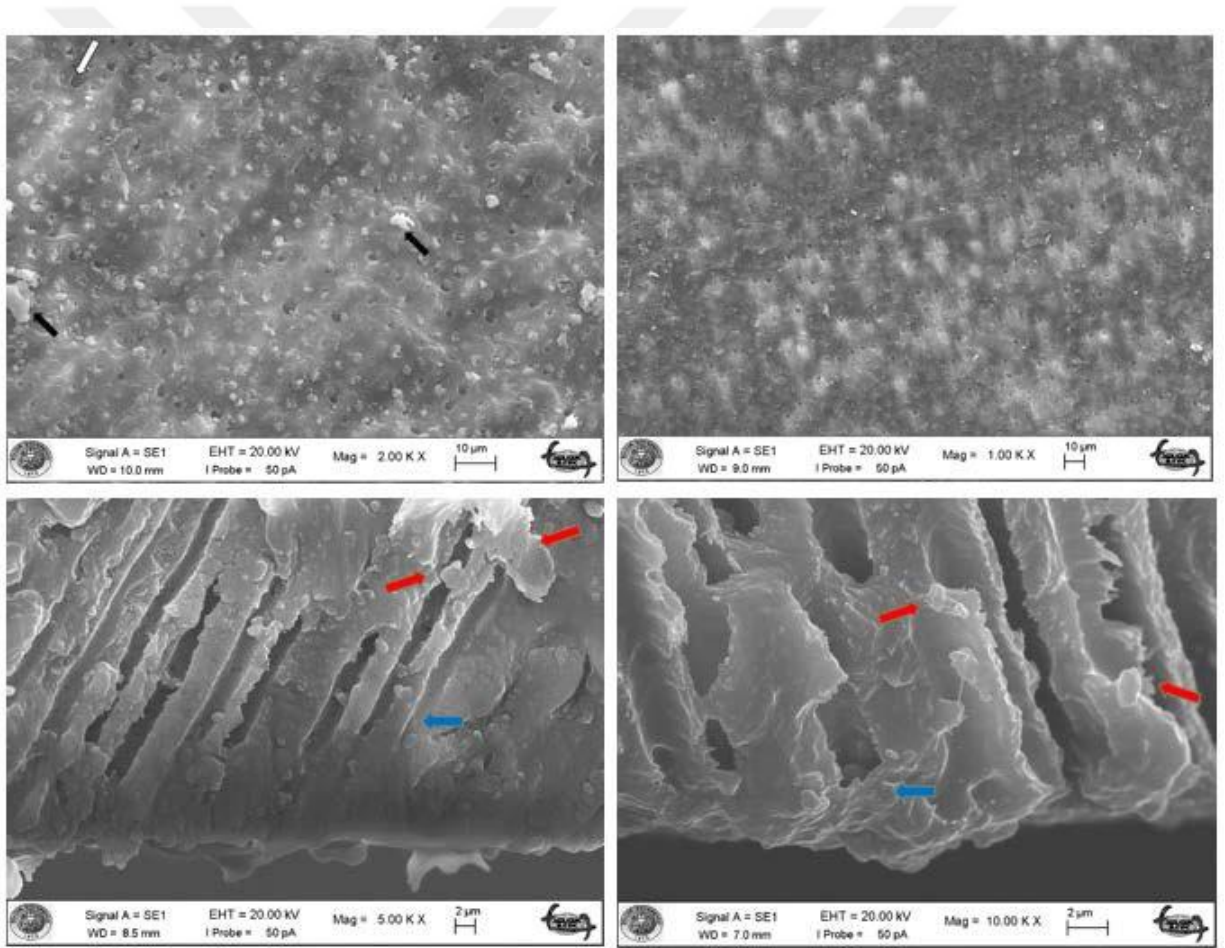
Nanohidroksiapatit içerkli Professional Oral Care Nhap hassasiyet giderici ajan ve takiben SIROLaser Blue Diod Lazer (970 nm) uygulanan ve ardından 24 saat yapay tükürkte bekletilen dentin örnek yüzeylerinde diğerk gruplara oranla daha fazla açık túbül görüldü. Yer yer túbül girişlerinde erimeler görüldü (Resim 26). Açıkta kalan ortalama túbül sayısı $15,5\pm 6,55$ ve açığa çıkan dentin túbül çaplarının ortalaması $1,58\pm 0,35$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan túbül sayısı ortalaması $0,4\pm 0,52$ bulundu.



Resim 26. Erozyonsuz Diod 970+Nhap grubu x2000, x1000, cross-section x3500 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah ok erime ve Nhap kristalleri ile tıkalı túbül girişleri, kırmızı ok Nhap kristalleri, mavi ok erime görünümü)

4.1.9 Nd:YAG Lazer, 1064 nm + nHAP Grubu

Nanohidroksiapatit içerkli Professional Oral Care Nhap hassasiyet giderici ajan ve takiben Nd: YAG Lazer (1064 nm) uygulanan ardından 24 saat yapay tükürkte bekletilen dentin örnek yüzeylerinde tübüllerin tamamına yakınının kapandığı görüldü. Dikey kesit görüntülerinde tübül giriş ve kanallarda erime, ajanın oldukça iyi penetre olduğu görüldü (Resim 27). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $6,7 \pm 1,95$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $1,11 \pm 0,31$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,4 \pm 0,52$ bulundu.



Resim 27. Erozyonsuz NdYAG+Nhap grubu x2000, x1000, cross-section x5000 x10000 dikey kesit SEM görüntüleri (siyah ok Nhap kristalleri, beyaz ok açık tübül, kırmızı ok penetre olan Nhap kristalleri, mavi ok tübüldeki erime görünümü)

4.2 Erozyon Direncinin Belirlenmesine Yönelik SEM Bulguları

Açıkta kalan tübül sayısının değerlendirilmesi

Erozyonlu grupta; gruplar arasında açıkta kalan tübül sayıları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$) (Tablo 7). Anlamlılığın hangi gruptan kaynaklandığının tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Kontrol grubunun açıkta kalan tübül sayısı, diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo 8). Teethmate grubunun açıkta kalan tübül sayısı, Diod445+Teeth ve Nhap gruplarından anlamlı düzeyde düşüktür ($p<0.05$). NdYAG+Teeth grubunun açıkta kalan tübül sayısı, diğer tüm tedavi gruplarından anlamlı düzeyde düşüktür ($p<0.05$). NdYAG+Nhap grubunun açıkta kalan tübül sayısı, Diod445+Teeth, Nhap, Diod 445+Nhap ve Diod 970+Nhap gruplarından anlamlı düzeyde düşüktür ($p<0.05$). Diğer gruplar arasında açıkta kalan tübül sayıları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 8).

Ortalama tübül çapının değerlendirilmesi

Erozyonlu grupta; gruplar arasında ortalama çap açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$) (Tablo 10). Anlamlılığın hangi gruptan kaynaklandığının tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Nhap grubunun ortalama çapı, Kontrol, Diod 445+Teeth, Diod 970+Teeth, Diod 445+Nhap ve Diod 970+Nhap gruplarından anlamlı şekilde düşüktür ($p<0.05$) (Tablo 11). NdYAG+Nhap grubunun ortalama çapı, Kontrol, Diod 445+Teeth, Diod 970+Teeth ve Diod 445+Nhap gruplarından anlamlı şekilde düşüktür ($p<0.05$). Diğer gruplar arasında ortalama çap açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 11).

100 μ 2 başına düşen ortalama açıkta kalan dentin tübül sayısının değerlendirilmesi

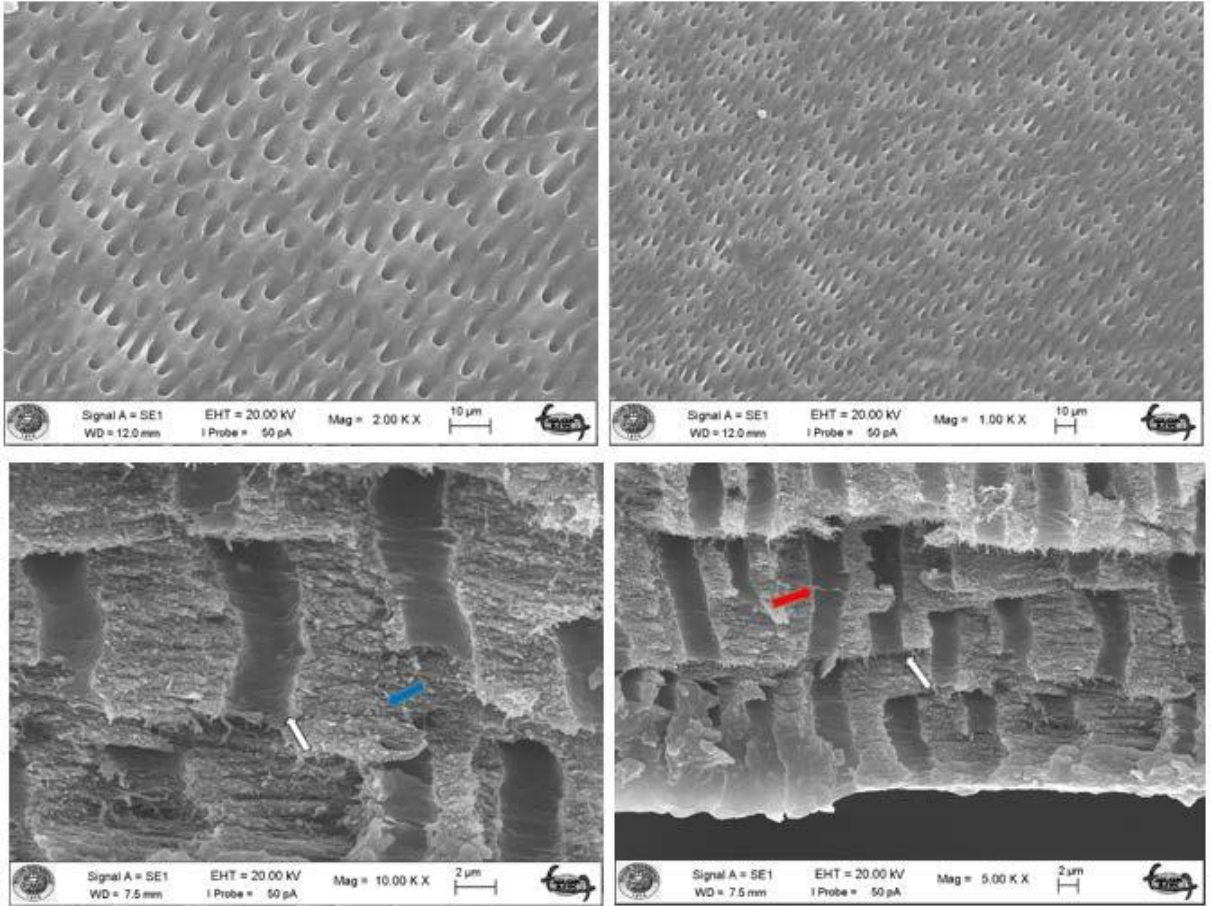
Erozyonlu grupta; gruplar arasında 100 μ 2 deki tübül sayısı açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$) (Tablo 13). Anlamlılığın hangi gruptan kaynaklandığının tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Kontrol grubunun 100 μ 2 deki tübül sayısı, diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$) (Tablo

14). NdYAG+Teeth grubunun 100 μ 2 deki tübül sayısı, Diod 445+Teeth ve Diod 445+Nhap gruplarından anlamlı Şekilde düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Diğer gruplar arasında 100 μ 2 deki tübül sayıları aÇısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 14).



4.2.1 Kontrol Grubu

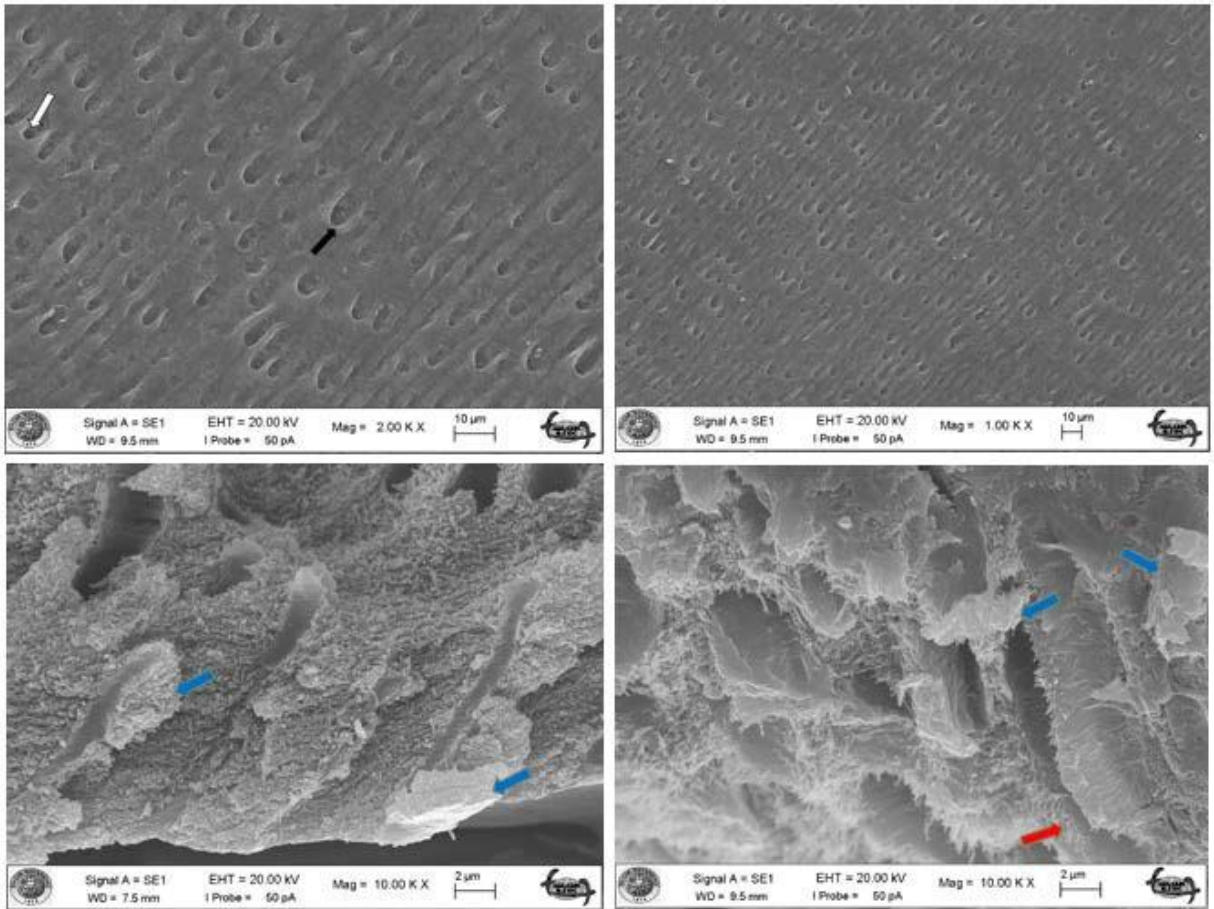
Tedavi uygulanmaksızın erozyon siklusu uygulanan dentin örneklerinde smear tabakasının bulunmadığı, tübül ağzlarının geniş bir biçimde tamamen açık olduğu, dentin tübül çaplarının genişlediği görülmüştür. Açık ve geniş tübül girişleri oldukça net izlendi. Dikey kesit görüntüsünde tübüllerin içyapısında yer alan lamel oluşumu gözlemlendi (Resim 28). Kontrol grubunun açıkta kalan tübül sayısı, diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrol grubunun $100 \mu^2$ deki tübül sayısı, diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $255,4\pm36,93$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $2,33\pm0,47$ ve $100 \mu^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $2\pm0,58$ bulundu.



Resim 28. Erozyonlu Kontrol grubu x2000, x1000 yüzey, x5000 x10000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok genişlemiş tamamen açık tübül girişleri, mavi ok demineralize intertübüler dentin, kırmızı ok dentin lameli)

4.2.2 Teethmate Grubu

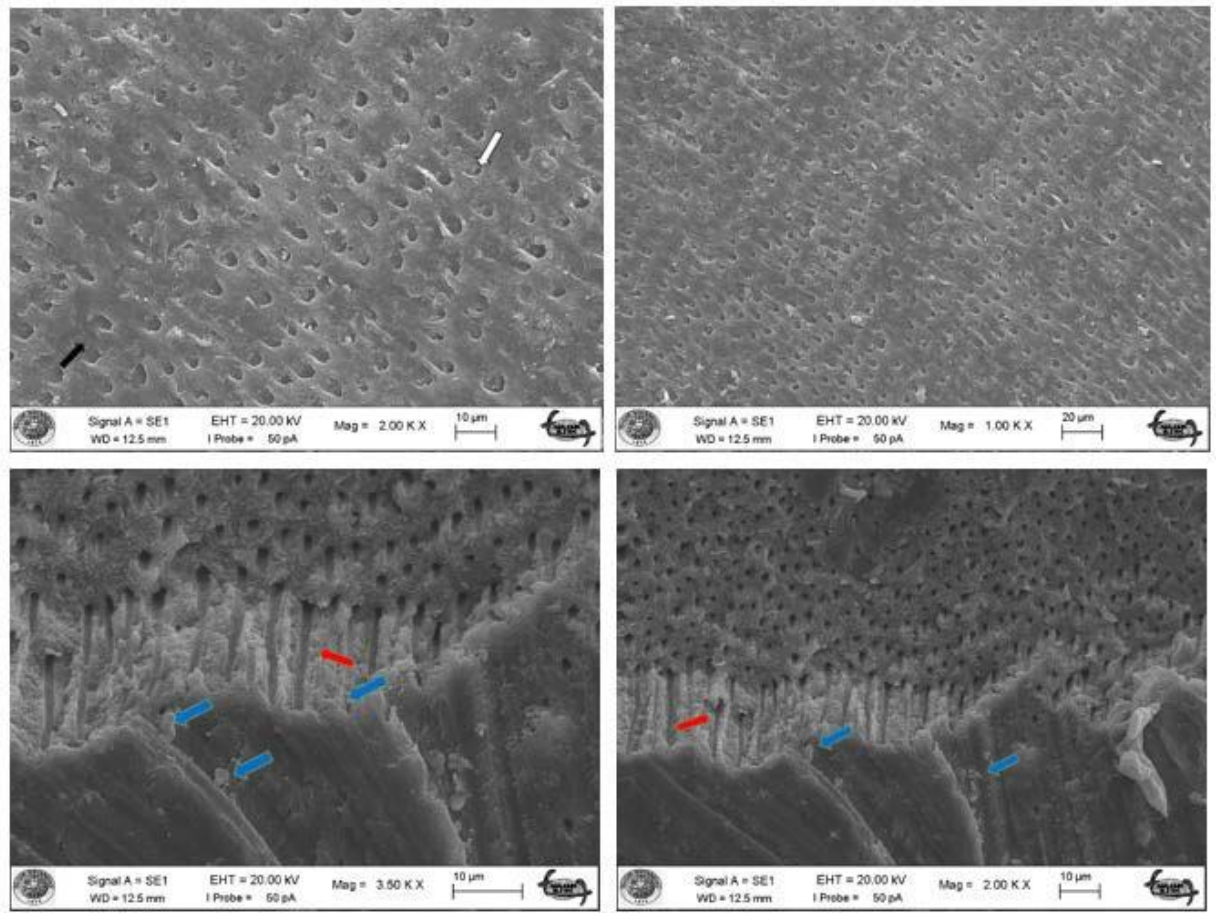
Tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan uygulanan ve ardından erozyon siklusu uygulanan dentin örneklerinde yarı ve tam açık dentin tübülleri ve erozyona bağlı erime görünümü izlendi. Dikey kesit görüntüsünde erozyona rağmen tübüllerde kalsiyum fosfat kristalleri görüldü (Resim 29). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $29,3 \pm 7,92$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $1,91 \pm 0,33$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,4 \pm 0,46$ bulundu.



Resim 29. Erozyonlu Teethmate grubu x2000, x1000 yüzey, x10000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok yarı açık, siyah ok tam açık tübül girişi, mavi ok kalsiyum fosfat kristalleri, kırmızı ok açık tübül)

4.2.3 Diod Lazer 445nm+ Teethmate Grubu

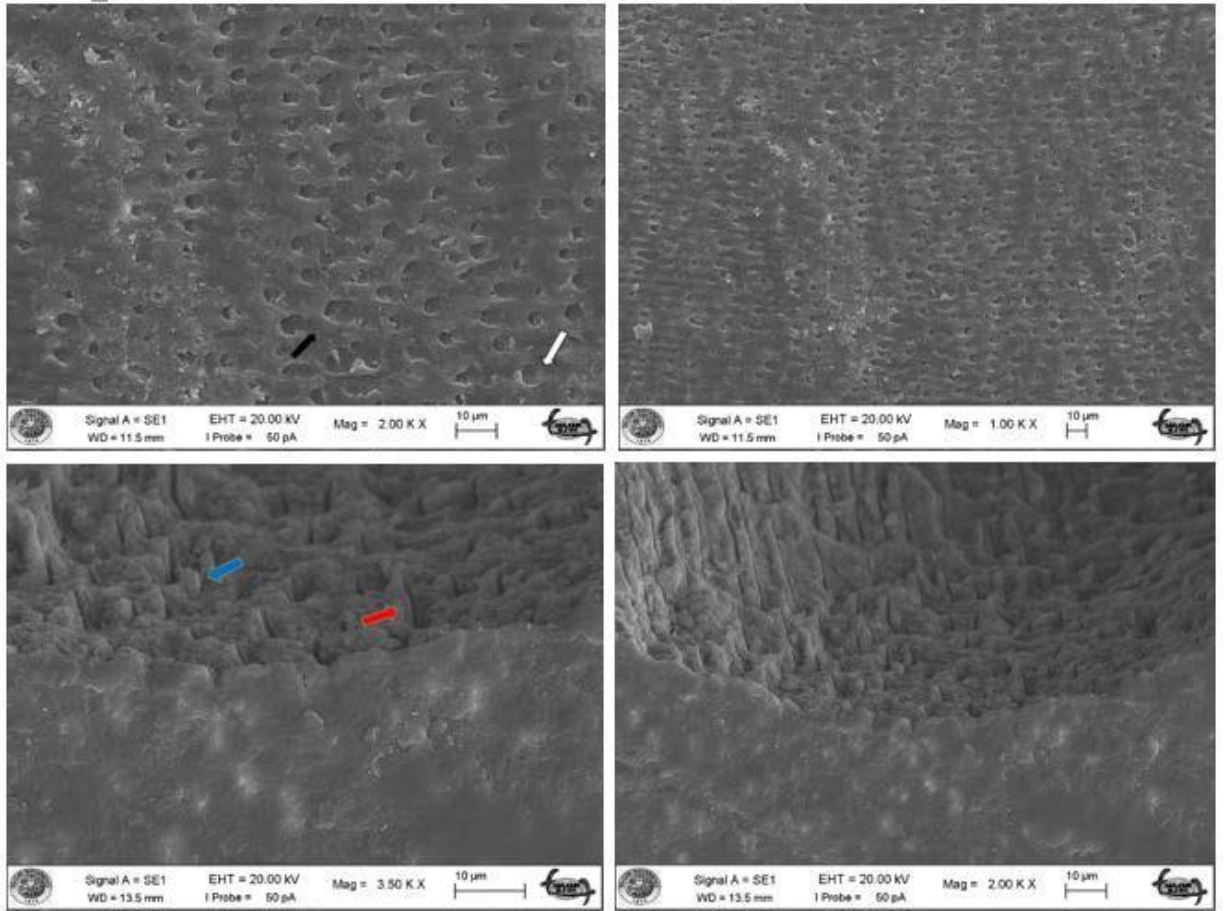
Tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan ve takiben SIROLaser Blue Diod Lazer (445 nm) uygulanan ardından erozyon siklusuna tabi tutulan dentin örneklerinde açık tübüllerin varlığı net olarak gözlenmektedir. Dikey kesit görüntüsünde az sayıda tübül ağzında kalsiyum fosfat görüldü. Penetrasyon gözlenmedi (Resim 30). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $45,5 \pm 15,06$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $2,26 \pm 0,44$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,65 \pm 0,53$ bulundu.



Resim 30. Erozyonlu Diod 445+Teethmate grubu x2000, x1000 yüzey, x3500 x2000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok yarı açık, siyah ok tam açık tübül girişi, mavi ok kalsiyum fosfat kristalleri, kırmızı ok penetrasyon görülmeyen dentin tübülü)

4.2.4 Diod Lazer 970 nm+ Teethmate Grubu

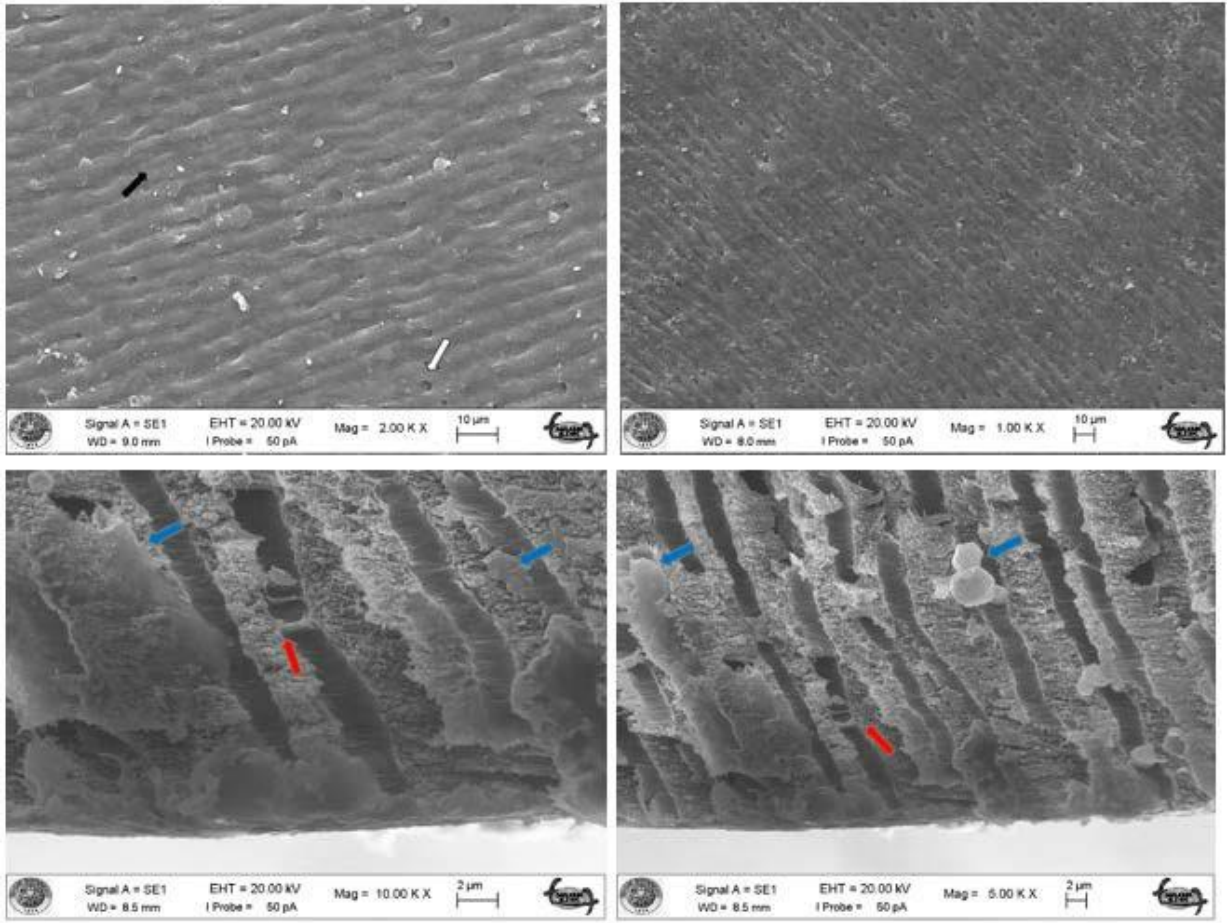
Tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan ve takiben SIROLaser Blue Diod Lazer (970 nm) uygulanan ardından erozyon siklusuna tabi tutulan dentin örnek yüzeylerinde fazla sayıda tam ve yarı açık tübül ağzları ve tübül ağzlarında erimeler görüldü. Oldukça düzensiz yüzey görüntüsü izlendi. Dikey kesit görünümünde düzensiz kanal yapısı izlendi, penetrasyon gözlenmedi (Resim 31). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $40,7 \pm 20,55$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $2,22 \pm 0,33$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,65 \pm 0,94$ bulundu.



Resim 31. Erozyonlu Diod 970+Teethmate grubu x2000, x1000 yüzey, x3500 x2000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık, siyah ok erimiş tübül girişi, düzensiz yüzey görünümü, mavi ok yer yer kalsiyum fosfat kristalleri, kırmızı ok penetrasyon görülmeyen dentin tübülü)

4.2.5 Nd:YAG Lazer, 1064 nm + Teethmate Grubu

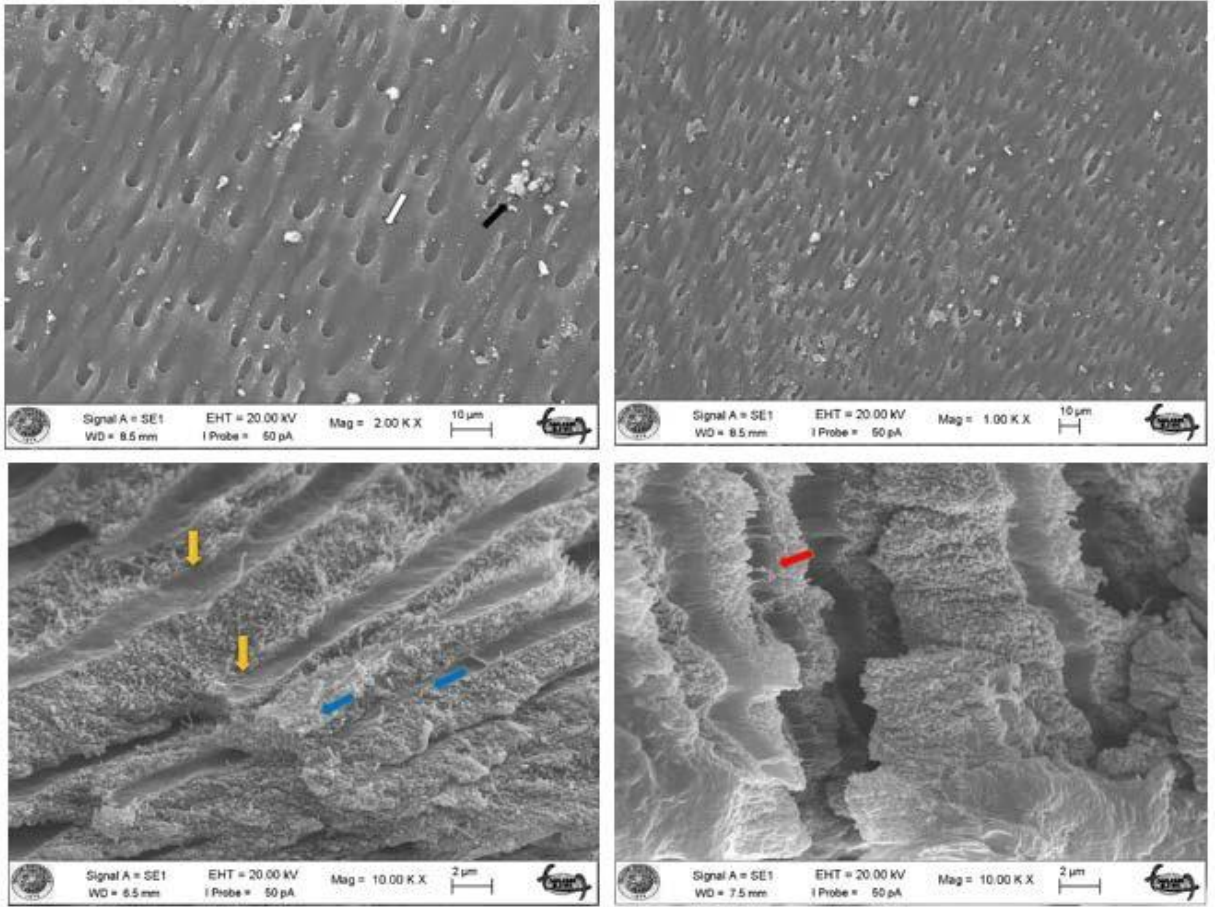
Tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan ve takiben Nd: YAG Lazer (1064 nm) uygulanan ardından erozyon siklusuna tabi tutulan dentin örnek yüzeylerinde erozyona rağmen, tübül ağzlarında erime ve tübüllerin tamamına yakınının kalsiyum fosfat kristalleri ile kapalı olduğu görüldü. Dikey kesit görüntülerinde tübüllere penetre ve asitle uzaklaşmamış kalsiyum fosfat kristalleri görüldü (Resim 32). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $10,6 \pm 4,48$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $1,85 \pm 0,43$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,2 \pm 0,42$ bulundu.



Resim 32. Erozyonlu NdYAG+Teethmate grubu x2000, x1000 yüzey, x5000 x10000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık tübül girişi, siyah ok erimiş yüzey görüntüsü, mavi ok iyi penetre kalsiyum fosfat kristalleri, kırmızı ok dentin lamelleri)

4.2.6 Professional Oral Care, nHAP Grubu

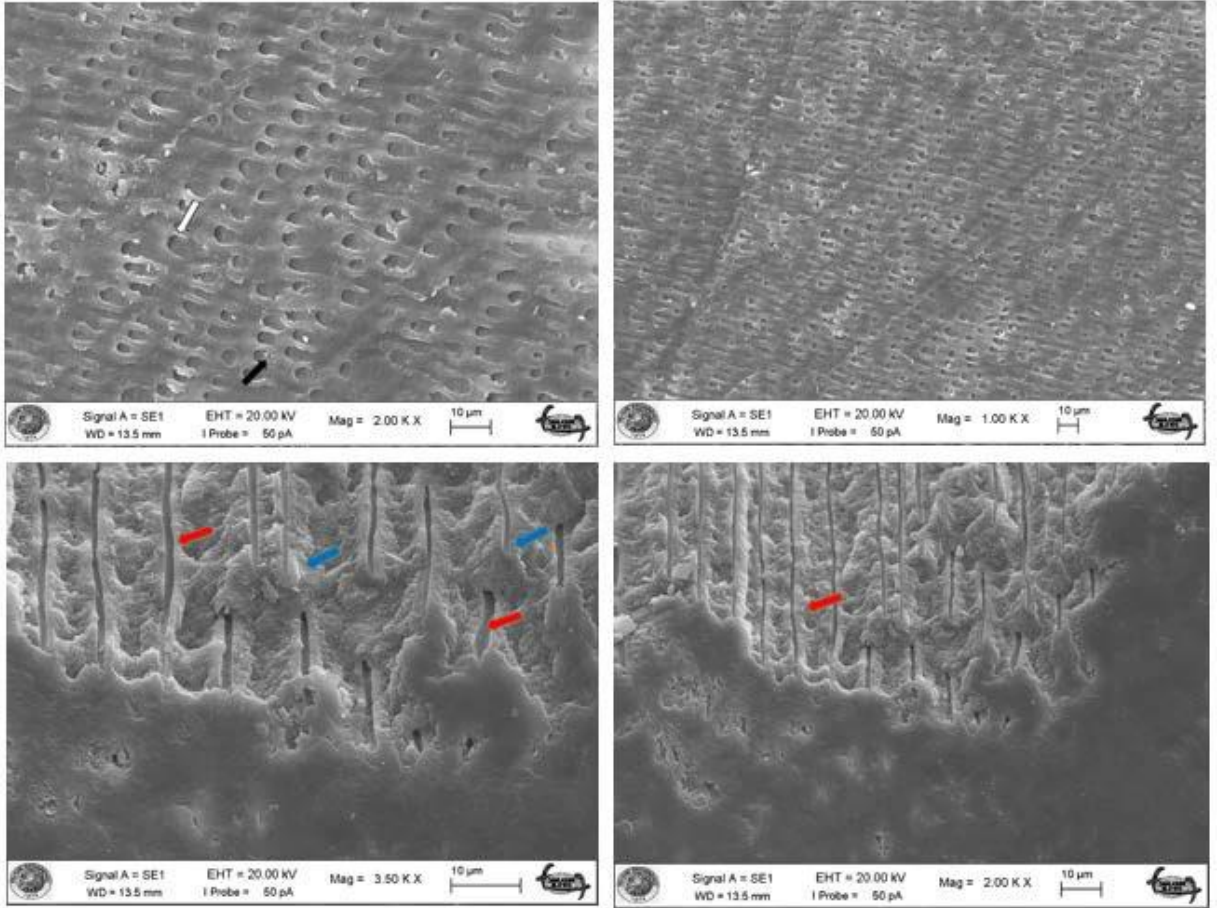
Nanohidroksiapatit içerkli Professional Oral Care Nhap hassasiyet giderici ajan uygulanan ve ardından erozyon siklusuna tabi tutulan dentin örnek yüzeylerinde oldukça fazla sayıda açık tübül görüldü. Dikey kesit görüntüsünde tübül girişlerinde yer yer Nhap kristalleri görüldü (Resim 33). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $50,5 \pm 13,79$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $1,43 \pm 0,57$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,55 \pm 0,96$ bulundu.



Resim 33. Erozyonlu Nhap grubu grubu x2000, x1000 yüzey, x10000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık tübül girişi, siyah ok Nhap kristalleri, mavi ok Nhap kristalleri ile kapalı tübül girişi, sarı ok açık tübül girişi, kırmızı ok dentin lamelleri)

4.2.7 Diod Lazer 445nm+ nHAP Grubu

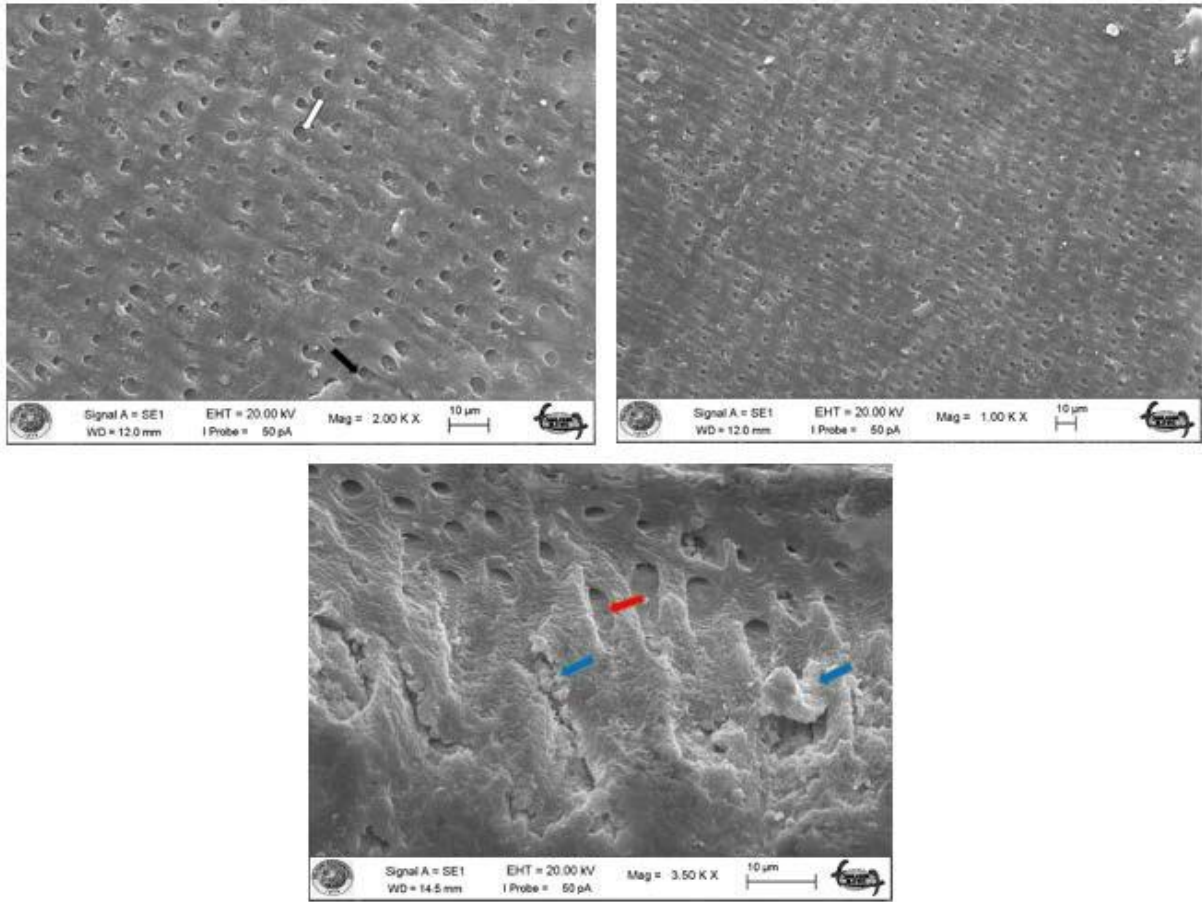
Nanohidroksiapatit içelikli Professional Oral Care Nhap hassasiyet giderici ajan ve takiben SIROLaser Blue Diod Lazer (445 nm) uygulanan ve ardından erozyon siklusuna tabi tutulan dentin örnek yüzeylerinde fazla sayıda açık tübül ve tübül ağızlarında erime görüldü. Dikey kesit görüntülerinde kanal ağızlarında erime ve yer yer Nhap kristalleri görüldü, ancak tübül içine penetrasyon görülmedi (Resim 34). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $39,9 \pm 15,33$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $2,23 \pm 0,37$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,9 \pm 0,7$ bulundu.



Resim 34. Erozyonlu Diod 445+Nhap grubu x2000, x1000 yüzey, x3500 x2000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık tübül girişi, siyah ok erimiş tübül girişleri, mavi ok Nhap kristalleri ile kapalı tübül girişi, kırmızı ok penetrasyon görülmeyen dentin tübülü)

4.2.8 Diod Lazer 970 nm+ nHAP Grubu

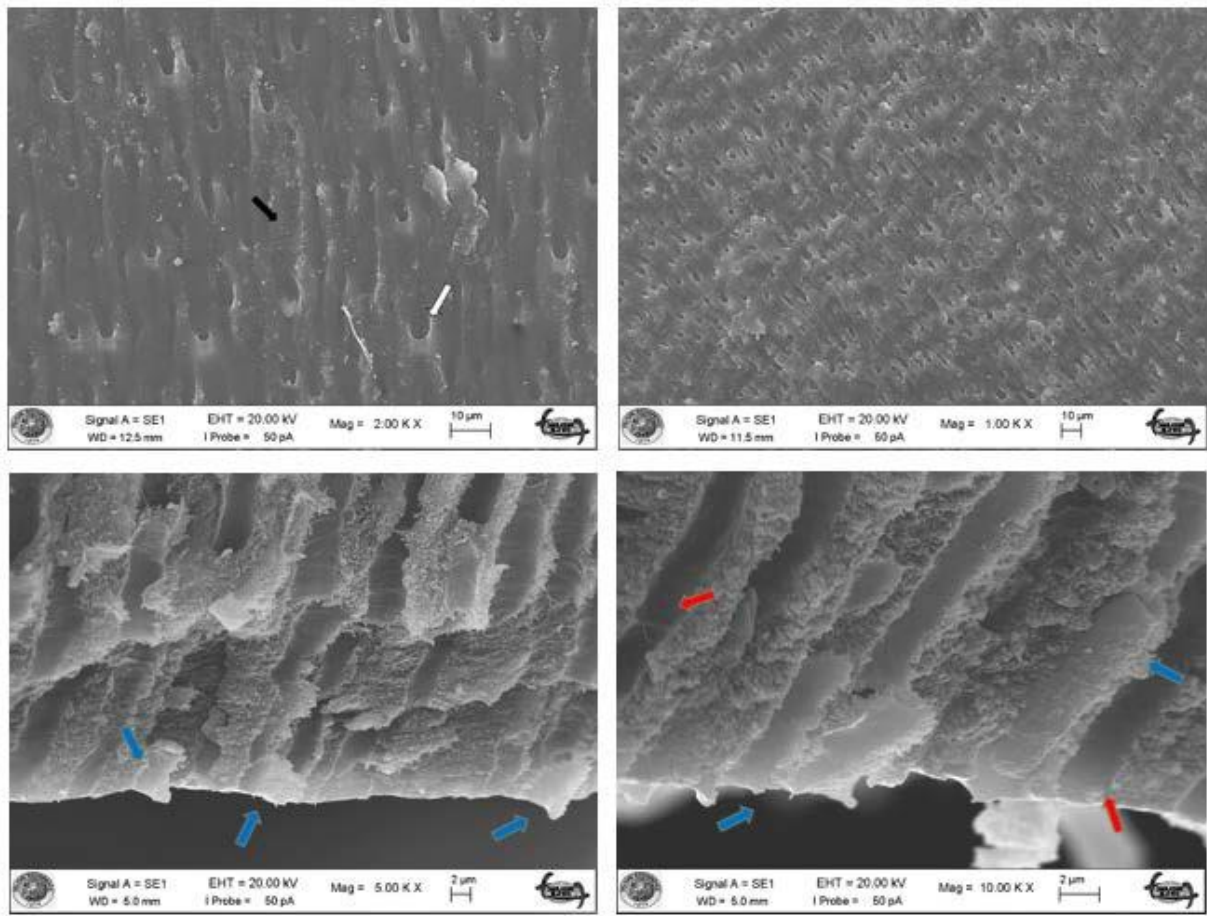
Nanohidroksiapatit içerkli Professional Oral Care Nhap hassasiyet giderici ajan ve takiben SIROLaser Blue Diod Lazer (970 nm) uygulanan ve ardından erozyon siklusuna tabi tutulan dentin örnek yüzeylerinde yer yer erimeler, kanal çaplarında daralma görüldü. Dikey kesit görüntülerinde kanal yapısında düzensizlik, yer yer sadece yüzeyel Nhap birikimi gözlemlendi (Resim 35). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $37,8 \pm 14,91$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $1,98 \pm 0,24$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,8 \pm 0,79$ bulundu.



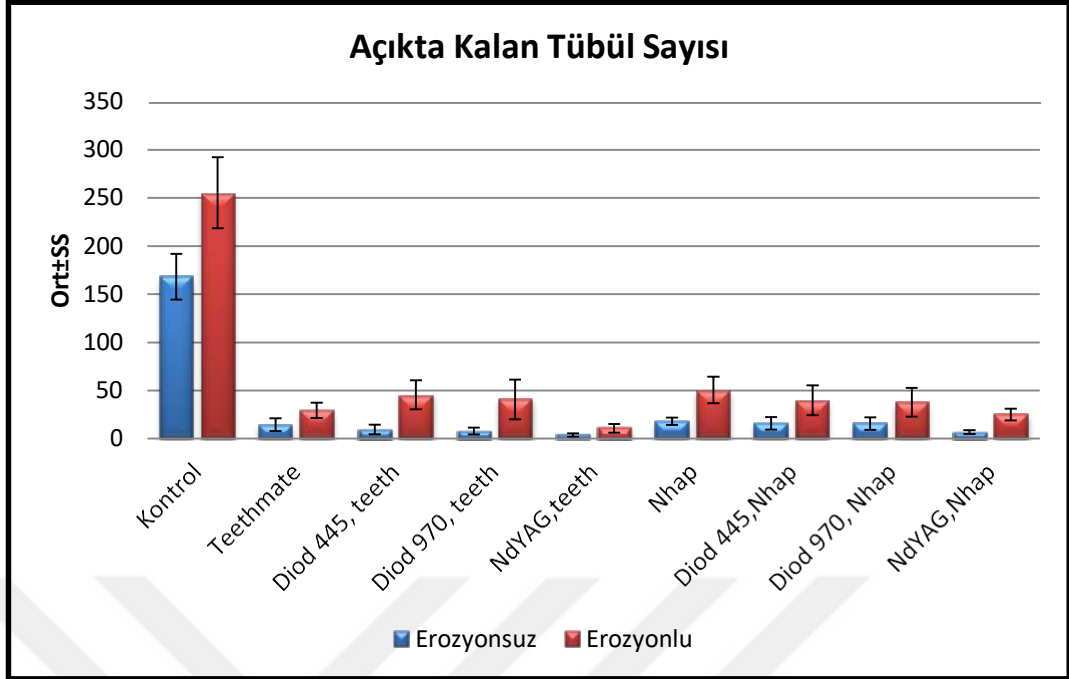
Resim 35. Erozyonlu Diod 970+Nhap grubu x2000, x1000 yüzey, x3500 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık tübül girişi, siyah ok erimiş tübül girişleri, mavi ok Nhap kristalleri ile kapalı tübül girişi, kırmızı ok penetrasyon görülmeyen dentin tübülü)

4.2.9 Nd:YAG Lazer, 1064 nm + nHAP Grubu

Nanohidroksiapatit içerkli Professional Oral Care Nhap hassasiyet giderici ajan ve takiben Nd: YAG Lazer (1064 nm) uygulanan ardından erozyon siklusuna tabi tutulan dentin örnek yüzeylerinde kanal ağızlarının eridiği, tübül çaplarının düzensiz olduğu görüldü. Dikey kesit görüntüsünde hala erozyonla uzaklaşmayan penetre Nhap kristallerine rastlandı (Resim 36). Açıkta kalan ortalama tübül sayısı $24,9 \pm 6,28$ ve açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $1,69 \pm 0,4$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması $0,65 \pm 0,58$ bulundu.



Resim 36. Erozyonlu NdYAG+Nhap grubu x2000, x1000 yüzey, x5000 X10000 dikey tübül kesit SEM görüntüleri (beyaz ok açık tübül girişi, siyah ok erimiş tübül girişleri, mavi ok Nhap kristalleri ile tübül penetrasyonu, kırmızı ok penetrasyon görülmeyen dentin tübülü ve açık kanal ağızı)



Şekil 13. Açıkta kalan tübül sayısının Erozyonlu ve Erozyonsuz gruplara göre şematik gösterimi

Tablo 7. Açıkta kalan tübül sayısının değerlendirilmesi

	Açıkta Kalan Tübül Sayısı	
	Erozyonsuz	Erozyonlu
	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)
Kontrol	168,2±23,88 (162,5)	255,4±36,93 (255)
Teethmate	14,4±6,75 (14,5)	29,3±7,92 (29,5)
Diod 445, teeth	9,4±5,04 (9)	45,5±15,06 (37,5)
Diod 970, teeth	7,9±3,57 (6)	40,7±20,55 (40,5)
NdYAG,teeth	3,6±1,78 (3)	10,6±4,48 (10)
Nhap	18±3,74 (19)	50,5±13,79 (54,5)
Diod 445,Nhap	16±6,41 (15,5)	39,9±15,33 (37,5)
Diod 970, Nhap	15,5±6,55 (14)	37,8±14,91 (34,5)
NdYAG,Nhap	6,7±1,95 (6,5)	24,9±6,28 (24)
²p	0,000*	0,000*

Kruskal Wallis Test * p<0.05

Tablo 8. Açıkta kalan tübül sayısının post hoc değerlendirilmesi

		Açıkta Kalan Tübül Sayısı	
		Erozyonsuz	Erozyonlu
		p	p
Kontrol	Teethmate	0,000*	0,000*
	Diod 445, teeth	0,000*	0,000*
	Diod 970, teeth	0,000*	0,000*
	NdYAG,teeth	0,000*	0,000*
	Nhap	0,000*	0,000*
	Diod 445,Nhap	0,000*	0,000*
	Diod 970, Nhap	0,000*	0,000*
	NdYAG,Nhap	0,000*	0,000*
Teethmate	Diod 445, teeth	0,074	0,008*
	Diod 970, teeth	0,007*	0,185
	NdYAG,teeth	0,000*	0,000*
	Nhap	0,103	0,002*
	Diod 445,Nhap	0,494	0,064
	Diod 970, Nhap	0,761	0,171
	NdYAG,Nhap	0,005*	0,225
Diod 445, teeth	Diod 970, teeth	0,588	0,622
	NdYAG,teeth	0,002*	0,000*
	Nhap	0,002*	0,623
	Diod 445,Nhap	0,021*	0,363
	Diod 970, Nhap	0,031*	0,272
	NdYAG,Nhap	0,253	0,000*
Diod 970, teeth	NdYAG,teeth	0,004*	0,000*
	Nhap	0,000*	0,344
	Diod 445,Nhap	0,003*	0,820
	Diod 970, Nhap	0,007*	0,733
	NdYAG,Nhap	0,731	0,096
NdYAG,teeth	Nhap	0,000*	0,000*
	Diod 445,Nhap	0,000*	0,000*
	Diod 970, Nhap	0,000*	0,000*
	NdYAG,Nhap	0,004*	0,004*
Nhap	Diod 445,Nhap	0,305	0,112
	Diod 970, Nhap	0,471	0,058
	NdYAG,Nhap	0,000*	0,001*
Diod 445,Nhap	Diod 970, Nhap	0,910	0,545
	NdYAG,Nhap	0,001*	0,015*
Diod 970, Nhap	NdYAG,Nhap	0,002*	0,009*

Mann Whitney U Test

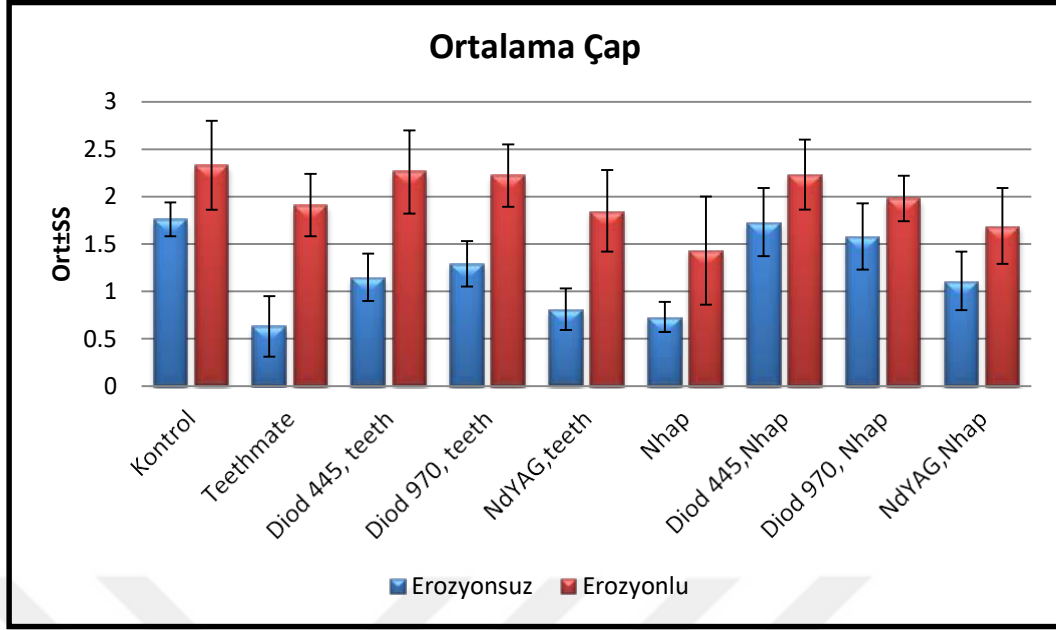
* $p < 0.05$

Tablo 9. Erozyonlu ve erozyonsuz grupların açıkta kalan tübül sayısı açısından değerlendirilmesi

	Açıkta Kalan Tübül Sayısı		p
	Erozyonsuz	Erozyonlu	
	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
Kontrol	168,2±23,88 (162,5)	255,4±36,93 (255)	0,000*
Teethmate	14,4±6,75 (14,5)	29,3±7,92 (29,5)	0,001*
Diod 445, teeth	9,4±5,04 (9)	45,5±15,06 (37,5)	0,000*
Diod 970, teeth	7,9±3,57 (6)	40,7±20,55 (40,5)	0,000*
NdYAG,teeth	3,6±1,78 (3)	10,6±4,48 (10)	0,000*
Nhap	18±3,74 (19)	50,5±13,79 (54,5)	0,000*
Diod 445,Nhap	16±6,41 (15,5)	39,9±15,33 (37,5)	0,001*
Diod 970, Nhap	15,5±6,55 (14)	37,8±14,91 (34,5)	0,000*
NdYAG,Nhap	6,7±1,95 (6,5)	24,9±6,28 (24)	0,000*

Mann Whitney U Test

* $p < 0.05$



Şekil 14. Ortalama tübül çapının Erozyonsuz ve Erozyonlu gruplara göre şematik gösterimi

Tablo 10. Ortalama çap değerlendirilmesi

	Ortalama Çap	
	Erozyonsuz	Erozyonlu
	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)
Kontrol	1,76±0,18 (1,8)	2,33±0,47 (2,2)
Teethmate	0,63±0,32 (0,5)	1,91±0,33 (2)
Diod 445, teeth	1,15±0,25 (1,2)	2,26±0,44 (2,2)
Diod 970, teeth	1,29±0,24 (1,3)	2,22±0,33 (2,1)
NdYAG,teeth	0,81±0,22 (0,8)	1,85±0,43 (1,8)
Nhap	0,73±0,16 (0,7)	1,43±0,57 (1,2)
Diod 445,Nhap	1,73±0,36 (1,7)	2,23±0,37 (2,2)
Diod 970, Nhap	1,58±0,35 (1,7)	1,98±0,24 (2)
NdYAG,Nhap	1,11±0,31 (1,2)	1,69±0,4 (1,6)
²p	0,000*	0,002*

Kruskal Wallis Test

* $p < 0.05$

Tablo 11. Ortalama çapın post hoc değerlendirilmesi

		Ortalama Çap	
		Erozyonsuz	Erozyonlu
		p	p
Kontrol	Teethmate	0,000*	0,054
	Diod 445, teeth	0,000*	0,734
	Diod 970, teeth	0,000*	0,596
	NdYAG,teeth	0,000*	0,064
	Nhap	0,000*	0,006*
	Diod 445,Nhap	0,940	0,910
	Diod 970, Nhap	0,121	0,075
	NdYAG,Nhap	0,000*	0,006*
Teethmate	Diod 445, teeth	0,003*	0,104
	Diod 970, teeth	0,001*	0,064
	NdYAG,teeth	0,054	0,880
	Nhap	0,151	0,059
	Diod 445,Nhap	0,000*	0,070
	Diod 970, Nhap	0,000*	0,623
	NdYAG,Nhap	0,003*	0,198
Diod 445, teeth	Diod 970, teeth	0,273	1,000
	NdYAG,teeth	0,008*	0,096
	Nhap	0,001*	0,007*
	Diod 445,Nhap	0,002*	0,940
	Diod 970, Nhap	0,006*	0,104
	NdYAG,Nhap	0,970	0,014*
Diod 970, teeth	NdYAG,teeth	0,001*	0,096
	Nhap	0,000*	0,006*
	Diod 445,Nhap	0,005*	0,880
	Diod 970, Nhap	0,037*	0,082
	NdYAG,Nhap	0,199	0,010*
NdYAG,teeth	Nhap	0,427	0,096
	Diod 445,Nhap	0,000*	0,059
	Diod 970, Nhap	0,000*	0,427
	NdYAG,Nhap	0,023*	0,405
Nhap	Diod 445,Nhap	0,000*	0,007*
	Diod 970, Nhap	0,000*	0,041*
	NdYAG,Nhap	0,008*	0,198
Diod 445,Nhap	Diod 970, Nhap	0,325	0,121
	NdYAG,Nhap	0,001*	0,015*
Diod 970, Nhap	NdYAG,Nhap	0,008*	0,120

Mann Whitney U Test

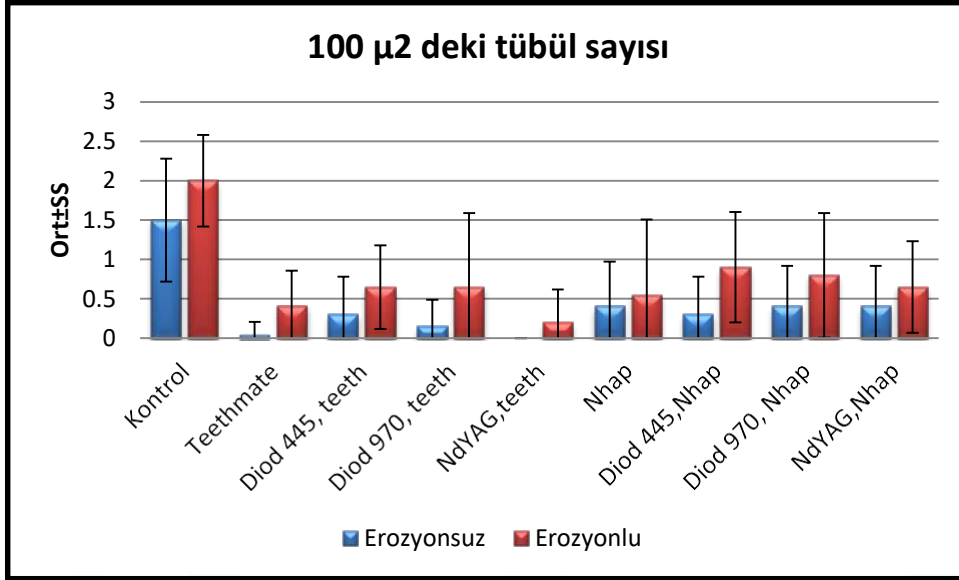
* $p < 0.05$

Tablo 12. Erozyonlu ve erozyonsuz grupların ortalama çap açısından değerlendirilmesi

	Ortalama ap		p
	Erozyonsuz	Erozyonlu	
	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
Kontrol	1,76±0,18 (1,8)	2,33±0,47 (2,2)	0,001*
Teethmate	0,63±0,32 (0,5)	1,91±0,33 (2)	0,000*
Diod 445, teeth	1,15±0,25 (1,2)	2,26±0,44 (2,2)	0,000*
Diod 970, teeth	1,29±0,24 (1,3)	2,22±0,33 (2,1)	0,000*
NdYAG,teeth	0,81±0,22 (0,8)	1,85±0,43 (1,8)	0,000*
Nhap	0,73±0,16 (0,7)	1,43±0,57 (1,2)	0,001*
Diod 445,Nhap	1,73±0,36 (1,7)	2,23±0,37 (2,2)	0,010*
Diod 970, Nhap	1,58±0,35 (1,7)	1,98±0,24 (2)	0,009*
NdYAG,Nhap	1,11±0,31 (1,2)	1,69±0,4 (1,6)	0,002*

Mann Whitney U Test

** p<0.05*



Şekil 15. 100 μ 2 deki tübül sayısının Erozyonsuz ve Erozyonlu gruplara göre Şematik gösterimi

Tablo 13. 100 μ 2 deki tübül sayısı değerlendirilmesi

	100 μ 2 deki tübül sayısı	
	Erozyonsuz	Erozyonlu
	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)
Kontrol	1,5±0,78 (1,5)	2±0,58 (2)
Teethmate	0,05±0,16 (0)	0,4±0,46 (0,3)
Diod 445, teeth	0,3±0,48 (0)	0,65±0,53 (0,8)
Diod 970, teeth	0,15±0,34 (0)	0,65±0,94 (0)
NdYAG,teeth	0±0 (0)	0,2±0,42 (0)
Nhap	0,4±0,57 (0)	0,55±0,96 (0)
Diod 445,Nhap	0,3±0,48 (0)	0,9±0,7 (1)
Diod 970, Nhap	0,4±0,52 (0)	0,8±0,79 (1)
NdYAG,Nhap	0,4±0,52 (0)	0,65±0,58 (1)
²p	0,000*	0,000*

Kruskal Wallis Test

* $p < 0.05$

Tablo 14. 100 µ2 deki tübül sayısının post hoc değerlendirilmesi

		100 µ2 deki tübül sayısı	
		Erozyonsuz	Erozyonlu
		p	p
Kontrol	Teethmate	0,000*	0,000*
	Diod 445, teeth	0,000*	0,000*
	Diod 970, teeth	0,000*	0,005*
	NdYAG,teeth	0,000*	0,000*
	Nhap	0,003*	0,002*
	Diod 445,Nhap	0001*	0003*
	Diod 970, Nhap	0,003*	0,003*
	NdYAG,Nhap	0,003*	0,000*
Teethmate	Diod 445, teeth	0,212	0,279
	Diod 970, teeth	0,503	0,867
	NdYAG,teeth	0,317	0,244
	Nhap	0,101	0,867
	Diod 445,Nhap	0,212	0,085
	Diod 970, Nhap	0,089	0,255
	NdYAG,Nhap	0,089	0,304
Diod 445, teeth	Diod 970, teeth	0,516	0,573
	NdYAG,teeth	0,067	0,043*
	Nhap	0,654	0,295
	Diod 445,Nhap	1,000	0,361
	Diod 970, Nhap	0,648	0,749
	NdYAG,Nhap	0,648	0,968
Diod 970, teeth	NdYAG,teeth	0,147	0,261
	Nhap	0,282	0,864
	Diod 445,Nhap	0,516	0,355
	Diod 970, Nhap	0,258	0,565
	NdYAG,Nhap	0,258	0,679
NdYAG,teeth	Nhap	0,030*	0,349
	Diod 445,Nhap	0,067	0,019*
	Diod 970, Nhap	0,029*	0,056
	NdYAG,Nhap	0,029*	0,066
Nhap	Diod 445,Nhap	0,654	0,148
	Diod 970, Nhap	1,000	0,325
	NdYAG,Nhap	1,000	0,362
Diod 445,Nhap	Diod 970, Nhap	0,648	0,689
	NdYAG,Nhap	0,648	0,371
Diod 970, Nhap	NdYAG,Nhap	1,000	0,742

*Mann Whitney U Test** $p < 0.05$

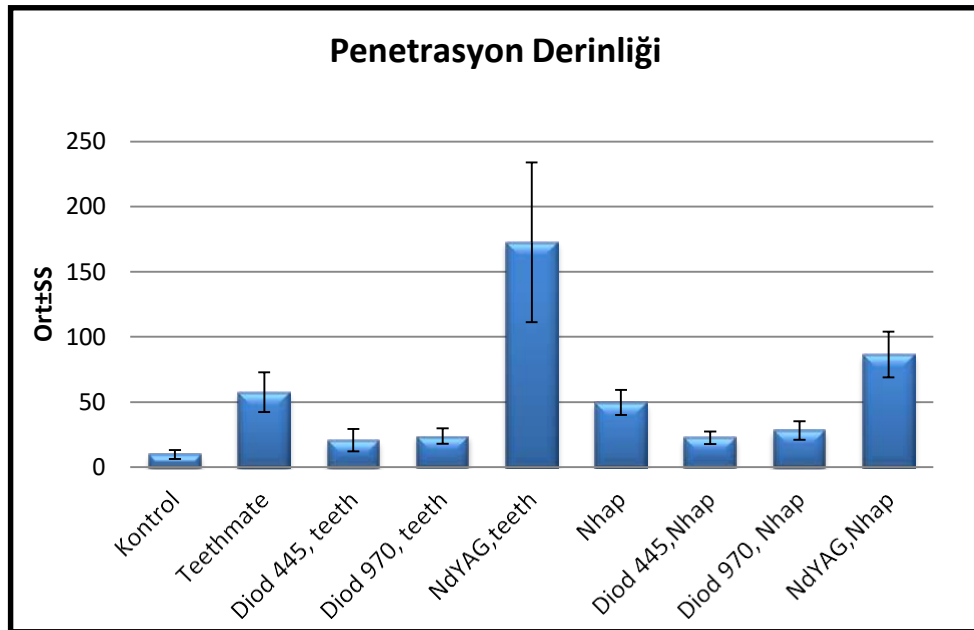
Tablo 15. Erozyonlu ve erozyonsuz grupların 100 µ2 deki tübül sayısı açısından değerlendirilmesi

	100 µ2 deki tübül sayısı		p
	Erozyonsuz	Erozyonlu	
	Ort±SS (medyan)	Ort±SS (medyan)	
Kontrol	1,5±0,78 (1,5)	2±0,58 (2)	0,111
Teethmate	0,05±0,16 (0)	0,4±0,46 (0,3)	0,044*
Diod 445, teeth	0,3±0,48 (0)	0,65±0,53 (0,8)	0,125
Diod 970, teeth	0,15±0,34 (0)	0,65±0,94 (0)	0,225
NdYAG,teeth	0±0 (0)	0,2±0,42 (0)	0,146
Nhap	0,4±0,57 (0)	0,55±0,96 (0)	0,966
Diod 445,Nhap	0,3±0,48 (0)	0,9±0,7 (1)	0,042*
Diod 970, Nhap	0,4±0,52 (0)	0,8±0,79 (1)	0,240
NdYAG,Nhap	0,4±0,52 (0)	0,65±0,58 (1)	0,306

Mann Whitney U Test * $p < 0.05$

4.3 CLSM ile Penetrasyon Derinliğinin Belirlenmesine Ait Bulgular

Gruplar arasında penetrasyon derinliği açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır ($p:0.000$; $p<0.05$) (Tablo 17). Anlamlılığın hangi gruptan kaynaklandığının tespiti için yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda; Kontrol grubunun penetrasyon derinliği, diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde düşüktür ($p<0.05$). Teethmate grubunun penetrasyon derinliği, Diod 445+Teeth, Diod 970+Teeth, Diod+445 Nhap ve Diod 970+Nhap gruplarından anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Teethmate ve Nhap gruplarının penetrasyon derinlikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p>0.05$). NdYAG+teeth grubunun penetrasyon derinliği, diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde yüksektir ($p<0.05$). Nhap grubunun penetrasyon derinliği, Diod 445+Teeth, Diod 970+Teeth, Diod 445+Nhap ve Diod 970+Nhap gruplarından anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Diod 970+Nhap grubunun penetrasyon derinliği, Diod 445+Teeth ve Diod 445+Nhap gruplarından anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). NdYAG+ Nhap grubunun penetrasyon derinliği, Teethmate, Diod 445+Teeth, Diod 970+Teeth, Nhap, Diod 445+Nhap ve Diod 970+Nhap gruplarından anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Diod 970+Nhap grubunun penetrasyon derinliği, Diod 445+Nhap grubundan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Diğer gruplar arasında penetrasyon derinliği açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Tablo 16, Tablo 17).



Şekil 16. Deney gruplarının penetrasyon derinliklerinin şematik gösterimi

Tablo 16. Penetrasyon Derinliği değerlendirilmesi

	Penetrasyon Derinliği
	Ort±SS (medyan)
Kontrol	9,61±3,46 (7,9)
Teethmate	57,56±15,16 (52,4)
Diod 445, teeth	20,62±8,64 (16,4)
Diod 970, teeth	23,84±5,81 (21,8)
NdYAG,teeth	172,65±61,22 (163,8)
Nhap	49,7±9,52 (48,2)
Diod 445,Nhap	22,52±4,84 (22)
Diod 970, Nhap	28±7,14 (28)
NdYAG,Nhap	86,44±17,53 (82,4)
²p	0,000*
<i>Kruskal Wallis Test</i>	<i>* p<0.05</i>

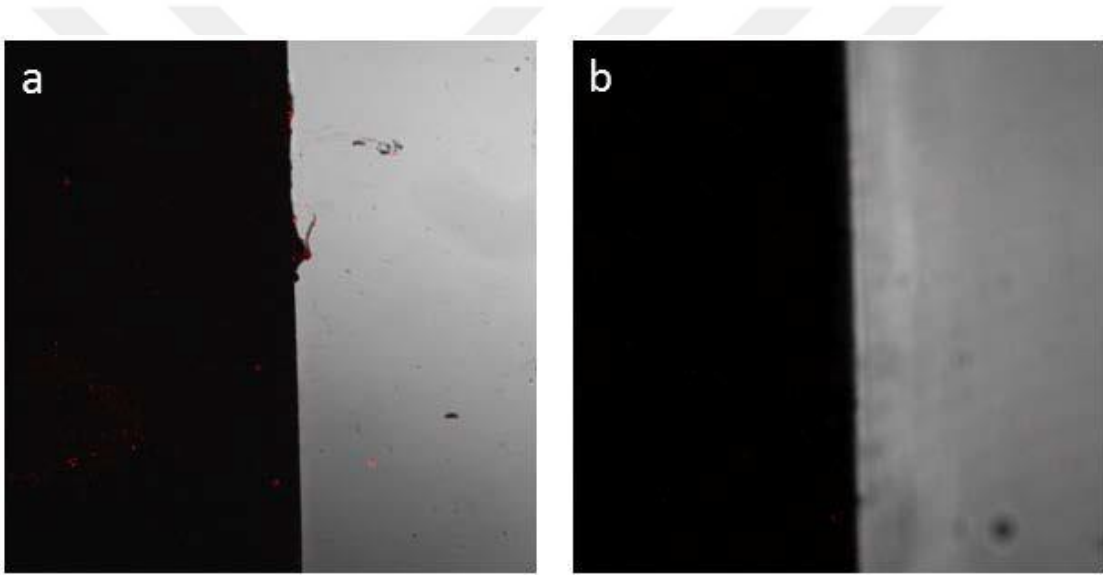
Tablo 17. Penetrasyon Derinliğinin post hoc değerlendirilmesi

		Penetrasyon Derinliği
		p
Kontrol	Teethmate	0,000*
	Diod 445, teeth	0,002*
	Diod 970, teeth	0,000*
	NdYAG,teeth	0,000*
	Nhap	0,000*
	Diod 445,Nhap	0000*
	Diod 970, Nhap	0,000*
	NdYAG,Nhap	0,000*
Teethmate	Diod 445, teeth	0,000*
	Diod 970, teeth	0,000*
	NdYAG,teeth	0,000*
	Nhap	0,174
	Diod 445,Nhap	0,000*
	Diod 970, Nhap	0,000*
	NdYAG,Nhap	0,002*
	Diod 445, teeth	Diod 970, teeth
NdYAG,teeth		0,000*
Nhap		0,000*
Diod 445,Nhap		0,496
Diod 970, Nhap		0,041*
NdYAG,Nhap		0,000*
Diod 970, teeth	NdYAG,teeth	0,000*
	Nhap	0,000*
	Diod 445,Nhap	0,597
	Diod 970, Nhap	0,151
	NdYAG,Nhap	0,000*
NdYAG,teeth	Nhap	0,000*
	Diod 445,Nhap	0,000*
	Diod 970, Nhap	0,000*
	NdYAG,Nhap	0,000*
Nhap	Diod 445,Nhap	0,000*
	Diod 970, Nhap	0,000*
	NdYAG,Nhap	0,000*
Diod 445,Nhap	Diod 970, Nhap	0,049*
	NdYAG,Nhap	0,000*
Diod 970, Nhap	NdYAG,Nhap	0,000*

Mann Whitney U Test * $p < 0.05$

4.3.1 Kontrol Grubu (Rhodamin B -)

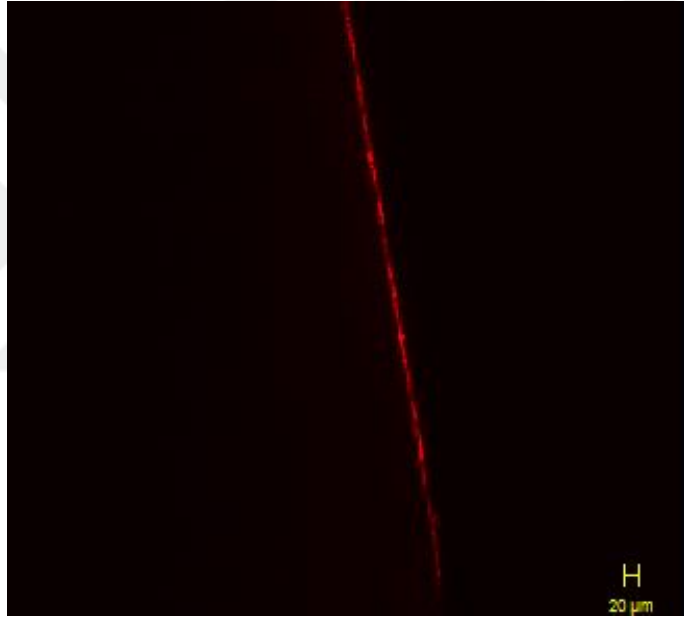
Herhangi bir tedavi ajanı ve lazer uygulanmayan, Rhodamin B kullanılmayan dentin diskler cam bir lam üzerine yerleştirilerek CLSM (LSM Pascal, Zeiss, Germany) ile görüntülendi. Diş dentin tarafı örnekler florasan boya ile işaretlenmediği için karanlık siyah, hava boşluğu ise beyaz renk olarak görüntülendi (Resim 37).



Resim 37. Kontrol (Rhodamin B -) grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü a) x2.5, b) x10 büyütme

4.3.2 Kontrol Grubu (Rhodamin B +)

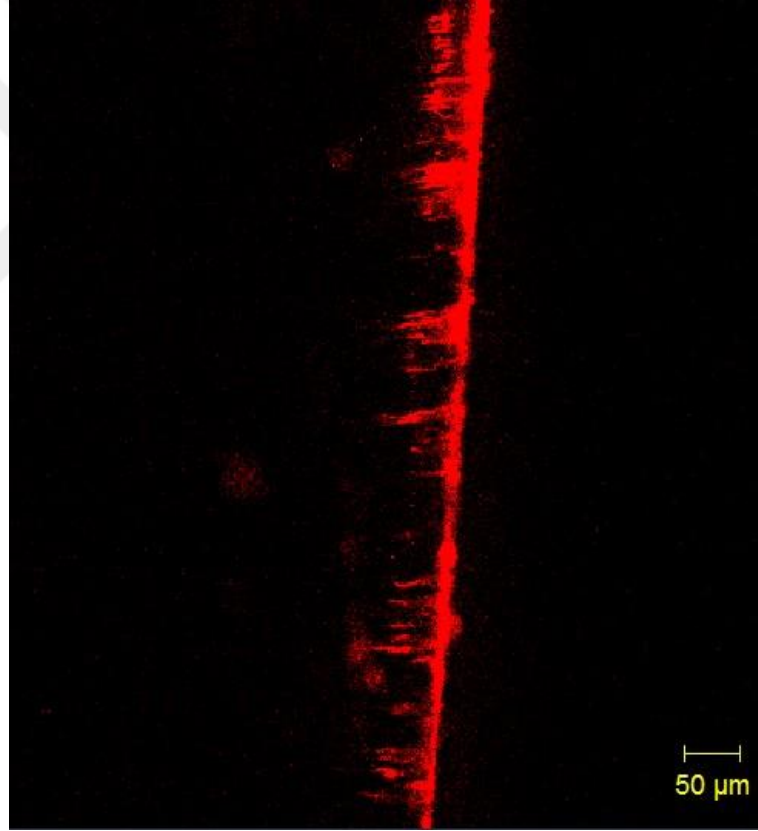
Herhangi bir tedavi ajanı ve lazer uygulanmayan dentin disklerine, %0.1 oranında Rhodamine B (Merck, Darmstadt, Germany) ile karıştırılarak hazırlanan distile su ajanlarla aynı şekilde uygulanmıştır. Ardından dentin disklerin CLSM ile alınan görüntüleri üzerinde yapılan ölçümler sonucu grubun penetrasyon derinlikleri ortalaması $9,61 \pm 3,46$ olarak tespit edildi. Kontrol grubunun penetrasyon derinliği, diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde düşüktür ($p < 0.05$) (Resim 38).



Resim 38. Kontrol Grubu (Rhodamin B +) grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10)

4.3.3 Teethmate Grubu

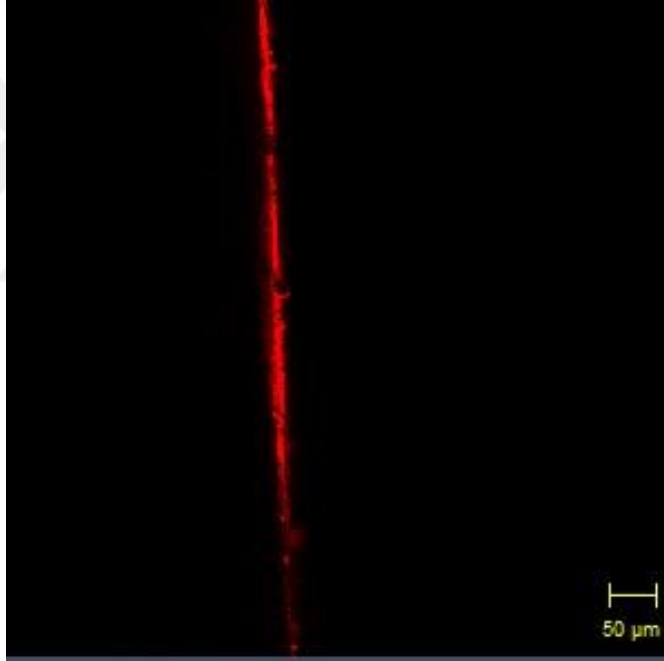
Tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajanın %0.1 oranında Rhodamine B ile karıştırılması ile uygulanan dentin disklerin CLSM ile görüntülenmesi sonucu elde edilen penetrasyon derinliği ortalaması $57,56 \pm 15,16$ bulundu. Teethmate grubunun penetrasyon derinliği, NdYAG+teeth ve NdYAG+Nhap gruplarından anlamlı derecede düşük; Diod 445+Teeth, Diod 970+Teeth, Diod+445 Nhap ve Diod 970+Nhap gruplarından anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Teethmate grubu ve Nhap grubu arasında penetrasyon derinliği açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p > 0.05$) (Resim 39).



Resim 39. Teethmate grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10)

4.3.4 Diod Lazer 445nm+ Teethmate Grubu

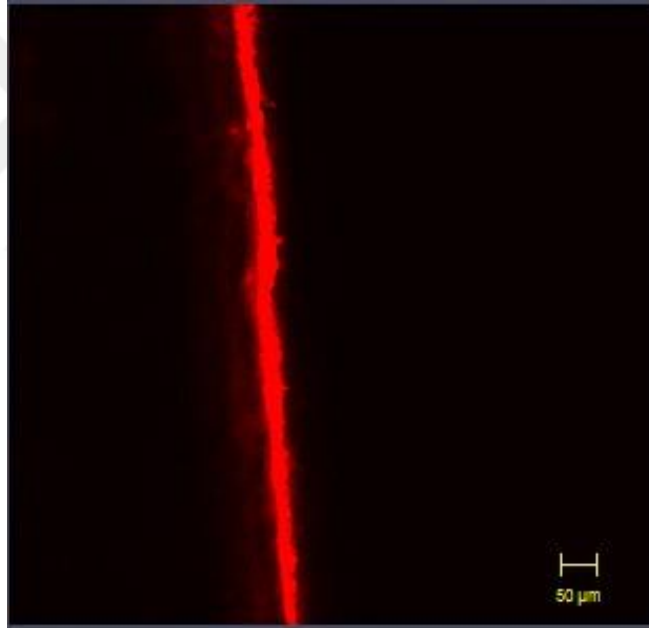
%0.1 oranında Rhodamine B ile karıştırılan tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan ve ardından SIROLaser Blue Diod Lazer (445 nm) uygulanan dentin disklerin CLSM ile görüntülenmesi sonucu elde edilen penetrasyon derinliği ortalaması $20,62 \pm 8,64$ olarak tespit edildi. Şekil Diod 445+Teeth grubunun penetrasyon derinliği, NdYAG+teeth ve Teethmate grubunun penetrasyon derinliğinden anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Diod 445+Teeth ve Diod 970+Teeth gruplarının penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunmadı ($p > 0.05$)(Resim 40).



Resim 40. Diod Lazer 445nm+ Teethmate grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10)

4.3.5 Diod Lazer 970nm+ Teethmate Grubu

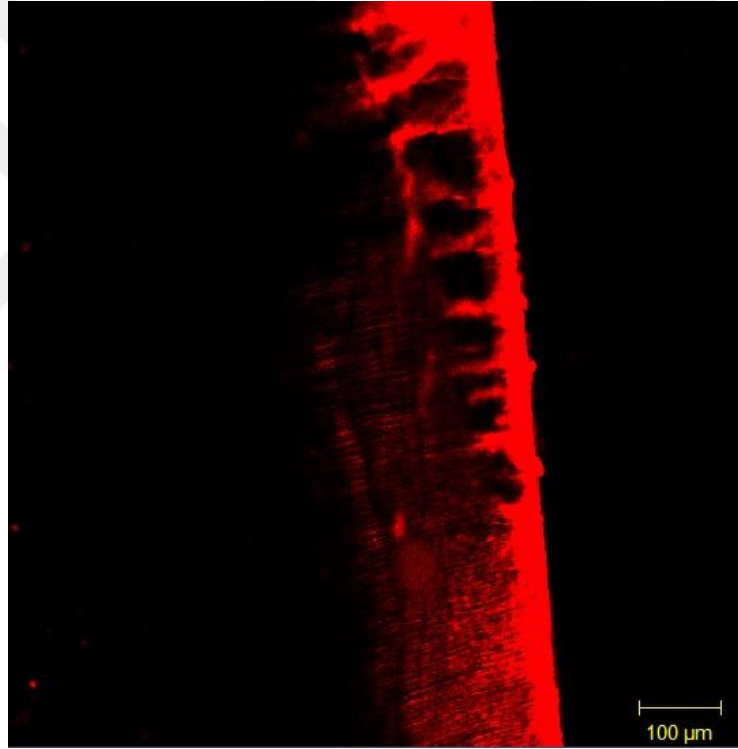
%0.1 oranında Rhodamine B ile karıştırılan tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan ve ardından SIROLaser Blue Diod Lazer (970nm) uygulanan dentin disklerin CLSM ile görüntülenmesi sonucu elde edilen penetrasyon derinliği ortalaması $23,84 \pm 5,81$ olarak tespit edildi. Diod 970+Teeth grubunun penetrasyon derinliği, NdYAG+teeth ve Teethmate grubunun penetrasyon derinliğinden anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Diod 970+Teeth ve Diod 445+Teeth gruplarının penetrasyon derinlikleri karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunmadı ($p > 0.05$)(Resim 41).



Resim 41. Diod Lazer 970nm+ Teethmate grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10)

4.3.6 Nd:YAG Lazer, 1064 nm + Teethmate Grubu

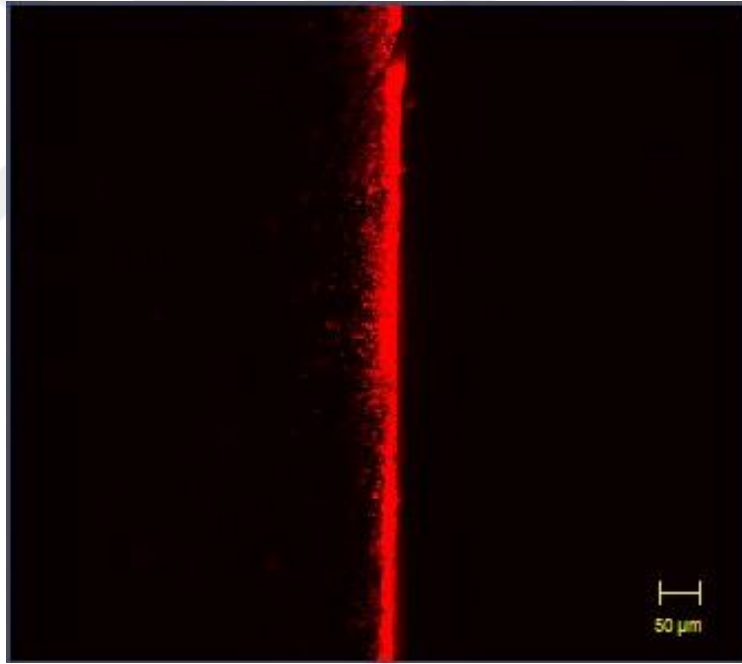
%0.1 oranında Rhodamine B ile karıştırılan tetra kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan ve takiben Nd: YAG Lazer (1064 nm) uygulanan dentin disklerin CLSM ile görüntülenmesi sonucu elde edilen penetrasyon derinliği ortalaması $172,65 \pm 61,22$ olarak tespit edildi. Şekil NdYAG+teeth grubunun penetrasyon derinliği, diğer tüm gruplardan anlamlı şekilde yüksek bulundu ($p < 0.05$)(Resim 42).



Resim 42. Nd:YAG Lazer 1064 nm + Teethmate grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10)

4.3.7 Professional Oral Care, nHAP Grubu

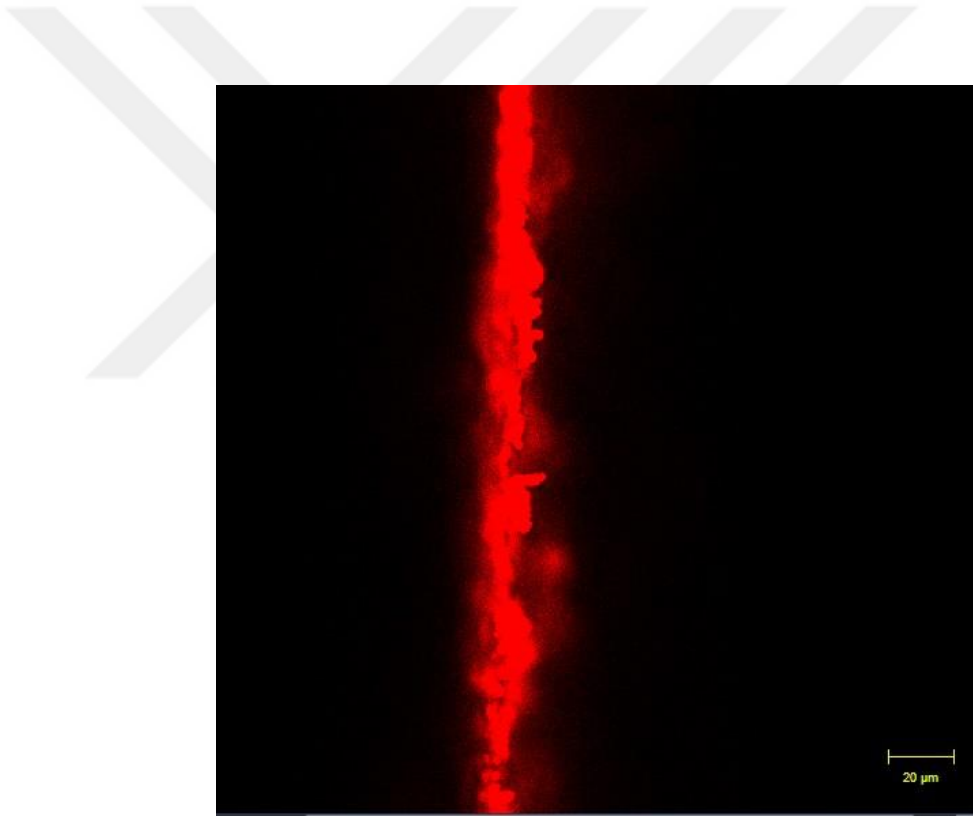
%0.1 oranında Rhodamine B ile karıştırılan nanohidroksiapatit içerikli Professional Oral Care Nhap hassasiyet giderici ajan uygulanan dentin disklerin CLSM ile görüntülenmesi sonucu elde edilen penetrasyon derinliği ortalaması $49,7\pm 9,52$ olarak tespit edildi. Şekil Nhap grubunun penetrasyon derinliği, NdYAG+teeth ve NdYAG+ Nhap gruplarından anlamlı derecede düşük; Diod 445+Teeth, Diod 970+Teeth, Diod445+Nhap ve Diod 970+Nhap gruplarından anlamlı şekilde yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Nhap grubu ve Teethmate grubu arasında penetrasyon derinliği açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır($p>0.05$)(Resim 43).



Resim 43. Nhap grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10)

4.3.8 Diod Lazer 445nm+ nHAP Grubu

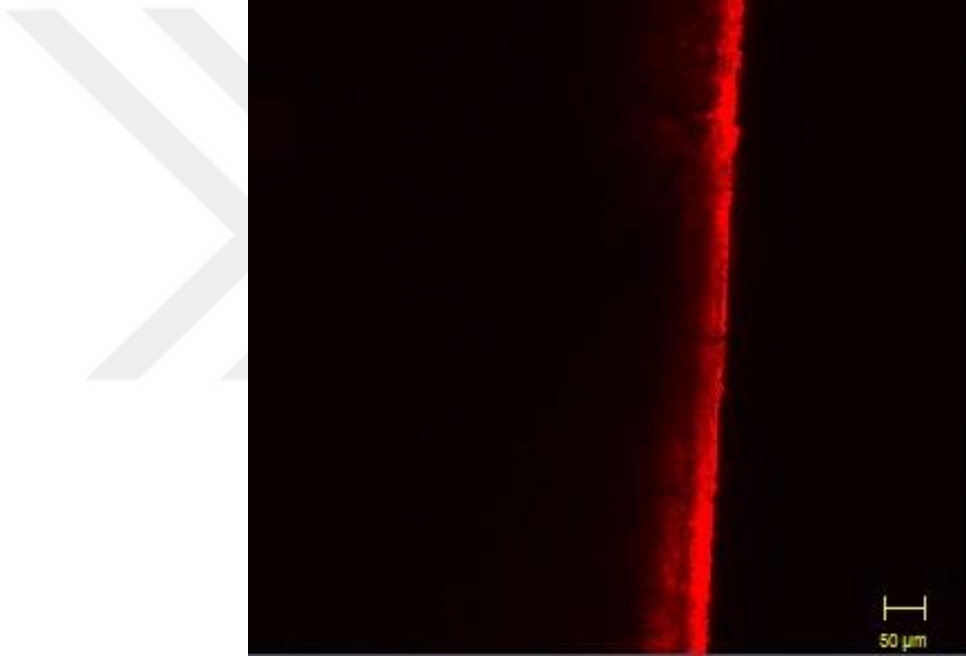
%0.1 oranında Rhodamine B ile karıştırılan nanohidroksiapatit içerikli Professional Oral Care Nhap hassasiyet giderici ajan ve takiben SIROLaser Blue Diod Lazer (445 nm), uygulanan dentin disklerin CLSM ile görüntülenmesi sonucu elde edilen penetrasyon derinliği ortalaması $22,52 \pm 4,84$ olarak tespit edildi. Şekil Diod 445+Nhap grubunun penetrasyon derinliği, nanohidroksiapatit ile tedavi edilen diğer tüm gruplardan (Diod 970+Nhap, Nhap, NdYAG+ Nhap) anlamlı derecede düşük bulundu ($p < 0.05$)(Resim 44).



Resim 44. Diod Lazer 445nm+ nHAP grubundan CLSM ile görüntülenenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10, 3.0 zoom)

4.3.9 Diod Lazer 970nm+ nHAP Grubu

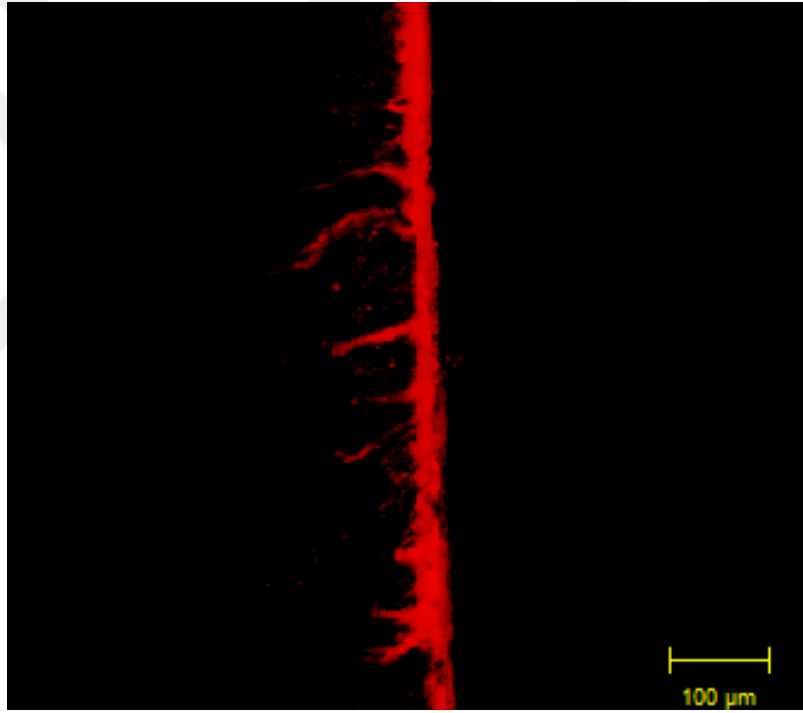
%0.1 oranında Rhodamine B ile karıştırılan nanohidroksiapatit içerikli Professional Oral Care Nhap hassasiyet giderici ajan ve ardından SIROLaser Blue Diod Lazer (970nm), uygulanan dentin disklerin CLSM ile görüntülenmesi sonucu elde edilen penetrasyon derinliği ortalaması $28 \pm 7,14$ olarak tespit edildi. Şekil Diod 970+Nhap grubunun penetrasyon derinliği; Nhap ve NdYAG+ Nhap gruplarından anlamlı derecede düşük, Diod 445+Nhap grubundan ise anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$)(Resim 45).



Resim 45. Diod Lazer 970nm+ nHAP grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10)

4.3.10 Nd:YAG Lazer, 1064 nm + nHAP Grubu

%0.1 oranında Rhodamine B ile karıştırılan nanohidroksiapatit içerikli Professional Oral Care Nhap hassasiyet giderici ajan ve takiben Nd: YAG Lazer (1064 nm) uygulanan dentin disklerin CLSM ile görüntülenmesi sonucu elde edilen penetrasyon derinliği ortalaması $86,44 \pm 17,53$ olarak tespit edildi. Şekil NdYAG+ Nhap grubunun penetrasyon derinliği; NdYAG+teeth grubundan anlamlı derecede düşük, diğer tüm gruplardan ise anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$)(Resim 46).



Resim 46. NdYAG Lazer + Nhap grubundan CLSM ile görüntülenen bir örneğin dentin tübül penetrasyon görüntüsü (x10)

4. TARTIŞMA

Dentin hassasiyetinin kök yüzeylerindeki ağız ortamına açılmış dentin tübüllerinin sayı ve genişliği ile ilgili olduğu yapılan çalışmalar ile gösterilmiştir[237]. Hassas dişlerde açığa çıkan tübül çapının daha geniş ve sayısının daha fazla olduğu bildirilmiştir [48]. Hidrodinamik teoriye göre, uyarıların pulpaya iletiminde dentin tübülleri önemli rol oynamaktadır[5]. Bu nedenlerden ötürü başarılı bir dentin hassasiyeti tedavisi ile dentin tübüllerinin kısmen daralması yada tamamen kapanması amaçlanmaktadır. Tübüllerdeki bu kapanmanın uzun etkili olması ve ağız ortamındaki değişikliklere karşı dirençli olması istenmektedir. İstenilen uzun ve etkili tedaviye ulaşmak için çalışmalar halen devam etmektedir.

Grossman'ın 1935'de ortaya koyduğu kriterlere göre ideal bir hassasiyet giderici ajan; pulpayı irrite etmemeli, uygulama sırasında ağrı oluşturmamalı, kolayca uygulanabilmeli, hızlı etki etmeli, etkisi uzun sürmeli, dişi boyamamalı ve tedavi etkinliğini korumalıdır[117]. Yaygın bir problem olan dentin hassasiyeti tedavisinde bir çok material ve yöntem kullanılmıştır.

Tüm bu bilgiler doğrultusunda ve literatür incelendiğinde dentin hassasiyeti tedavisi hususunda farklı tedavi modelleri denenmiş, semptomların azaldığı yada ortadan kalktığı bildirilmiştir. Halen kesin bir tedavi seçeneğinin olmaması, mevcut tedavilerin etkisinin kalıcı olmaması yeni çalışmalar yapılması ihtiyacını doğurmuştur. Farklı tedavi seçenekleri denenmesine rağmen dentin hassasiyeti tedavisi için günümüzde halen altın standart kabul edilecek tedavi seçeneği bulunamamıştır [62].

In vitro modeller, maliyetlerinin az olması, çalışma sürelerinin kısa olması, daha az sayıda personel gerektirmesi, tek bir değişkeni diğer değişkenleri sabit tutarak değerlendirebilme gibi avantajlarından dolayı sıklıkla tercih edilmektedirler [238]. Bu çalışmada, *in vitro* modeller tercih edilmiştir.

İn situ ve in vitro çalışmalarda deney örneklerinin hazırlanması amacıyla insan veya sığır dişlerinden faydalanılmaktadır. Bu çalışmada çürüksüz, çatlak ve restorasyon içermeyen, sağlam insan daimi molar dişleri kullanılmıştır.

Son yıllarda biyolojik aktivite, biyouyumluluk açısından insan diş yapısına benzer kristal yapıda biyolojik materyallerin kullanımı daha fazla öne çıkmıştır. Kalsiyum fosfat içerikli hassasiyet giderici ürünler (Teethmate) tetrakalsiyum fosfat ve di kalsiyum fosfat anhidroz içerikleri nedeniyle biyolojik materyal olarak düşünülebilir. Bu kombinasyon sayesinde kendiliğinden hidroksiapatit yapı oluşmaktadır. Erken mine lezyonlarının

remineralizasyonunda ve dentin hassasiyeti tedavisinde etkili oldukları bulunmuştur. Son yapılan çalışmalarda uzun süreli kullanımı ile dentin geçirgenliğinin azaltılmasında yüksek performans sergilediği görülmüştür [12, 239]. Thanatvarakorn ve ark.'ı Teethmate'in açık tübüleri kristalizasyon yolu ile bloke ettiğini göstermişlerdir[12]. Bu özelliklerinden ötürü bu tez çalışmasında Teethmate hassasiyet giderici ajan kullanıldı ve dentin hassasiyeti üzerine tedavi etkinliği ve erozyon direnci tespit edildi.

Hidroksiapatit biyoaktivite, osteokonduktivite, ideal biyouyumluluk özelliklerine sahip olup diş ve kemiğin ana inorganik maddesidir. Nano boyutta hidroksi apatit içerikli restoratif malzemeler ile yapılan in vitro çalışmaların sonuçları umut vericidir [240]. Bu çalışmada biyouyumlu, biyoaktif nano partiküllü hidroksiapatit solüsyonu kullanılarak bu yeni materyalin dentin tübülerini kapatma etkinliği ve erozyona direnci araştırıldı.

Son yıllarda dişhekimliğinde lazer kullanımı da dentin hassasiyeti tedavisinde sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca hassasiyet giderici kullanarak uygulanan klasik tedaviler lazer ile desteklenmektedir. Teknolojinin gelişmesi, yapılan çalışmalarla bilimsel bilginin artması, uygun yeni dalga boylu lazerlerin geliştirilmesiyle birlikte tedavinin terapötik etkisi artmıştır[241]. Farklı dalga boyu ve uygulama süreleri ile lazer kullanılarak yapılan birçok çalışmada hemen tedavinin ardından ve 6 ay sonrası yapılan değerlendirmelerde hassasiyetin azaldığı birçok vakada ise ortadan kalktığı görülmüştür [116, 169, 242].

Dentin hassasiyeti çok faktörlü etyolojiye sahip olup genellikle birden fazla faktöre bağlı olarak ağrı mekanizması oluşmaktadır. Bu nedenle başarılı bir tedavi birden fazla tedavi modeli gerektirebilir. Lazer uygulamasının kimyasal ajanla birlikte uygulandığı çalışmalar da rapor edilmiştir. Lazerin sodyum florid ve stannoz florid ile birlikte kullanıldığında, lazerin tek başına kullanılmasına göre tedavi etkinliğini % 20 den fazla arttırabildiği bildirilmiştir [182, 190]. Kumar ve Mehta yaptıkları çalışmada Nd:YAG lazer ve % 5 NaF vernik kombinasyonunun her ikisinin tek başına kullanılmasına göre daha etkin olduğunu belirtmişlerdir [23]. Lazer terapinin florid yada yeni bulunan hassasiyet giderici ajanlarla birlikte kullanımının sonuçları iyi yönde etkilediği bildirilmiştir [62, 169, 241, 243]. Farklı lazerler ile hassasiyet giderici ajanların kombine kullanıldığı birçok çalışmada kombine tedavi etkinliği; tek başına uygulanan lazerden ve hassasiyet giderici ajandan daha etkili bulunmuştur [111, 182, 191, 209, 244-247]. Bu çalışmada etkili, dayanıklı ve uzun süreli tedavi seçeneğinin bulunabilmesi amacıyla kalsiyum fosfat ve nanohidroksi apatit içerikli hassasiyet giderici

ajanlar tek tek ve Nd YAG, Diod 445nm, Diod 970 nm dalga boylu lazerler ile birlikte kullanıldı.

Nd:YAG lazerler dentin hassasiyeti tedavisinde ilk kez kullanılan lazerlerdir. Matsumoto ve ark.'ı tarafından 1985 yılında kullanılmıştır. Etkinliğini direkt sinir analjezisi sağlayarak ve dentin tübüllerinde tıkama ve daralma sağlayarak göstermektedir. Ayrıca etkili bir tübül örtücülüğü sağladığı da bildirilmiştir [187, 189, 190]. Nd:YAG lazerin, uygun parametrelerle kullanıldığında dişte çatlak ve pulpa hasarı gibi istenmeyen yan etkilerin ortadan kalktığı ve dentin hassasiyeti tedavisinde etkili olduğu bildirilmiştir. Yapılan bir in vitro çalışmada da Nd:YAG lazerin asit siklus uygulamasına direnç gösterdiği, dentin hassasiyeti tedavisi açısından kapasitesinin yüksek olduğu bulunmuştur [24]. Tübül örtücülüğü üzerindeki etkisi ile penetrasyon derinliğinin de yüksek olmasından ötürü Nd:YAG lazer [248] bu çalışmada tercih edilmiştir.

White ve ark.'ı (1993) yaptıkları çalışmada Nd:YAG lazeri 1 W gücünde uygulamış, 3 yıl sonra pulpanın vitalitesini koruduğunu, dişin asemptomatik olduğunu belirtmiş ve pulpanın zarar görmemesi için gücün 1 W'ı geçmemesi gerektiğini belirtmişlerdir[249]. Nd:YAG lazer genellikle 0.3-2 W çıkış gücüyle kullanılmıştır [24, 187, 189]. Gutknecht ve ark.'ı yaptıkları klinik bir çalışmada Nd:YAG lazeri 0.3, 0.6, 1 W 10 Hz olarak 3 farklı parametrede kullanmış, 3 ay sonra 1 W 10 Hz parametresini daha etkili bulmuşlardır [22]. Aynı şekilde Farmakis ve ark.'ı 1 W olarak Nd:YAG lazeri, tek veya hassasiyet giderici ajanla birlikte kullanıldığında 0.5 W a göre daha etkili bulmuşlardır [250]. Aynı şekilde 2008 yılında Birang ve ark.'ı Nd:YAG lazerin 1 W gücüyle kullanımının 0.5 W'a göre ve Er:YAG lazere göre daha etkili olduğunu bulmuşlardır [251]. Nd:YAG lazerin açık dentin tübüllerini tıkamasını aydınlatmak için çeşitli çalışmalar yapılmıştır[204, 252]. Bu çalışmalar farklı güçte uygulanan Nd:YAG lazerlerin dentinde çeşitli değişikliklere neden olabileceğini ortaya koymuştur. Lazerin gücü 1.5 W'dan küçük olduğunda erime, fissür oluşumu gibi değişiklikler görülürken; güç 1.5 W'dan büyük olduğunda dentin proteinlerde değişiklikler, dentin yüzeyinde geri dönüşümsüz kırıklar, hasarlar hatta pulpanın etkilendiği belirtilmiştir[253]. Bu tez çalışmasında literatüre uygun olarak Nd:YAG lazer için 1 W, 10 Hz parametreleri tercih edilmiştir [250, 254].

Diyot lazerlerin diğer lazerlere göre; kolay taşınabilir küçük boyutlu ünitelere sahip olmaları ve maliyetinin daha düşük olması avantajlarıdır [195]. Düşük güçlü lazer olan GaAlAs diod lazerlerin 780, 830, 900 nm dalga boyları dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılmış ve

sinir iletimini engelleyerek analjezik etki oluşturdıkları belirtilmiştir [187, 190]. GaAlAs diod lazerler C afferent sinir liflerinin depolarizasyonunu engelleyerek anında etki göstermektedirler. Ayrıca bu anında analjezik etkiye ek olarak uygun parametrelerde diod lazer uygulaması ile odontoblastların metabolik aktivitesi artmakta ve yoğunlaşmış tersiyer dentin üretimi ile dentin tübüllerinde tıkanma da gerçekleşebilmektedir [25, 26].

Umana ve ark.'I (2013) yaptıkları in vitro çalışmada diod lazeri 0.8, 1, 1.6, 2 W gibi farklı çıkış güçleri kullanmışlar, 1 ve 0.8 W çıkış güçlerini (dişte kırık çatlak gibi herhangi bir zarar vermeyerek) tübülleri daraltıp tıkamada daha etkili bulmuşlardır [255]. Bu tez çalışmasında da diod lazerler için güç 1 W olarak belirlenmiş ve iki farklı dalga boyu (445 nm ve 970 nm) kullanılmıştır. Literatürde 445 nm dalga boyunda diyod lazerle yapılan az sayıda çalışma bulunmaktadır. 420-480 nm dalga boyu aralığı insan gözü tarafından mavi ya da mor renk olarak algılanmaktadır. Hangi dalga boyunun hangi biyolojik dokuda etkili olduğunu gösteren absorpsiyon eğrisine göre 445 nm dalga boyu melanin ve hemoglobinde yüksek absorpsiyon göstermektedir. Kollajen ve proteinde de belirgin derecede bir absorpsiyon bulunmaktadır. Flavin ve porfirinler içeren enzimlerin ve proteinlerin, mavi-mor ışınlar ile ilgili olarak fotoğraf alıcıları gibi işlev gördüğü düşünülmektedir [256, 257]. Yüksek absorpsiyon düşük penetrasyon derinliği ile daha çok yumuşak doku cerrahisi için geliştirilen bu yeni mavi ışık lazer sisteminin aynı güçteki infrared diyot lazerlere göre kesme etkinliğinde artma yan etkilerinde azalma beklenmektedir. Ayrıca mükemmel bir koagülasyon beklenebilir [258, 259]. Dentin hassasiyeti tedavisinde lazerler; dentin tübüllerini tübül ağızlarını eritip tıkararak, sinir depolarizasyonunu engelleyerek ve ayrıca dentin tübül sıvısı proteinlerinde koagülasyon meydana getirerek tübülde tıkama sağlamaktadırlar [260]. Bu bilgilerden yola çıkarak proteinde absorpsiyonu ve koagülasyon özelliği ile öne çıkan 445 nm dalga boyunda yeni diod lazer, dentin hassasiyeti tedavisindeki etkinliğinin in vitro olarak değerlendirilmesi amacıyla tez çalışmamıza dâhil edilmiştir. 445 nm diod lazer için de aynı parametreler kullanılmıştır.

Son yıllarda SEM ve mikro analizlerle yapılan incelemeler, araştırmalara daha objektif değerlendirme imkanları kazandırmaktadır. SEM özellikle diş hekimliğinde, diş sert dokularının incelenmesinde sık kullanılan bir araştırma cihazıdır. SEM analizinde elektron etkileşimleri ile ortaya çıkan X ışınları, örnekte hacim kaybına neden olmamakta, bu sayede aynı materyal tekrar tekrar analiz edilebilmektedir. Bu özelliği sayesinde SEM analizi yıkıcı olmayan bir yöntem olarak değerlendirilmektedir [261]. SEM yüksek çözünürlüğü, 3D görüntü verebilme imkanı, yüzey topografyası hakkında bilgi verebilmesiyle ve tübül tıkanıklığını

oldukça iyi gösterebilmesiyle hassasiyet çalışmalarında oldukça tercih edilen bir yöntemdir. Daha önce de hassasiyet giderici ajan ve lazerlerin dentin tübül örtücülüğüne etkisinin araştırıldığı birçok çalışmada kullanımı tercih edilen bir metod olmuştur [21, 24, 227, 250, 262-265]. Çalışmamızda her dentin örneğinden yüzey karakteristiği ve uygulanan materyallerin tübüllerde meydana getirmiş oldukları değişikliklerin incelenmesi amacıyla X1000 ve X2000 büyütmede mikrofotograflar alınmıştır. Ayrıca Arnold ve ark.'ı SEM'in yüzeydeki demineralizasyon ve remineralizasyonun değerlendirmesinde de güçlü bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir [266].

Günümüzde uygulanan ajanların dentin tübül penetrasyonlarının incelenmesinde CLSM cihazı da tercih edilen bir yöntemdir [229, 236]. CLSM ile küçük büyütme ile tüm örnek yüzeyinin incelenmesine izin vermekte, artefakt oluşturma potansiyeli az olup, görüntüleme için özel ek uygulamalar gerekmemekte dolayısıyla örnekler herhangi bir hasara uğramadan üç boyutlu görüntü elde edilmesine olanak sağlamaktadır [226]. CLSM ile çalışan araştırmacılar, floresan moleküllerin seçici olarak uyarılması amacıyla floresan boyanın emilim spektrumundaki en uygun dalga boyunu kullanmışlardır. Bu çalışmada da örnekler Rhodamin B ile işaretlenerek uyarı için helium-neon lazerin 543 nm çizgisi kullanılmıştır.

Bu çalışmada; apikal gelişimini tamamlamış, çürüksüz, 140 adet yeni çekilmiş sağlam insan 3.molar diş kullanıldı. Alt ve üst çeneden aynı sayıda diş seçildi. Dentin hassasiyeti üzerine yapılmış in vitro çalışmalarda genellikle çok köklü dişler kullanılmıştır [196, 205, 209, 227, 251, 267]. Örnekler arasındaki varyasyonu minimize etmek için [268] birçok çalışmada olduğu gibi tez çalışmamızda da 3.molar dişler tercih edilmiş, belirli yaş grubundan (20-28 yaş) elde edilen dişler çalışmaya dahil edilmiştir[196]. Dişler seçildikten sonra ışık mikroskopunda x40 büyütme altında aşınma, kırık, çatlak yönünden incelenmiş, böyle dişler çalışmaya dahil edilmemiştir. Böylelikle minenin herhangi bir etkenle daha önceden uzaklaşarak, altındaki dentin tabakasının ağız ortamına açılması sonucu dentin tübüllerinin çaplarında oluşabilecek farklılıkların önüne geçmek ve daha sonra uygulanacak işlemlerde standardizasyonu sağlamak amaçlanmıştır. Ayrıca uygulanacak tedavilerin standart ve homojen bir örnek dağılımında yapılabilmesi amaçlanmıştır.

Dentin tübüllerinin ortalama sayısı ve çapları; yaş, diş tipleri, mine-dentin birleşiminin derinliği ve dentin sklerozu gibi faktörlerden etkilenmektedir [269, 270]. Bu nedenle çalışmamızda kullanılacak 3.molar dişler belli bir yaş aralığındaki (20-35 yaş) bireylerden elde edilerek gruplar arasındaki farklılıklar önlenmeye çalışılmıştır[270]. Çalışmamızdaki diş

kesitlerinin mine-sement sınırı ve hemen üstü servikal 3 mm'lik alandan almamızın nedeni, dentin hassasiyetinin %93 oranında dişlerin servikal bölgesinde görülmesidir[271]. Dentin dokusunun yapısal özelliklerinden kaynaklanan farklılıkları önlemek amacıyla, her dişin servikal 1/3 bölgesinden standart boyutlarda örnekler hazırlandı.

Literatürde; 1 mm (Pereira ve ark.'ı, 2005[126], Sales-Peres ve ark.'ı, 2012[272], Xiao ve ark.'ı, 2016[24], Yılmaz N.A. ve ark.'ı, 2017[273]); 0,5-0,9 mm (Sauro ve ark.'ı, 2011[274], Thanatvarakorn ve ark.'ı, 2013[129]) ya da 2 mm (Joshi ve ark.'ı, 2013[275]) kalınlığında dentin diski kullanılan çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmada örnekler; klinik görünümü daha gerçekçi taklit etmesi açısından, SEM ile daha çok tarama yapabilmek amacıyla, CLSM ile de daha kalın numunelerin incelenebilmesi, ince kesit alma zorunluluğu olmamasından [225], hareketle 3 mm kalınlıkta hazırlanmıştır. Tunar ve ark. , Çakar ve ark. , Oncu ve ark.'ı da tübül örtücülüğünü SEM ile inceledikleri çalışmalarında 3 mm'lik dentin disk örnekleri kullanmışlardır [196, 229, 276].

Kullanılan deney solüsyonları kadar deney zamanına kadar çekilmiş dişlerin saklandığı solüsyon da önemlidir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda formaldehit, sodyum hipoklorit, glutraldehit, kloramin T, distile su ve timol gibi birçok solüsyon kullanılmıştır[277]. Mikroorganizma üremesine engel olması, dişlerin sertliğinde herhangi bir değişim meydana getirmemesi nedeniyle tez çalışmamızda timol solüsyonu kullanılmıştır [278]. Diş örnekleri yumuşak doku artıkları periodontal küret ile temizlendikten sonra 4C⁰'de % 0.01 timol solüsyonunda saklandı [227].

Yapılan in vitro çalışmalarda dentin hassasiyeti görülen dentin yüzeylerini taklit etmek ve tüm örneklerde standardizasyonu sağlamak amacıyla mine döner aletler ile uzaklaştırılmış ve ardından tüm örnekler sırasıyla 400, 600, 1200 grenli su zımparaları ile zımparalanmıştır[279, 280]. Bu işlemin amacı hem dişlerin servikal üçlüsünden elde edilen 3 mm kalınlıktaki dentin disklerinin standart yüzeylere sahip olmasını sağlamak, hem de ölçümlerin hassasiyeti için yüzeyleri düzgünleştirmektir. Bu amaçla bu çalışmada dentin örnekler 300 gritten başlayarak partikül büyüklüğü ve abraziv özelliği gittikçe azalacak şekilde 1200 gritte sonlandırılarak su zımparaları ile zımparalandı.

Bu işlemler sırasında meydana gelen smear tabakasını ortamdaki uzaklaştırmak amacıyla farklı konsantrasyonlarda EDTA, fosforik asit, hidroklorik asit ve sitrik asit gibi ajanlardan faydalanılmaktadır. EDTA da smear tabakasını uzaklaştırmada kullanılan bir şelasyon ajanıdır [281]. Khademi ve ark. 2004 yılında yaptıkları bir çalışmada smearı

uzaklaştırmada %17 EDTA'yı daha etkili bulmuşlardır[282]. Tez çalışmamızda smear tabakasını uzaklaştırmak için benzer şekilde dentin disklerine 2 dk süre ile EDTA uygulanmıştır [21, 209, 227, 283].

Erozyon çalışmalarında da örnekler arasındaki varyasyonu minimize etmek için birçok in vitro çalışmada olduğu gibi 3.molar diş kullanımı önerilmektedir[238]. Tucker ve ark. dişlerin palatal/lingual yüzeylerinin labial/bukkal yüzeylere oranla erozyona daha duyarlı olduğunu belirtmişlerdir[284]. Hooper ve ark. yakın zamanda yaptıkları çalışmayla 3.molar dişlerin farklı yüzeylerini erozyona maruz bıraktıklarında, herhangi bir farklılık olmadığını belirtmişlerdir[238]. Bu çalışmada erozyon açısından yüzeyler arasında farklılık olmaması dolayısıyla, 3.molar dişlerin bukkal ve lingual yüzeylerinden elde edilen diskler kullanıldı.

Lazer ışınlanması dentin yüzeyinde ısı birikimine neden olabilir. İlk atımı takiben dentinin ışığı absorbe etmesiyle yüzey sıcaklığı yükselebilir ve erime meydana gelebilir.

Takiben bir sonraki atımda dentin yüzeyinde mikroçatlaklar ve karbonizasyon meydana gelebilir. Kubinek ve ark.'ı bu problemleri çözmek, dentin yüzeyinin aşırı ısınmasını önlemek amacıyla lazer ışınını absorbe edecek bir boya yada ajanla kaplanmasını önermişlerdir[285]. Bu durumdan ötürü dentin örneklerine önce ajan, daha sonra lazer ışını uygulanmıştır [229, 276].

Zhou ve ark.'ı yaptıkları in vitro bir çalışmada teetmate hassasiyet giderici ajanı 3 kez uyguladıklarında hassasiyet giderici etkinliğini daha fazla bulmuşlardır [286]. Bu nedenle

Teetmate ve standardizasyonu sağlamak için ve aynı zamanda üretici firma talimatları doğrultusunda Nhap de aynı süre ile ve 3'er kez uygulandı.

Yaşam koşullarının değişmesi, daha fazla asitli yiyecek ve içecek tüketilmesi, günümüzde diş sert dokularında erozyonun görülme sıklığının artmasına neden olmuştur[287]. Erozyonun görülme sıklığında hızlı bir artış gözlenmesi, yapılan epidemiyolojik çalışmaların bunu desteklemesi, erozyondan korunma yolları konusunda daha fazla sayıda çalışma yapılma gereksinimini ortaya çıkarmıştır[288]. Ayrıca dentin hassasiyetinin başlamasında ve ilerlemesinde de eroziv ajanların, erozyonun da rol oynadığı kanıtlanmıştır. Asit maruziyeti dentin tübüllerini açmakta, smearı uzaklaştırmaktadır[9]. Ağız boşluğu zaman zaman asit ataklara maruz kalmaktadır. Açığa çıkmış dentin yüzeyi için bu durum büyük risk oluşturmaktadır[24]. Başarılı bir dentin hassasiyeti tedavisinin uzun etkili olması ve ağız ortamındaki değişikliklere dirençli olması beklenmektedir. Diş sert dokularında geri dönüşümsüz kayıplar meydana getiren erozyon oluşumunu önlemek için uygulanacak

koruyucu yaklaşımlara ihtiyaç vardır[289]. Erozyondan korunmak için bireyin diyetinin yeniden düzenlenmesi, tükürük akış hızının uyarılması, eroziv içecek ve yiyecek tüketiminin azaltılması, uygun ağız hijyenin sağlanması gerekmektedir. Erozyona neden olan etkenlerin bireysel alışkanlıklara bağlı olmasından ötürü bu etkenleri kontrol altına almak oldukça zordur. Bu nedenle erozyonu önlemeye yönelik bir takım tedavi stratejileri önem kazanmıştır[290]. Son yıllarda erozyonu önlemek amacı ile uygulanan tedavi yöntemlerinden biri de lazer uygulamalarıdır. Erozyonu önlemede kullanılan lazerlerin dalga boyu ve parametreleri tedavinin başarısını etkileyen önemli faktörlerdir[110, 228, 289-292].

Lazerin mine ve dentin mineralizasyonunu önleyici, koruyucu etkilerine duyulan ilgi bu yönde yapılan çalışmalar son yıllarda oldukça artmıştır. Lazer tedavisi diş yüzeyinde kimyasal değişikliklere neden olmaktadır. Bu kimyasal değişiklikler yapısındaki karbonat içeriğinde azalma ve flor ile birlikte uygulandığında hidroksiapatitin fluoroapatite dönüşümünü içermektedir[106]. Buna ek olarak lazer uygulaması, diş yüzeyinde erime ve takiben katılaşma ile daha pürüzsüz yeni bir yüzey oluşturur[106, 205]. Erimiş yüzey yapısındaki kristallerdeki değişiklikler asidin difüzyonunu azaltabilmektedir[293]. Fried ve ark. yaptıkları bir çalışmada; diş sert dokularında etkin bir şekilde kullanılabilir özel lazer dalga boyları ve doğru kullanılan güç ayarları ile lazer uygulamasının, ortaya çıkan ısı ile diş sert dokularının asite karşı dirençlerinin arttırdığını rapor etmişlerdir [294]. Tüm bu diş yapısında meydana gelen kimyasal ve morfolojik değişiklikler eroziv demineralizasyona karşı duyarlılıkta azalmaya yol açabilir. Nd:YAG lazerin 0.5, 0.75 and 1 W güçlerle florla kombine ve tek olarak uygulandığı bir in vitro çalışmada, erozyonunu azaltmada etkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca flor jel ile kombine kullanımının 10 gün sonra erozyonu azaltmada hala etkili olduğu gösterilmiştir[290]. Naylor ve ark.'ı Nd:YAG lazer ışınlanması ile, rekristalize granüllerin formasyonu, erime ve yeniden katılaşma ile dentin tübüllerinde erime ve tıkanma gerçekleştiğini belirtmişler, Nd:YAG lazer uygulamasının asitli içeceklere karşı dentinde direnç geliştirdiğini bildirmişlerdir [295]. Lazer kullanımının dentin yapısında ve morfolojisinde değişikliklere neden olmasından ötürü geleneksel hassasiyet giderici ajanlara göre etkisinin daha uzun ve dayanıklı olabileceği düşünülmektedir [21, 24].

Lazer uygulamanın diş yüzeyi üzerindeki ısı ve rekristalizasyon etkisi dişleri asit ataklarına karşı dirençli hale getirdiği ve Florür'ün lazerle birlikte uygulandığında etkinliğinin daha da arttığı bazı çalışmalarda ispatlanmıştır [296, 297]. Literatürde daha önce kalsiyum fosfat hassasiyet giderici ajan ile Nd:YAG ve diod lazerlerin kombine kullanımının erozyona

direnci üzerine yapılmış bir çalışmaya rastlanmadığından, nanohidroksiapatit içeren hassasiyet giderici ajan ve Nd:YAG, diod lazerler ile az sayıda çalışmaya rastlandığından, bu tez çalışmasında lazer ve bu 2 hassasiyet giderici ajanların kombine kullanımının dentinin erozyon direnci üzerine etkisi araştırıldı.

Diş erozyonunun en büyük nedenlerinden biri asitli yiyecek ve içeceklerdir. Asitli yiyecek ve içeceklerin içeriğinde ise çoğunlukla sitrik asit bulunmaktadır[298]. Bu nedenle genellikle in-vitro çalışmalarda sitrik asit kullanılmıştır[246, 299]. Günlük diyetimizde ağız boşluğumuz meyve suları, meşrubatlarla, meyvelerle sitrik asite maruz kalmaktadır [300, 301]. Bu nedenle bu çalışmada ağız ortamını taklit etmek ve erozyona en dirençli tedavi seçeneğini belirlemek için sitrik asit kullanılmıştır.

Klinik durumu daha doğru yansıtabilmek için erozyon ve erozyonu önlemeye yönelik çalışmalarda kullanılan sikluslar demineralizasyon ve remineralizasyon ile birlikte gerçekleştirilmektedir[289, 302, 303]. Örnekler demineralizasyon için saf asit (HCl ya da sitrik asit)[304], asitli içeceklerde[305]; remineralizasyon için ise yapay ya da insan tükürüğünde bekletilmektedir[306]. Yapay tükürüğün remineralize edici etkisi daha önceki çalışmalarda belirtilmiştir[307]. Dentin örnekleri erozyon sikluslar arası remineralizasyon amacı ile hazırlanan yapay tükürük solüsyonunda bekletildi.

Erozyon çalışmalarında kliniği daha iyi yansıması açısından çok sikluslu modellerin tek siklulara göre daha iyi olduğu düşünülmektedir[278]. Bu çalışmada dentin örnekler Passos ve ark.'ı ile benzer şekilde 5 dk. %0,3'lük (pH α 2,3) sitrik asit solüsyonunda bekletildi, siklus 5 gün boyunca günde 3 kez olacak şekilde uygulandı. Sikluslar arasında ve günlük siklusun tamamlanmasının ardından örnekler yapay tükürükte bekletildi[233].

Ganss ve ark.'ı yaptıkları çalışmalarında 5 gün sonunda toplam 20 dakika kolayca maruz bırakarak oluşturdukları eroziv lezyonun “orta dereceli erozyon” olduğunu bildirmişlerdir[308]. Bu tez çalışmasında da her gün 15 dakika eroziv atağa maruz bırakılan örneklerde yüksek derecede erozyon meydana geleceği varsayılmıştır. 5 gün önce uygulanan hassasiyet giderici tedavi etkinliğinin yüksek erozyon sonrası dayanıklılığı, tübül örtücülüğü SEM ile değerlendirildi. Kim ve ark.'ı da uyguladıkları hassasiyet giderici tedavilerinin erozyon siklusu sonrasında tübül örtücülüklerini SEM ile değerlendirmiş ve kombine tedavinin daha etkili olduğunu bildirmişlerdir[111]. Agresif erozyon koşullarında bile etkili olabilen koruyucu tedavilerin klinik uygulamalarda da başarı sağlayacağı beklenilmektedir[246].

Çalışmamızda 2 dk süre ile %17'lik EDTA uygulanan dentin diskleri, hassasiyet giderici ajanlar ve lazer uygulamalarını takiben, SEM analizinden önce Murakami ve ark.'na benzer şekilde bir gece boyunca yapay tükrükte bekletildi [288].

Hassasiyet gidericilerin etkinliklerinin değerlendirildiği çalışmalarda birçok araştırmacı, uygulanan tedavilerin başarısını belirlemek için tübüleri tıkama etkinliklerini kontrol grubuna göre kıyaslamışlardır. Çakar ve ark.'ı kontrol grubu çap ortalamasını $2,57\pm 0,3$, $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalamasını $1,5\pm 0,23$ bulmuşlardır[196]. Tunar ve ark.'ı kontrol grubu çap ortalamasını $2,41\pm 0,11$, $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalamasını $1,44\pm 0,07$ bulmuşlardır[237]. Gholami ve ark.'ı 2dk süre ile EDTA uygulamasını takiben kontrol grubu tübül çap ortalamasını $3,52\pm 1,04$ olarak bulmuşlardır[227]. Xiao ve ark.'ı ise kontrol grubu çap ortalamasını $3,53\pm 0,53$ olarak bulmuşlardır[24]. Bu çalışmada kontrol grubu örneklerine 2 dk. boyunca %17'lik EDTA uygulaması yapıldıktan sonra SEM incelemesinde, diş yüzeylerinin pürüzsüz bir şekilde olduğu ve intertübüler dentine herhangi bir zarar verilmeden smear tabakasının etkili bir şekilde ortamdan uzaklaştırıldığı tespit edildi. Elde edilen mikrofotografalarda 24 saat yapay tükrükte bekletilen kontrol grubunun açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $1,76\pm 0,18 \mu\text{m}$, açık tübül sayı ortalaması $168,2\pm 23,88$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalamasının ise $1,5\pm 0,78$ olduğu tespit edildi(Resim 21).

Kontrol grubu ortalama çapı tüm Teethmate'li ve Nhap ile Nhap'in Nd:YAG lazerle birlikte uygulandığı gruplardan literatürle uyumlu şekilde anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Aynı şekilde $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalaması açısından literatürle uyumlu olarak kontrol grubumuz tüm gruplardan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Erozyon uygulanmayan kontrol grubunun ortalama tübül çapı ve diod lazerlerle birlikte uygulanan Nhap grupları arasında fark gözlenmedi ($p>0.05$). Diod lazerlerin Nhap'in tübül çapını daraltmadaki etkisini arttırmadığı bulundu.

Yapılan literatür araştırmasında 445 nm dalga boylu diod lazerin dentin hassasiyeti tedavisinde kullanıldığına dair herhangi bir in vitro veya in vivo çalışmaya rastlanmadığından dolayı elde edilen verileri karşılaştırma imkanı olmamıştır. Bu nedenden ötürü diod lazerler olarak kendi içinde değerlendirildi.

Açıkta kalan tübül sayısı NdYAG+teeth grubunda diğer gruplara oranla ($3,6\pm 1,78$) anlamlı derecede düşük çıkmıştır. Aynı grupta ortalama çap değerleri ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen

açıkta kalan tübül sayısı ortalaması da diğer gruplara oranla daha az istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Resim 25) ($p < 0.05$). Nd:YAG lazerin Teethmate ile kombine kullanımının tübül örtücülüğü ve tübül çapı daraltma etkinliği açısından diğer lazerlere ve diğer ajana göre daha etkili olduğu bulundu.

Teethmate ve Nhap tek başına uygulandıklarında istatistiksel olarak fark olmasa da, açıkta kalan tübül sayısı değer olarak Teethmate grubunda daha düşüktür. Aynı şekilde ajanlar Nd:YAG lazerle birlikte uygulandıklarında da açıkta kalan tübül sayısı NdYAG+teeth grubunda daha düşüktür (NdYAG+teeth $3,6 \pm 1,78 <$ NdYAG+Nhap $6,7 \pm 1,95$). Teethmate hassasiyet giderici ajanın başlıca bileşenleri TTCP ve DCPA dır. Ajan karıştırıldıktan sonra bu iki bileşen sayesinde kalın bir tabaka oluşmakta, tübülleri örtmekte ve tübül içine penetre olmaktadır. TTCP ve DCPA kendiliğinden bir reaksiyonla HA'e dönüşmekte, tükürük ile doymuş hale gelebilmektedir[309]. DCPA'nın Ksp katsayısı (çözünürlük) düşük olup hemen çözünmekte ve iyon değişimi hemen başlayabilmektedir[286]. Oluşan HA kristallerinin dentin yüzeyine kimyasal olarak bağlandığı belirtilmiştir. TTCP ve DCPA ile oluşan kalsiyum fosfatdan zengin tabaka ve dentin arasında bir birleşme füzyon gerçekleşmektedir[12, 310]. Teethmate'in bu özellikleri bu tez çalışmasında Nhap'e göre tübül örtücülüğü üzerinde etkili olmuş olabilir.

Bu çalışmada Nd:YAG lazerin her iki ajan ile kombine kullanıldığında tübül örtücülüğünü arttırdığı bulundu. Bunun nedeni literatürde de belirtildiği gibi Nd:YAG lazerin dentin üzerinde meydana getirdiği değişiklikler olabilir. Nd:YAG lazerin dentinde meydana getirdiği erime ve fissür oluşumu gibi değişiklikler sonucu ajanlar dentin tübüllerini daha iyi örtmüş olabilir[252, 253]. Farmakis ve ark. yaptıkları invitro çalışmada bioaktif cam ve 1 W gücünde Nd:YAG lazeri birlikte kullandıklarında; tek başına lazer ve sadece ajan uygulamasına göre dentin tübüllerini örtmede daha başarılı olduğunu bulmuşlardır[250]. Aynı şekilde Hsu ve ark.'nın in vitro[209], Kumar ve Mehta'nın da yaptıkları in vivo ve SEM çalışmalarında[23]; Nd:YAG lazeri florlu hassasiyet giderici ajan ile birlikte kullanımının tedavi etkinliğini arttırdığını tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar bu çalışmanın bulgularıyla uyumludur.

Diod lazerler (445 nm ve 970 nm) ile Teethmate kombine kullanıldığında; tek başına uygulanmasına göre 445 nm için fark yokken, 970 nm ile birlikte kullanıldığında, açıkta kalan tübül sayısının daha az olduğu bulundu. Diod lazerler için, 980 nm dalga boyu diğer dalga boylarından farklı olarak bir miktar suda absorbe olmaktadır[255, 311]. Bu çalışmada 970 nm dalga boylu diod lazer, Teethmate hassasiyet giderici ajan ile birlikte kullanıldığında, ajanın

yapısındaki su içeriği sayesinde etkinliği artmış ve bu sayede tübül örtücü etkisi de artmış olabilir.

Nhap ajan için tek başına ve her iki tip diod lazer ile birlikte kullanıldığında anlamlı fark yokken, Nd:YAG lazer ile birlikte uygulandığında ajanın tübül örtücülüğü artmıştır. Aynı şekilde Nhap grubu, Teethmate ve Teethmate birlikte kullanılan tüm lazer gruplarından daha az örtücülük göstermiştir. Bu durum Teethmate'in içeriğinin ve dentin ile kimyasal bağlanması sonucunda daha çok tübül örtmesinden ötürü olabilir.

Bu tez çalışmasında diod lazer gruplarının tübül örtücü etkisi, Nd:YAG lazere kıyasla belirgin şekilde az bulundu. Ancak kontrol gruplarından da anlamlı biçimde etkili bulunmuştur. Diod lazer daha çok pigmente dokuda etkili, sert dokuda etkinliği daha az olan bir lazerdır. Dentin yüzeyinde yapısal bir değişim meydana getirmediği düşünülmektedir[227]. Wakabayashi ve ark.'ı yaptıkları klinik çalışmada; diod lazerlerin sinir iletimini deprese ederek analjezik etki gösterdiklerini belirtmişlerdir[312]. Botzenhart ve ark.'ı 2006 da 1W gücü uyguladıkları diod lazer uygulamasının dentinde farkedilebilir bir değişikliğe neden olmadığını belirtmişlerdir[313]. İn vitro çalışmalarda diod lazerin dentin tübüllerini örtücü etkisinin diğer lazerlere göre daha az olduğu bulunmuştur. Bu durumda seçilen parametreler de etkili olmuş olabilir.

Aside dirençli stabilite, hassasiyet giderici tedavinin etkinliğini belirlemede tübül tıkanıklığını değerlendirmek için önemli bir kriterdir [314, 315]. Literatür incelemesinde bu amaçla farklı lazer ve ajanlar kullanılarak birçok invitro çalışmalar yapıldığı tespit edildi.

Tosun ve ark.'ı yaptıkları in vitro çalışmada sitrik asit siklusu uygulayıp tedavi uygulamadıkları kontrol gruplarında tübül çap ortalamasını $2,3\pm 0,44 \mu\text{m}$, açık tübül sayı ortalaması $57,4\pm 15,32$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalamasını ise $1,6\pm 0,79$ olarak bulmuşlardır[229]. Xiao ve ark.'ı erozyona maruz bıraktıkları kontrol gruplarının açık tübül sayılarını $564,5\pm 70,3$, ortalama tübül çapı değerini $3,65\pm 0,56 \mu\text{m}$ olarak bulmuşlardır. Buldukları bu değerlerin erozyon uygulamadıkları kontrol grubuna göre (açık tübül sayısı $486,5\pm 37,2$, ortalama tübül çap değeri $3,53\pm 0,53$) arttığını bulmuşlardır[24].

Bu çalışmada da erozyon siklus uygulanan kontrol grubu örneklerinden elde edilen mikrofotografılarda açığa çıkan dentin tübül çaplarının ortalaması $2,33\pm 0,47 \mu\text{m}$, açık tübül sayı ortalaması $255,4\pm 36,93$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalamasının ise $2\pm 0,58$ olduğu tespit edildi(Resim 30). Literatürle uyumlu olarak erozyon öncesi kontrol grubuna göre değerlerin arttığı tespit edildi. Bunun nedeni peritübüler dentinin mineral

içeriğinin intertübüler dentinden fazla olup, aside maruz kaldığında daha fazla çözünmesi olabilir [315, 316]. Bu çözünme hassasiyetin de artmasına neden olmaktadır[317].

Ortalama çap açısından iki hassasiyet giderici ajan karşılaştırıldığında anlamlı fark bulunmadı. Nd:YAG lazer ile birlikte kullanıldığında da fark bulunmadı. Nhap tek başına ve Nd:YAG lazerle ile birlikte kullanıldığında kontrol grubuna göre çapı daraltmada etkili bulundu. Nhap'ın nanopartiküller içermesi nedeniyle çapı daraltmada etkili olduğu, ancak erozyon siklusu sonrası ortamdan daha kolay uzaklaştığı için tübüleri kapatmada daha az etkili olduğu gözlemlendi. Bakry ve ark.'ı dentin geçirgenliğini değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında; Nhap ajanı tek kullandıklarında erozyona direncini Nd:YAG lazerle birlikte kullanmalarına göre daha az bulmuşlardır. Elde ettikleri sonuca göre hastalara, Nhap uygulamasını takiben asitli içeceklerden kaçınılması yönünde özellikle tavsiyede bulunulması gerektiğini belirtmişlerdir[283].

Tosun ve ark.'ı çalışmalarında flor ajanla birlikte Nd:YAG lazer uyguladıklarında gruplarında tübül çap ortalamasını $0,45\pm 0,57 \mu\text{m}$, açık tübül sayısı ortalaması $1,67\pm 1,67$ ve $100 \mu\text{m}^2$ başına düşen açıkta kalan tübül sayısı ortalamasını ise $0,20\pm 0,41$ olarak bulmuşlardır[229]. Bu sonuca göre asit siklusu sonrası ajan ve Nd:YAG lazerin kombine uygulamasının tübül örtücülüğünü, ajanın tek başına uygulanmasına oranla oldukça etkili bulmuşlardır. Xiao ve ark.'ı yaptıkları çalışmada Nd:YAG lazer uyguladıkları grubun erozyon sonrası tübül çap ortalamasını $3,31\pm 0,46 \mu\text{m}$, açık tübül sayısı ortalaması $120,1\pm 17,5$ olarak bulmuşlardır. Erozyon sonrası da kontrol grubuna göre Nd:YAG lazeri oldukça etkili bulmuşlardır[24].

Bu çalışmada Nd:YAG lazer her iki ajanla birlikte kullanıldığında tübül örtücü etkisi erozyondan sonra dahi diğer iki diod lazere göre daha etkili olduğu bulundu (NdYAG+Teethmate grubu açıkta kalan tübül sayısı $10,6\pm 4,48$; NdYAG+Nhap grubu açıkta kalan tübül sayısı $24,9\pm 6,28$). (Resim 33, Resim 37).

Naylor ve ark.'ı çalışmalarında Nd:YAG lazer ışınlama sonrası dentinin; rekristalize granüllerin yeniden formasyonu ile erime ve yeniden katılma sonrası düzensiz mozaik benzeri bir görünümün, aside maruz kalma sonucu ise dentin yüzeyinin daha pürüzsüz, düzgün bir hale dönüştüğünü belirtmişlerdir. Bu oluşan yeni yüzeyin aside karşı daha dayanıklı olduğunu bildirmişlerdir. Nd:YAG lazer ile tedavinin uzun süreli asit sikluslarına maruz kalırsa bile daha dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir[295]. Bu çalışmadaki Nd:YAG lazer sonrası erozyon uygulanan örneklerin SEM fotoğraflarındaki görüntü (Resim 33, Resim 37) Naylor ve

ark.'nın bulguları ile uyumludur. Ayrıca sitrik asit dentin üzerindeki etkisini çift atakla göstermektedir. H⁺ iyon saldırısıyla ve güçlü bir şelatör olarak anyonlarla kompleks oluşturarak diş dokusundan Ca kaybına neden olmaktadır[318]. Bu çalışmada da ajanlar tek başlarına uygulanmalarına kıyasla Nd:YAG lazerle birlikte uygulandıklarında, bu iyon difüzyon değişimini daha iyi baskılamış olabilirler.

NdYAG+Teethmate grubu açıkta kalan tübül sayısı diğer tüm gruplardan daha düşük bulundu. Hidroksiapatitin ana inorganik bileşeni olan Ca, P ve Ca/P oranı diş sert doku yapısının ana göstergesidir. Hassasiyet giderici ajanların ve lazerin Ca/P oranını değiştirerek dentinin yapısında kimyasal değişikliğe neden olabileceği bildirilmiştir[319]. Yapılan çalışmalar Ca ve P'nin remineralizasyona katkısı ile ilgili olup, iyon birikiminin konsantrasyonunun artırılması ile gerçekleştiğini göstermiştir[320]. Ca/ P oranının değişmesi, dentinin organik-inorganik bileşen oranlarının değişmesine neden olabilir, dentinin geçirgenliği ve çözünürlüğü değişebilir[319]. Teethmate hassasiyet giderici ajan içeriğindeki DCPA ve TTCP ile Ca/P oranı daha çok artmış olabilir. Rohanizadeh ve ark.'ı (1999) Nd:YAG lazer ışınlama sonrası dentinde meydana gelen kimyasal ve yapısal değişiklikleri inceledikleri in vitro çalışmalarında, lazer ile ışınlanan bölgede ki Ca/P oranının , ışınlanmayan bölgeye kıyasla daha düşük bulmuşlardır[321]. Kimyasal değişiklikler sonucu oluşan yüzeyin asit ataklarına karşı daha dirençli hale geldiğini bildirmişlerdir[321]. Bu çalışmanın sonucu, kullanılan yöntemler her ne kadar farklı olsa da Rohanizadeh ve ark.'nın bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Nhap grubunun erozyon siklusundan sonra açıkta kalan tübül sayısının diğer ajana göre daha fazla olduğu tespit edildi. Nd:YAG lazer ile birlikte uygulandığında tübül örtücü etkisi artarken, her iki diod lazerin tübül örtücülüğüne etkisi olmadığı gözlemlendi. Literatürde Webster ve ark.'ı yaptıkları çalışmada Nhap'in iri taneli kristallerden daha iyi biyoaktivite göstereceğini bildirmişlerdir [154]. Ancak bu çalışmada Nhap'in tübülü daraltmasına rağmen daha az sayıda tübül örttüğü, erozyona daha az dirençli olduğu tespit edildi. Teethmate'in yapısal özellikleri, oluşan Ca dan zengin tabakadan daha fazla Ca'nın serbestleşmesini sağlayarak, dentinin aside karşı direncinin artmasını sağlamış olabilir [322-324]. Nhap'in benzer şekilde aside maruz kalmadan önceki tübül örtücülüğü de Teethmate'e göre istatistiksel olarak anlamlı olmasa da sayısal olarak daha az bulundu. Bu tez çalışmasında Nhap Nd:YAG lazer ile kullanıldığında erozyondan sonra dahi tübül örtücülüğü artmıştır. Yapılan bir in vitro çalışmada bu çalışma ile uyumlu olarak; Nd:YAG lazer ışınlamasının interstisyel sıvının da

buharlaşmasıyla, dentin üzerindeki Ca dan zengin tabakanın fiziksel özelliklerini geliştirdiği, böylece erozyon direncini arttırdığı bildirilmiştir[283]. CO₂ lazer ile yapılan bir araştırmada, dentin üzerindeki kalsiyumfosfatdan zengin tabakanın lazer ışınlanması sonucunda interstisyel sıvının buharlaşması sayesinde fiziksel özelliklerinin arttığı bildirilmiştir[325]. Bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, klinik uygulamada her iki hassasiyet giderici ajanın kısa süreli aralıklarla tekrar uygulanmasının ve Nd:YAG lazer ile birlikte kullanılmasının tedavinin başarısını arttırmada daha etkili olabileceği sonucuna varıldı

J. Yu ve ark.'ı yaptıkları in vitro çalışmada hassasiyet tedavisi için Nhap'ı silika partiküllü kompozitle birlikte kullanmışlar, böylece hem tübül örtücülüğünde hem de asit erozyonuna karşı dirençli olduğunu bildirmişlerdir[315]. Bu bulguya ulaşmalarında hibrit tabakanın ve mekanik bağlanmanın etkisi olabilir. Kim ve ark.'ı, nano-karbonat apatit içerikli diş macununun SEM ile tübül örtücülüğünü değerlendirdikleri çalışmalarında, erozyon sonrası nanopartiküllü n-Cap'ın kolayca uzaklaştığını bulmuşlardır[111], bu çalışmanın bulgularıyla uyumludur. Bakry ve ark.'ı yaptıkları in vitro çalışmada Nhap'ı asidik özelliğini arttırmak için fosforik asitle karıştırarak, Nd:YAG lazerle birlikte uygulamışlar ve lazer ile birlikte daha etkili olduğunu bildirmişlerdir[283].

Passos ve ark.'ı flor ajan ve diod lazeri birlikte kullandıkları çalışmalarında, dentinde erozyon direncinde artış tespit etmişlerdir[326]. De Melo ve ark.'ı ise minede diod lazerin aside karşı direnç arttırdığını, fakat dentinde aynı etkiyi gerçekleştirmediğini belirtmişlerdir. Bunun nedeni olarak mine ve dentinin yapısının farklı olduğunu, dentinin organik içeriğinin daha fazla olmasının neden olabileceğini, diod lazerin etkisinin belirlenmesi için daha çok in vitro ve in vivo çalışmaya ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir[110]. Bu çalışmada da diod lazerli grupların sonuçları De Melo ve ark.'nın bulgularıyla uyumludur. Sonuçlarımızı bu çalışmalarla her ne kadar yöntem açısından doğrudan karşılaştırmamız da erozyon ve diod lazer etkileşimi bakımından değerlendirmemize yardımcı olmaktadır.

Tüm hassasiyet giderici tedavi gruplarının tübül örtücülüğü etkisi açısından erozyondan önce ve sonra uygulanmaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Nhap hassasiyet giderici ajan Teethmate ile karşılaştırıldığında erozyon uygulandığında açıkta kalan tübül sayısı çok fazla artmıştır. Nhap hassasiyet giderici ajanın erozyona direnci diğer gruplara kıyasla oldukça düşük bulunmuş olup, Nd:YAG lazer ile birlikte erozyon direncinde artma meydana gelmiştir. Teethmate hassasiyet giderici ajan tek başına ve Nd:YAG lazer ile birlikte kullanıldığında erozyon direnci tatmin edici bulunmuştur.

Dentin hassasiyeti tedavisinde yüzey ve dentin tübül içindeki birikim arasındaki ilişki önem arz etmektedir. Sadece hassasiyet giderici ajan uygulamasını takiben oluşan çökme birikim tek başına önemli olmayıp, çökeltinin yoğunluğu ve kalitesi, pörözite derecesi, dentin tübül içine penetrasyon derinliği, dentine bağlanma derecesi tedavinin başarısını etkileyen faktörlerdir [21, 24]. Geleneksel hassasiyet giderici ajan uygulamaları dentin yüzeyinde smear tabakası oluşturabilmekte, oluşan intratübüler çökelti açık dentin tübüllerini kapatabilmektedir. Çoğu zaman oluşan çökelti yüzeysel olup dentin tübülüne sınırlı bir penetrasyon göstermektedir [24, 327]. Bu çalışmada da kullanılan lazerler ile ajanların dentin tübülüne penetrasyonunun arttırılması amaçlandı.

Literatürü taradığımızda farklı araştırmacılar tarafından farklı görüntüleme yöntemleri ile farklı ajanların penetrasyonlarının incelendiği görülmüştür. Flour Protector adlı verniğin penetrasyon derinliği Park ve ark. tarafından 15 µm [328], Arends ve ark. ise 10 µm dan az [267] bulunmuştur. Tveit ve ark ise yaptıkları bir çalışmada kullanılan flor verniğin penetrasyon derinliğini 30 µm kadar olduğunu, yapının florla güçlendirildiğini bulmuşlardır[329]. Yapılan in vitro bir çalışmada 3 farklı hassasiyet giderici ajanın penetrasyon derinliği karşılaştırıldığında; Cervitec'in 35±7 µm ilerlediğini, Duraphat'ın < 5 µm, Flour Protector'un 8±5 µm kadar penetrasyon gösterdiğini, dentin tübül içine doğru gerçekleşen bu penetrasyonun dentin tübüllerinin yönünden etkilendiğini, verniklerin kısmen veya tamamen tübüllerini örterek penetre olduklarını, bu durumun sonuçlarının kök çürüklerini ve hassasiyeti önlemede değerli olduğunu belirtmişlerdir[267]. Schupbach ve ark.'ı yaptıkları bir çalışmada elektron mikroskopu ile Gluma'nın 50 µm kadar penetre olabildiğini göstermişlerdir[138]. Başka bir çalışmada ise Gluma'nın penetrasyon derinliği SEM görüntülerinde 10-20 µm kadar bulunmuştur[330]. Aynı şekilde SEM ile değerlendirilen başka bir çalışmada kalsiyum fosfatın 15-20 µm kadar dentin tübüllerini tıkadığı tespit edilmiştir[331]. Petrau ve ark. %8 arginin ve kalsiyum karbonat içeren hassasiyet giderici ajan uyguladıkları örneklerden dentin tübüllerine dik olacak şekilde kesit alarak elde ettikleri CLSM görüntülerinde, tübül içine 2 µm kadar ilerleyen bir tıkaç oluştuğunu ve tübüllerin tam olarak tıkandığını belirtmişlerdir [144]. Kuo ve ark. dikalsiyum fosfat biocam ve Nd:YAG lazerin penetrasyon derinliğinin 10 µm olduğunu bildirmişlerdir[332]. Xiong ZH. Ve ark.'ı (2011) yaptıkları farklı ajanları kullanarak yaptıkları in vitro çalışmalarında SEM ve X- ray (EDX) kullanmışlar, ajanların tübül örtücülükleri ve penetrasyon derinliklerini karşılaştırmışlardır. Bioaktif cam bir ürün olan Novamin'i % 81.6 ± 6.1 oranında tübül örtücülük ve 30.33 ± 2.26 µm penetrasyon derinliği ile diğer ajanlara oranla

daha etkili bulmuşlardır[333].

Bu tez çalışmasında dentin hassasiyeti tedavi yöntemlerinin penetrasyon derinlikleri CLSM kullanılarak tespit edildi. Tüm gruplar için kullanılan hassasiyet giderici ajanlar aynı oranda, sadece % 0,1 oranında Rhodamin B kullanılarak hazırlanmış, aynı sayı ve süre ile uygulanmıştır. Daha fazla oranda kullanılmasının aşırı floresan etki yaparak örneğin görüntülemesini zorlaştırdığı bir pilot çalışma ile gösterilmiştir [334]. Rhodamin B'nin birlikte kullanıldığı patların sertleşmelerine herhangi bir etkisinin olmadığı daha önce belirtilmiştir [334, 335].

En düşük penetrasyon derinliği kontrol grubunda $9,61 \pm 3,46$ olarak bulundu. Kontrol grubu distile suyun %0.1 oranında Rhodamin B ile karıştırılarak hazırlanan solüsyonun, EDTA ile smearın uzaklaştırıldığı dentin disklere, diğer gruplarda olduğu gibi 3 er kez 20 sn uygulanması ile elde edilmiştir.

Suda çözünebilen florasan bir boya olan Rhodamin B nin [336] tek başına dentin tübül penetrasyonunu tespit etmek ve dentinle etkileşip etkileşmediğini belirlemek amacıyla kontrol grubu çalışmaya dâhil edildi. Sonuç olarak dentin ve Rhodamin B arasında ajanların penetrasyonunu etkileyecek bir veri elde edilmedi. Distile su+Rhodamin B grubu en düşük penetrasyon derinliği gösterdi.

Çalışmada kullanılan her iki ajanın penetrasyon derinliği Nd:YAG lazer kullanımıyla artmıştır. Nd:YAG lazerin ajanlarla kombine kullanıldığında, penetrasyon derinliğinin diğer diod lazerlere ve ajanların tek kullanımına göre daha yüksek olduğu bulundu. Bu sonuç Nd:YAG lazerin sert ve yumuşak dokuda diğer lazerlere oranla penetrasyon derinliği en yüksek lazer olmasından ötürü olabilir[17, 337]. Hsu ve ark.'ı yaptıkları çalışmada Nd:YAG lazer ve florid içerikli hassasiyet giderici ajanı birlikte kullanarak dentin tübüllerini tıkama etkinliklerini inceledikleri çalışmada ajanın penetrasyon derinliğinin arttığını bulmuşlardır, Nd:YAG lazerin etkisiyle ajanın eriyerek tübüllere doğru penetre olduğunu, böylece ne fırçalama ne de Vit C solüsyonuyla uzaklaşmadığını belirtmişlerdir[209].

Teethmate ve Nhap tek başlarına kullanıldıklarında, aralarında penetrasyon açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmasa da, Teethmate grubu Nhap grubuna göre daha fazla penetre olmuştur. Bu durum Nd:YAG lazer ile birlikte kullanım ile de benzerlik göstermektedir($NdYAG+teeth\ 162,65 \pm 61,22 > NdYAG+Nhap\ 86,44 \pm 17,53$). Bu çalışmada kullanılan Teethmate ajan pat kıvamında daha katı formda iken, kullanılan Nhap ise solüsyon tarzındaydı. Akışkan solüsyonlar ile, yüzey gerilimi düşmekte, yüzey enerjisi artmakta, düşük

temas açısı ile ıslanabilirlik daha fazla olmaktadır[338]. Nhap'ın solüsyon tarzında olması yüzeyden kolayca akıp gitmesine neden olabilir. Daha akışkan kıvamda olan Nhap aksine, daha koyu kıvamlı Teethmate; tübüleri daha iyi örtmüş, yüzeyde daha çok birikerek, penetrasyon derinliği yüksek Nd:YAG lazerin etkisi ile de daha etkili bir biçimde tübül içine itilmiş olabilir. Bu çalışmada Nd:YAG+Teeth grubunda daha fazla penetrasyon derinliği oluşmasının bir nedeni de, Teethmate ajanın dentinle oluşturduğu kimyasal bağ olabilir[12, 310]. Bu kimyasal bağ Teethmate hassasiyet giderici ajanın Nhap'e göre etkinliğini tübül ötücülüğü, asid direnci ve penetrasyon derinliği açısından arttırmış olabilir.

Bu çalışmada 2 hassasiyet giderici ajanın tek başlarına da penetrasyon derinlikleri arasında istatistiksel olarak fark olmamakla birlikte, Nd:YAG lazerle birlikte uygulanmalarına göre düşük, diod lazerlerle birlikte uygulanmalarına göre yüksek bulundu. Bu durum grupların SEM görüntüleri ile uyumludur (Resim 20, Resim 24). Tosun ve ark.'nın çalışmasındaki florür içerikli farklı hassasiyet giderici ajanların penetrasyon derinliklerini inceledikleri çalışma ile karşılaştırıldığında, bu çalışmada tüm gruplarda daha fazla penetrasyon derinliği gözlemlendi. Bu sonuç kullanılan ajanların içeriklerinin farklı olmasından kaynaklı olabilir. Biyoaktif ve biyouyumlu Nhap, partikül boyutunun nano düzeyde olması ve atomik oran artışı ile daha geniş fazla yüzey alanını etkilemektedir [339, 340] ve böylece iyi bir penetrasyon da sağlamaktadır. TTCP ve DCPA çözünerek Ca^{+2} ve PO_4^{-3} açığa çıkmakta, daha az çözünür HA kristallerine dönüşmektedirler. Tükürükteki minerallerle de doymuş hale gelebilmekte ve uzun vadede etki göstermektedir[129, 309]. Yapısındaki DCPA'nın diğer kalsiyum tuzlarına kıyasla Ksp katsayısı daha düşüktür, böylece çözünme ve HA'e dönüşüm olayı daha etkili gerçekleşmektedir[286]. Sahip olduğu bu özellikler Teethmate'in etkinliğinin artmasında etkili olmuş olabilir. Bu çalışmada kullanılan hassasiyet giderici ajanların kimyasal bağlanma (Teethmate), asidik pH ya sahip olması (Nhap) gibi özellikleri sayesinde diod lazerle birlikte uygulanmalarına kıyasla daha derin penetrasyon göstermiş olabilirler.

Hassasiyet giderici ajanların Diod lazerler ile birlikte uygulaması ile her ne kadar ajanların penetrasyon derinlikleri düşsede, kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksektir ($p<0.05$). Diod lazerler hassasiyet giderici etkinliğini daha çok sinir iletimini deprese ederek gösteren, düşük enerjili lazerlerdir. Liu ve ark.'ı yaptıkları in vitro SEM çalışmada 980 nm dalga boylu diod lazeri 2, 3, 4 W cw mod ile uygulayarak etkinliklerini karşılaştırmışlardır. 2 W gücün odontoblast hücrelerine pulpaya zarar vermeyecek şekilde, dentin tübüllerini örtmede daha etkili olduğunu, ayrıca erimenin 8 μ m kadar tübül içine doğru ilerlediğini

belirtmişlerdir[341]. Bu çalışmada elde edilen sonuç kullanılan parametreye de bağlı olabilir.

Literatürde Diod lazerler ve ajanların birlikte kullanımının penetrasyon etkinliği ile ilgili çalışmaya rastlanmadı. Penetrasyon derinlikleri için diod lazerler ile kombine ajan gruplarını kendi içlerinde karşılaştırdığımızda; Teethmate hassasiyet giderici ajan için, istatistiksel olarak fark olmasada sayısal olarak 970 nm+ Teeth. grubu penetrasyon derinliği, 445nm+ Teeth. grubundan ($23,84 \pm 5,81 > 20,62 \pm 8,64$) yüksek bulundu. 970 nm+ Nhap grubu penetrasyon derinliği, 445 nm+Nhap grubundan ($28 \pm 7,14 > 22,52 \pm 4,84$) istatistiksel olarak yüksek bulundu ($p < 0.05$). Bu çalışmada 970 nm dalga boylu diod lazer gruplarının penetrasyon derinliği, hassasiyet giderici ajanların içeriğindeki suda da bir miktar absorbe olabilmesi sayesinde [255, 311], 445nm dalga boylu diod lazere göre daha yüksek olmuş olabilir.

Günümüzde kullanımı giderek artan lazerlerin, biyoyumlu 2 ayrı ajanla dentin örtücülüğü, erozyon direnci, penetrasyon derinliklerini *in vitro* olarak kapsamlı bir şekilde incelenmesi amaçlanan bu tez çalışmasında, örnekler SEM ve CLSM ile değerlendirildi. Bu *in vitro* çalışmada tedavi başarısını etkileyen çok sayıda değişken mevcuttur. Çalışma sonuçlarındaki farklılıklar; *in vitro* çalışmaların sonuçlarını etkileyen çok fazla sayıda deneysel değişkenin bulunmasından, farklı lazer tiplerinin ve uygulanan parametrelerin dokuda farklı etkiler oluşturmasından, kullanılan ajanların kimyasal özelliklerinden, demineralizasyon için kullanılan asit türünün, pH'nın ve deney siklus sürelerinin çeşitlilik göstermesinden ve farklı değerlendirme yöntemleri kullanılmasından kaynaklanmış olabilir. Hassasiyet giderici uygulamayı takiben intraoral koşullar farklı deney düzenekleri ile sağlanabilmektedir. Klinik faktörleri değerlendirebilmek için ileri çalışmalara ihtiyaç vardır. Pulpal basınç, mekanik değişiklikler (fırçalama gibi), tükürük içeriği (proteinler), değişen ph koşulları da bunlarla sınırlı olmamak kaydıyla sonuçlarda etkili olabilir. Bu nedenle, daha kesin ve güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi için konu ile ilgili daha fazla sayıda *in vivo*, *in situ* ve *in vitro* çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

2 Farklı hassasiyet giderici ajanın tek başına ve farklı tip lazerlerle kombine kullanımının dentin yüzeyleri üzerine etkilerinin değerlendirildiği in vitro çalışmamızın sınırları dahilinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

1. Kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan ve Nd:YAG lazerin birlikte kullanımı, dentin tübüllerini tıkama, erozyon direnci ve penetrasyon derinliği açısından çalışmada kullanılan diğer tüm gruplar arasında en etkili sonucu vermiştir.
2. Nhap içerikli Professional Oral Care hassasiyet giderici ajanın dentin tübüllerini tıkama etkisi açısından erozyonsuz diğer ajanla istatistiksel fark yokken, erozyon uygulandığında belirgin biçimde azaldığı tespit edilmiştir.
3. Kalsiyum fosfat içerikli Teethmate hassasiyet giderici ajan ve Nhap içerikli Professional Oral Care hassasiyet giderici ajan arasında, penetrasyon derinliği açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.
4. Nd:YAG lazer; her iki ajanın tübül örtücülüğünü, erozyon direncini, penetrasyon derinliğini anlamlı derecede arttırmıştır.
5. Hassasiyet giderici ajanların penetrasyon derinliği Nd:YAG lazer ile belirgin biçimde artmış, diod lazerler ile azalmıştır.
6. 970 nm dalga boylu diod lazer Teethmate hassasiyet giderici ajan ile birlikte kullanıldığında diğer diod lazere göre tübül örtücülüğünü arttırmıştır.
7. Diod lazerlerin, ajanların erozyon direncine katkı sağlamadığı tespit edildi.
8. 970 nm dalga boylu Diod lazer ve Nhap hassasiyet giderici ajan birlikte kullanıldığında, 445 nm dalga boylu diod lazerden penetrasyon derinliği açısından daha etkili bulunmuştur.

9. Diod lazerlerin, Nhap içerikli hassasiyet giderici ajanın tübül örtücülüğüne ve erozyon direncine etki etmediği tespit edildi.

10. Tüm tedavi gruplarında açıkta kalan tübül sayısı açısından erozyondan önce ve erozyondan sonra istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu.

11. Nhap hassasiyet giderici ajan, Teethmate ile karşılaştırıldığında erozyonla birlikte açıkta kalan tübül sayısında daha fazla artış meydana gelmiştir, erozyondan daha çok etkilenmiştir.

12. Bu in vitro sonuçlar ışığında erozyona maruz kalan hastalarda Teethmate hassasiyet giderici ajanın uygulanması tavsiye edilmektedir.

13. Erozyona maruz kalan ağızlarda, Nhap hassasiyet giderici ajanın Nd:YAG lazerle birlikte kullanımını tavsiye edilmektedir.

14. Tüm tedavi grupları kontrol grubuna göre istatistiksel olarak daha etkili bulunmuştur.

Bu çalışmada SEM incelemeleri sonucunda; uygulanan tedavi seçenekleri ile, dentin yüzeyinde tübül ağızlarının ne kadar daraldığı yada tamamen kapandığı, erozyon siklusu uygulandığında dentin yüzeyindeki örtücü tıkaçıcı etkinliklerinin ne ölçüde devam ettiği, CLSM görüntüleri ile de ne kadar penetre oldukları gösterilmiştir.İleriki aşamalarda tedavi seçeneklerinin yüzey pürüzlülüğünü ne kadar etkilediğinin atomik kuvvet mikroskobu ile değerlendirilmesi, lazerlerin tek başlarına kullanımlarının ayrıca değerlendirilmesi faydalı olacaktır. Ayrıca bu çalışmada oluşan dentin yüzeyinin kristal yapısının ne kadar değiştiği ve kimyasal içeriği değerlendirilmemiştir. Enerji dağılımlı X ışını analizörlü taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDX) ile yapının atomik analizinin araştırılması sonraki çalışma planlarımız arasında yer almıştır. Aynı şekilde uygulanan tedavi seçenekleri bilgisayarlı sıvı filtrasyon yöntemi ile de değerlendirilerek dentin permeabilitesine etkinlikleri karşılaştırılabilir. 445 nm dalga boylu diod lazerler ve tedavi seçenekleri ile ilgili olarak daha ileri araştırmalar yapılarak olumlu sonuçlar alınması halinde, in vivo çalışmalar yapılmasının tedavilerin etkinliklerinin tam olarak belirlenmesi açısından önem taşıdığını düşünmekteyiz. Bu çalışmada

sinir duyarsızlaştırma etkinliği bulunan diod lazerlerin bu etkisi değerlendirilememiştir. Bu açıdan değerlendirme yapılabilmesi için de in vivo çalışmalar önem arz etmektedir.

Bu çalışmada her ne kadar in vivo ortam olabildiğince taklit edilmeye çalışılmışsa da; bu in vitro çalışma modelinin, ağız ortamının dinamik ve kompleks özelliklerini tam olarak yansıtması ve incelediğimiz hassasiyet gidericilerin klinik performansları hakkında direkt olarak bilgi vermesi beklenilemez. Dolayısıyla, incelediğimiz hassasiyet giderici tedavi seçeneklerinin DH'i gidermedeki klinik başarıları hakkında yorum yapabilmek için; herhangi bir tedavinin etkinliğini belirlemede başvurulan son basamak testler olan klinik çalışmaların yapılması gerekmektedir.



6. KAYNAKLAR:

1. Canadian Advisory Board on Dentin, H., *Consensus-based recommendations for the diagnosis and management of dentin hypersensitivity*. J Can Dent Assoc, 2003. **69**(4): p. 221-6.
2. Mantzourani, M. and D. Sharma, *Dentine sensitivity: past, present and future*. J Dent, 2013. **41 Suppl 4**: p. S3-17.
3. Rees, J.S. and M. Addy, *A cross-sectional study of dentine hypersensitivity*. J Clin Periodontol, 2002. **29**(11): p. 997-1003.
4. Rees, J.S., et al., *The prevalence of dentine hypersensitivity in a hospital clinic population in Hong Kong*. J Dent, 2003. **31**(7): p. 453-61.
5. Brannstrom, M., L.A. Linden, and A. Astrom, *The hydrodynamics of the dental tubule and of pulp fluid. A discussion of its significance in relation to dentinal sensitivity*. Caries Res, 1967. **1**(4): p. 310-7.
6. Borges A, B.D., Gomes C., *Dentin hypersensitivity-Etiology, treatment possibilities and other related factors: A literature review*. World J Dent., 2012. **3 (1)**: p. 60-67.
7. Chabanski, M.B. and D.G. Gillam, *Aetiology, prevalence and clinical features of cervical dentine sensitivity*. J Oral Rehabil, 1997. **24**(1): p. 15-9.
8. Wichgers, T.G. and R.L. Emert, *Dentin hypersensitivity*. Oral Health, 1997. **87**(3): p. 51-3, 55-6, 59; quiz 61.
9. Eisenburger, M. and M. Addy, *Erosion and attrition of human enamel in vitro part I: interaction effects*. J Dent, 2002. **30**(7-8): p. 341-7.
10. Cummins, D., *Recent advances in dentin hypersensitivity: clinically proven treatments for instant and lasting sensitivity relief*. Am J Dent, 2010. **23 Spec No A**: p. 3A-13A.
11. West, N., J. Seong, and M. Davies, *Dentine hypersensitivity*. Monogr Oral Sci, 2014. **25**: p. 108-22.
12. Thanatvarakorn, O., et al., *Effect of a calcium-phosphate based desensitizer on dentin surface characteristics*. Dent Mater J, 2013. **32**(4): p. 615-21.
13. Gopinath, N.M., et al., *Evaluation of Dentifrice Containing Nano-hydroxyapatite for Dentinal Hypersensitivity: A Randomized Controlled Trial*. J Int Oral Health, 2015. **7**(8): p. 118-22.
14. Shreya S, R.K., Ramreddy Y, Karunakar S., *Comparative evaluation of hydroxyapatite, potassium nitrate and sodium monofluorophosphate as in office desensitizing agents – A double blinded randomized controlled clinical trial*. Oral Hyg Health, 2013. **1:1**(1).
15. Cuenin, M.F., et al., *An in vivo study of dentin sensitivity: the relation of dentin sensitivity and the patency of dentin tubules*. J Periodontol, 1991. **62**(11): p. 668-73.
16. Gillam, D.G., et al., *Dentifrice abrasivity and cervical dentinal hypersensitivity. Results 12 weeks following cessation of 8 weeks' supervised use*. J Periodontol, 1992. **63**(1): p. 7-12.
17. Kawe Goharkhay, J.W., Ulrich Schoop, Andreas Moritz, *Laser Treatment of Hypersensitive Dentin: Comparative ESEM Investigations*. The Journal of Oral Laser Applications, 2007. **7**(4): p. 211-223.

18. Addy, M. and P. Dowell, *Dentine hypersensitivity--a review. Clinical and in vitro evaluation of treatment agents.* J Clin Periodontol, 1983. **10**(4): p. 351-63.
19. Addy M, E.G., Edgar WM, Orchardson R., *Tooth Wear and Sensitivity: Clinical Advances in Restorative Dentistry.* CRC Press 2000.
20. Chen, C.C. and S.T. Huang, *The effects of lasers and fluoride on the acid resistance of decalcified human enamel.* Photomed Laser Surg, 2009. **27**(3): p. 447-52.
21. Al-Saud, L.M. and H.N. Al-Nahedh, *Occluding effect of Nd:YAG laser and different dentin desensitizing agents on human dentinal tubules in vitro: a scanning electron microscopy investigation.* Oper Dent, 2012. **37**(4): p. 340-55.
22. Gutknecht, N., et al., *Treatment of hypersensitive teeth using neodymium:yttrium-aluminum-garnet lasers: a comparison of the use of various settings in an in vivo study.* J Clin Laser Med Surg, 1997. **15**(4): p. 171-4.
23. Kumar, N.G. and D.S. Mehta, *Short-term assessment of the Nd:YAG laser with and without sodium fluoride varnish in the treatment of dentin hypersensitivity--a clinical and scanning electron microscopy study.* J Periodontol, 2005. **76**(7): p. 1140-7.
24. Xiao, S., et al., *Effect of Water-Cooled Nd:YAG Laser on Dentinal Tubule Occlusion In Vitro.* Photomed Laser Surg, 2016.
25. Ferreira, A.N., et al., *Effect of GaAlAs laser on reactional dentinogenesis induction in human teeth.* Photomed Laser Surg, 2006. **24**(3): p. 358-65.
26. Yilmaz, H.G., S. Kurtulmus-Yilmaz, and E. Cengiz, *Long-term effect of diode laser irradiation compared to sodium fluoride varnish in the treatment of dentine hypersensitivity in periodontal maintenance patients: a randomized controlled clinical study.* Photomed Laser Surg, 2011. **29**(11): p. 721-5.
27. Habelitz, S., et al., *In situ atomic force microscopy of partially demineralized human dentin collagen fibrils.* J Struct Biol, 2002. **138**(3): p. 227-36.
28. Roberson T. , H.O., Swift EJ., *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry. (4th ed.)*. Mosby Elsevier, St Louis, Missouri, 2002. **(4th ed.)**: p. 16-33.
29. Goldberg M., e.a., *Dentin : Structure , composition and mineralization* Front Biosci (Elite Ed), 2011. **3**: p. 711-35.
30. Harald o. Heymann , E.J.S., Jr. , Andre V. Ritter, *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry.* Mosby Elsevier, 2014. **sixth edition**: p. 1-40.
31. Nakabayashi N. , P.D., *Hybridization of dental hard tissues* Quintessence Publishing Co Ltd , Tokyo 1998: p. 21-35.
32. Blaser, P.K., et al., *Effect of designs of Class 2 preparations on resistance of teeth to fracture.* Oper Dent, 1983. **8**(1): p. 6-10.
33. Mondelli, J., et al., *Fracture strength of human teeth with cavity preparations.* J Prosthet Dent, 1980. **43**(4): p. 419-22.
34. Tjaderhane, L., *Dentin basic structure composition -an overview.* Endodontic Topics, 2009. **20**(1): p. 3-29.
35. Johansen, E., *Microstructure of Enamel and Dentin.* J Dent Res, 1964. **43**: p. SUPPL:1007-20.
36. Johansen, E., *Microstructure of Enamel and Dentin.* J Dent Res, 1964. **43**: p. 1007-1020.
37. Avery JK., *Dentin. Essentials of Oral Histology and Embryology*, St.Louis: Mosby Inc., 1992: p. 93-104.

38. Sattabanasuk V. , S.Y., Tagami J., *The bond of resin to different dentin surface characteristics*. Oper Dent, 2004. **29 (3)**: p. 333-41.
39. A.J., S., *Dentin formation and repair In: HARGREAVES K.M., GOODIS H.E. Seltzer and Bender's Dental Pulp*. 2002: Illinois: Quintessence Publishing Co., Inc., 41-62.
40. Marshall, G.W., Jr., et al., *The dentin substrate: structure and properties related to bonding*. J Dent, 1997. **25(6)**: p. 441-58.
41. Pashley, D.H., et al., *Solvation of dried dentin matrix by water and other polar solvents*. Am J Dent, 2002. **15(2)**: p. 97-102.
42. Linde, A. and M. Goldberg, *Dentinogenesis*. Crit Rev Oral Biol Med, 1993. **4(5)**: p. 679-728.
43. Gillam, D.G., N.J. Mordan, and H.N. Newman, *The Dentin Disc surface: a plausible model for dentin physiology and dentin sensitivity evaluation*. Adv Dent Res, 1997. **11(4)**: p. 487-501.
44. I., M., *Normal Structure and Physiology*. Pulp -Dentin Biology in Restorative Dentistry, 2002(Quintessence Books): p. 9-20.
45. C., T., *Dentin-Pulp Complex*. Mosby, Elsevier, 1999. **5 th ed.:** p. 150-191.
46. Daniel J. Chiego, J., *Essential of Oral Histology and Embryology , A Clinical Approach*. Mosby Elsevier, 2014(fourth edition): p. 128-136.
47. Chabanski, M.B., et al., *Prevalence of cervical dentine sensitivity in a population of patients referred to a specialist Periodontology Department*. J Clin Periodontol, 1996. **23(11)**: p. 989-92.
48. Absi, E.G., M. Addy, and D. Adams, *Dentine hypersensitivity. A study of the patency of dentinal tubules in sensitive and non-sensitive cervical dentine*. J Clin Periodontol, 1987. **14(5)**: p. 280-4.
49. M., A., *Dentin Hypersensitivity: new perspectives on an old problem*. International Dental Journal, 2002. **52 (5)**: p. 367-375.
50. Pashley, D.H., *Dynamics of the pulpo-dentin complex*. Crit Rev Oral Biol Med, 1996. **7(2)**: p. 104-33.
51. Marshall, G.W., Jr., *Dentin: microstructure and characterization*. Quintessence Int, 1993. **24(9)**: p. 606-17.
52. Van Meerbeek, B., et al., *Enamel and dental adhesion*. Fundamentals of Operative Dentistry. A Contemporary Approach, 2001(Quintessence Publishing Co. Ltd . Illinois): p. 178-235.
53. Summit , J.B.a.J.W.R., *Fundamentals of Operative Dentistry*. Quintessence Publishing Co , USA, 1996.
54. Ahlquist, M., et al., *Dental pain evoked by hydrostatic pressures applied to exposed dentin in man: a test of the hydrodynamic theory of dentin sensitivity*. J Endod, 1994. **20(3)**: p. 130-4.
55. Brannstrom, M., *Smear layer: pathological and treatment considerations*. Oper Dent Suppl, 1984. **3**: p. 35-42.
56. Rimondini, L., C. Baroni, and A. Carrassi, *Ultrastructure of hypersensitive and non-sensitive dentine. A study on replica models*. J Clin Periodontol, 1995. **22(12)**: p. 899-902.
57. Brannstrom, M., *The surface of sensitive dentine. An experimental study using replication*. Odontol Revy, 1965. **16(4)**: p. 293-9.
58. Holland, G.R., et al., *Guidelines for the design and conduct of clinical trials on dentine hypersensitivity*. J Clin Periodontol, 1997. **24(11)**: p. 808-13.

59. Katrin Bekes, C.H., *What is known about the influence of dentine hypersensitivity on oral health-related quality of life?* Clin Oral Investig, 2013. **17(Suppl 1)**: p. 45-51.
60. Sixou, J.L., *How to make a link between Oral Health-Related Quality of Life and dentin hypersensitivity in the dental office?* Clin Oral Investig, 2013. **17 Suppl 1**: p. S41-4.
61. Akatsuka, R., et al., *Effect of hydroxyapatite film formed by powder jet deposition on dentin permeability.* Eur J Oral Sci, 2012. **120(6)**: p. 558-62.
62. Porto, I.C., A.K. Andrade, and M.A. Montes, *Diagnosis and treatment of dentinal hypersensitivity.* J Oral Sci, 2009. **51(3)**: p. 323-32.
63. Bartold, P.M., *Dentinal hypersensitivity: a review.* Aust Dent J, 2006. **51(3)**: p. 212-8; quiz 276.
64. Addy, M., *Clinical aspects of dentine hypersensitivity.* Proc Finn Dent Soc, 1992. **88 Suppl 1**: p. 23-30.
65. Rees, J.S., *The prevalence of dentine hypersensitivity in general dental practice in the UK.* J Clin Periodontol, 2000. **27(11)**: p. 860-5.
66. Rees, J.S. and M. Addy, *A cross-sectional study of buccal cervical sensitivity in UK general dental practice and a summary review of prevalence studies.* Int J Dent Hyg, 2004. **2(2)**: p. 64-9.
67. Ye, W., X.P. Feng, and R. Li, *The prevalence of dentine hypersensitivity in Chinese adults.* J Oral Rehabil, 2012. **39(3)**: p. 182-7.
68. Markowitz, K. and D.H. Pashley, *Discovering new treatments for sensitive teeth: the long path from biology to therapy.* J Oral Rehabil, 2008. **35(4)**: p. 300-15.
69. Walters, P.A., *Dentinal hypersensitivity: a review.* J Contemp Dent Pract, 2005. **6(2)**: p. 107-17.
70. Tilliss, T.S. and J.G. Keating, *Understanding and managing dentin hypersensitivity.* J Dent Hyg, 2002. **76(4)**: p. 296-310; quiz 311-3.
71. Amarasena, N., et al., *Dentine hypersensitivity - Australian dentists' perspective.* Aust Dent J, 2010. **55(2)**: p. 181-7.
72. Addy M, E.G., Edgar WM, Orchardson R eds., *Dentin hypersensitivity: definition, prevalence, distribution and aetiology.* Tooth wear and sensitivity : Clinical advances in restorative dentistry, 2000(London: Martin Dunitz Pub): p. 239-48.
73. Kawasaki, A., et al., *Effects of plaque control on the patency and occlusion of dentine tubules in situ.* J Oral Rehabil, 2001. **28(5)**: p. 439-49.
74. Brannstrom, M. and A. Astrom, *The hydrodynamics of the dentine; its possible relationship to dentinal pain.* Int Dent J, 1972. **22(2)**: p. 219-27.
75. West, N.X., *Dentine hypersensitivity: preventive and therapeutic approaches to treatment.* Periodontol 2000, 2008. **48**: p. 31-41.
76. Frank, R.M. and P. Steuer, *Transmission electron microscopy of the human odontoblast process in peripheral root dentine.* Arch Oral Biol, 1988. **33(2)**: p. 91-8.
77. Byers, M.R. and A. Sugaya, *Odontoblast processes in dentin revealed by fluorescent Di-I.* J Histochem Cytochem, 1995. **43(2)**: p. 159-68.
78. Miglani, S., V. Aggarwal, and B. Ahuja, *Dentin hypersensitivity: Recent trends in management.* J Conserv Dent, 2010. **13(4)**: p. 218-24.

79. Davari, A., E. Ataei, and H. Assarzadeh, *Dentin Hypersensitivity: Etiology, Diagnosis and Treatment; A Literature Re-view*. Journal of Dentistry, Shiraz University of Medical Sciences, 2013. **14**(3): p. 136-145.
80. Thomas, H.F., *The extent of the odontoblast process in human dentin*. J Dent Res., 1979. **58**: p. 2207-2218.
81. Lilja, J., K.J. Nordenvall, and M. Branstrom, *Dentin sensitivity, odontoblasts and nerves under desiccated or infected experimental cavities. A clinical, light microscopic and ultrastructural investigation*. Swed Dent J, 1982. **6**(3): p. 93-103.
82. Matthews, B. and N. Vongsavan, *Interactions between neural and hydrodynamic mechanisms in dentine and pulp*. Arch Oral Biol, 1994. **39 Suppl**: p. 87S-95S.
83. Yu, C. and P.V. Abbott, *An overview of the dental pulp: its functions and responses to injury*. Aust Dent J, 2007. **52**(1 Suppl): p. S4-16.
84. Berman, L.H., *Dentinal sensation and hypersensitivity. A review of mechanisms and treatment alternatives*. J Periodontol, 1985. **56**(4): p. 216-22.
85. DH, P., *Dentin permeability, dentin sensitivity, and treatment through tubule occlusion*. Journal of Endodontics 1986. **12**(10)(Journal of Endodontics): p. 465-474.
86. Davari AR. , A.E., Assarzadeh H., *Dentin Hypersensitivity: Etiology, Diagnosis and Treatment; A Literature Review*. J Dent Shiraz Univ Med Sci,, 2013. **Sept. 2013; 14**(3): p. 136-145.
87. Pinto, S.C., et al., *In vitro and in vivo analyses of the effects of desensitizing agents on dentin permeability and dentinal tubule occlusion*. J Oral Sci, 2010. **52**(1): p. 23-32.
88. Chu, C.H., A. Lam, and E.C. Lo, *Dentin hypersensitivity and its management*. Gen Dent, 2011. **59**(2): p. 115-22; quiz 123-4.
89. Addy, M., et al., *Development of a method in situ to study toothpaste abrasion of dentine. Comparison of 2 products*. J Clin Periodontol, 2002. **29**(10): p. 896-900.
90. Smith, R.G., *Gingival recession. Reappraisal of an enigmatic condition and a new index for monitoring*. J Clin Periodontol, 1997. **24**(3): p. 201-5.
91. Mayhew, R.B., S.A. Jessee, and R.E. Martin, *Association of occlusal, periodontal, and dietary factors with the presence of non-cariou cervical dental lesions*. Am J Dent, 1998. **11**(1): p. 29-32.
92. Litonjua, L.A., et al., *Tooth wear: attrition, erosion, and abrasion*. Quintessence Int, 2003. **34**(6): p. 435-46.
93. Imfeld, T., *Dental erosion. Definition, classification and links*. Eur J Oral Sci, 1996. **104**(2 (Pt 2)): p. 151-5.
94. Sangnes, G., *Traumatization of teeth and gingiva related to habitual tooth cleaning procedures*. J Clin Periodontol, 1976. **3**(2): p. 94-103.
95. Hattab, F.N. and O.M. Yassin, *Etiology and diagnosis of tooth wear: a literature review and presentation of selected cases*. Int J Prosthodont, 2000. **13**(2): p. 101-7.
96. Grippo, J.O., M. Simring, and S. Schreiner, *Attrition, abrasion, corrosion and abfraction revisited: a new perspective on tooth surface lesions*. J Am Dent Assoc, 2004. **135**(8): p. 1109-18; quiz 1163-5.
97. Ganss, C., *Definition of erosion and links to tooth wear*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 9-16.
98. Lynch, C.D., et al., *Hunter-Schreger Band patterns and their implications for clinical dentistry*. J Oral Rehabil, 2011. **38**(5): p. 359-65.

99. Lussi, A., et al., *Dental erosion--an overview with emphasis on chemical and histopathological aspects*. Caries Res, 2011. **45 Suppl 1**: p. 2-12.
100. Lussi, A., et al., *Erosive tooth wear: diagnosis, risk factors and prevention*. Am J Dent, 2006. **19**(6): p. 319-25.
101. Larsen, M.J. and A. Richards, *The influence of saliva on the formation of calcium fluoride-like material on human dental enamel*. Caries Res, 2001. **35**(1): p. 57-60.
102. Ganss, C. and A. Lussi, *Diagnosis of erosive tooth wear*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 32-43.
103. Lussi, A. and T. Jaeggi, *Erosion--diagnosis and risk factors*. Clin Oral Investig, 2008. **12 Suppl 1**: p. S5-13.
104. Wang, X. and A. Lussi, *Assessment and management of dental erosion*. Dent Clin North Am, 2010. **54**(3): p. 565-78.
105. Serra, M.C., D.C. Messias, and C.P. Turssi, *Control of erosive tooth wear: possibilities and rationale*. Braz Oral Res, 2009. **23 Suppl 1**: p. 49-55.
106. Magalhaes, A.C., et al., *Insights into preventive measures for dental erosion*. J Appl Oral Sci, 2009. **17**(2): p. 75-86.
107. Ganss C, K.J., Schäfer U, Spall T, *Effectiveness of two fluoridation measures on erosion progression in human enamel and dentine in vitro*. Caries Res, 2001. **35**: p. 325-330.
108. Hughes, J.A., N.X. West, and M. Addy, *The protective effect of fluoride treatments against enamel erosion in vitro*. J Oral Rehabil, 2004. **31**(4): p. 357-63.
109. Poggio, C., et al., *Protective effect on enamel demineralization of a CPP-ACP paste: an AFM in vitro study*. J Dent, 2009. **37**(12): p. 949-54.
110. de-Melo, M.A., et al., *The effect of diode laser irradiation on dentin as a preventive measure against dental erosion: an in vitro study*. Lasers Med Sci, 2011. **26**(5): p. 615-21.
111. Kim, J.S., et al., *Synergistic effect of dentinal tubule occlusion by nano-carbonate apatite and CO2 laser in vitro*. Photomed Laser Surg, 2013. **31**(8): p. 392-7.
112. D.G. GILLAM, R.O., *Advances in the treatment of root dentine sensitivity: mechanisms and treatment principles*. Endodontic Topics, 2006. **Volume 13**,(Issue 1): p. 13-33.
113. Catherine D. Saylor, P.R.O., *Dentinal Hypersensitivity: A Review*. Registered Dental Hygienist, 2011. **1**: p. 1-11.
114. Lynch, E., et al., *Multi-component bioactive glasses of varying fluoride content for treating dentin hypersensitivity*. Dent Mater, 2012. **28**(2): p. 168-78.
115. Sharma, S., N.J. Shetty, and A. Uppoor, *Evaluation of the clinical efficacy of potassium nitrate desensitizing mouthwash and a toothpaste in the treatment of dentinal hypersensitivity*. J Clin Exp Dent, 2012. **4**(1): p. e28-33.
116. Orchardson, R. and D.G. Gillam, *Managing dentin hypersensitivity*. J Am Dent Assoc, 2006. **137**(7): p. 990-8; quiz 1028-9.
117. L., G., *A systematic method for the treatment of hypersensitive dentin*. J Am Dent Assoc., 1935. **22**: p. 592-602.
118. Hodosh, M., *A superior desensitizer--potassium nitrate*. J Am Dent Assoc, 1974. **88**(4): p. 831-2.
119. Markowitz K, K.S., *The role of selected cations in the desensitization of intradental nerves*. Proceedings of the Finnish Dental Society, 1992. **88(Suppl 1)**: p. 39-54.

120. Poulsen, S., et al., *Potassium containing toothpastes for dentine hypersensitivity*. Cochrane Database Syst Rev, 2006(3): p. CD001476.
121. Mjor, I.A., *Histologic studies of human coronal dentine following the insertion of various materials in experimentally prepared cavities*. Arch Oral Biol, 1967. **12**(4): p. 441-52.
122. Brannstrom M, I.G., Johnson G., *The effect of calcium hydroxide and fluorides on human dentine*. Acta Odontol Scand, 1976. **34**: p. 59-67.
123. Ling, T.Y. and D.G. Gillam, *The effectiveness of desensitizing agents for the treatment of cervical dentine sensitivity (CDS)--a review*. J West Soc Periodontol Periodontal Abstr, 1996. **44**(1): p. 5-12.
124. Winston, A.E., A.J. Charig, and S. Thong, *Mechanism of action of a desensitizing fluoride toothpaste delivering calcium and phosphate ingredients in the treatment of dental hypersensitivity. Part III: Prevention of dye penetration through dentin vs a calcium- and phosphate-free control*. Compend Contin Educ Dent, 2010. **31**(1): p. 46-8, 50-2.
125. Tung, M.S., Bowen, H. J., Derkson, G. D., & Pashley, *Effects of calcium phosphate solutions on dentin permeability*. Journal of Endodontics, 1993. **19**(8): p. 383-387.
126. Pereira, J.C., A.D. Segala, and D.G. Gillam, *Effect of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin subjected to different surface pre-treatments--an in vitro study*. Dent Mater, 2005. **21**(2): p. 129-38.
127. Pillon, F.L., I.G. Romani, and E.R. Schmidt, *Effect of a 3% potassium oxalate topical application on dentinal hypersensitivity after subgingival scaling and root planing*. J Periodontol, 2004. **75**(11): p. 1461-4.
128. Pashley D, C.R., Pereira J, Villanueva R, Tay F., *The use of oxalate to reduce dentin permeability under adhesive restorations*. Am J Dent., 2001. **14**(2): p. 89-94.
129. Thanatvarakorn, O., et al., *In vitro evaluation of dentinal hydraulic conductance and tubule sealing by a novel calcium-phosphate desensitizer*. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2013. **101**(2): p. 303-9.
130. E., L., *Fluorine therapy for exposed dentin and alveolar atrophy*. J Dent Res., 1941. **20**(6)(In: Lynch E, Brauer DS, Karpukhina N, Gillam DG, Hill RG. Multi-component bioactive glasses of varying fluoride content for treating dentin hypersensitivity. Dent Mater. 2012;28(2):168-178.): p. 649-659.
131. Hoyt WH, B.B., *Use of Sodium Fluoride for Desensitizing Dentin*. J Am Dent Assoc., 1943. **30**: p. 1372-6.
132. Petersson, L.G., *The role of fluoride in the preventive management of dentin hypersensitivity and root caries*. Clin Oral Investig, 2013. **17 Suppl 1**: p. S63-71.
133. Maas, J.R., et al., *Differences in loosely bound fluoride formation and anticaries effect of resin-based fluoride varnishes*. Int J Paediatr Dent, 2013. **23**(3): p. 166-72.
134. Calabria, M., et al., *Comparative in vitro effect of TiF4 to NaF and potassium oxalate on reduction of dentin hydraulic conductance*. Oper Dent, 2014. **39**(4): p. 427-32.
135. Gaffar, A., *Treating hypersensitivity with fluoride varnish*. Compend Contin Educ Dent, 1999. **20**(1 Suppl): p. 27-33; quiz 35.
136. Chu, C.H. and E.C. Lo, *A review of sodium fluoride varnish*. Gen Dent, 2006. **54**(4): p. 247-53.
137. Ritter, A.V., et al., *Treating cervical dentin hypersensitivity with fluoride varnish: a randomized clinical study*. J Am Dent Assoc, 2006. **137**(7): p. 1013-20; quiz 1029.

138. Schupbach, P., F. Lutz, and W.J. Finger, *Closing of dentinal tubules by Gluma desensitizer*. Eur J Oral Sci, 1997. **105**(5 Pt 1): p. 414-21.
139. Kakaboura, A., et al., *Clinical effectiveness of two agents on the treatment of tooth cervical hypersensitivity*. Am J Dent, 2005. **18**(4): p. 291-5.
140. Davidson, D.F. and M. Suzuki, *The Gluma bonding system: a clinical evaluation of its various components for the treatment of hypersensitive root dentin*. J Can Dent Assoc, 1997. **63**(1): p. 38-41.
141. Duran, I. and A. Sengun, *The long-term effectiveness of five current desensitizing products on cervical dentine sensitivity*. J Oral Rehabil, 2004. **31**(4): p. 351-6.
142. Addy, M. and P. Mostafa, *Dentine hypersensitivity. I. Effects produced by the uptake in vitro of metal ions, fluoride and formaldehyde onto dentine*. J Oral Rehabil, 1988. **15**(6): p. 575-85.
143. Kleinberg, I., *SensiStat. A new saliva-based composition for simple and effective treatment of dentinal sensitivity pain*. Dent Today, 2002. **21**(12): p. 42-7.
144. Petrou, I., et al., *A breakthrough therapy for dentin hypersensitivity: how dental products containing 8% arginine and calcium carbonate work to deliver effective relief of sensitive teeth*. J Clin Dent, 2009. **20**(1): p. 23-31.
145. Schiff T, D.E., Zhang Y, DeVizio W, Cummins D, Mateo L, *The clinical effect of a single direct topical application of a dentifrice containing 8.0% arginine, calcium carbonate, and 1450 ppm fluoride on dentin hypersensitivity: the use of a cotton swab applicator versus the use of a fingertip*. J Clin Dent, 2009. **20**: p. 131.
146. Milleman, J.L., et al., *NUPRO sensodyne prophylaxis paste with NovaMin for the treatment of dentin hypersensitivity: a 4-week clinical study*. Am J Dent, 2012. **25**(5): p. 262-8.
147. Wefel, J.S., *NovaMin: likely clinical success*. Adv Dent Res, 2009. **21**(1): p. 40-3.
148. Rajesh, K.S., et al., *Evaluation of the efficacy of a 5% calcium sodium phosphosilicate (Novamin) containing dentifrice for the relief of dentinal hypersensitivity: a clinical study*. Indian J Dent Res, 2012. **23**(3): p. 363-7.
149. Spolsky, V.W., B.P. Black, and L. Jenson, *Products--old, new, and emerging*. J Calif Dent Assoc, 2007. **35**(10): p. 724-37.
150. Tschoppe, P., et al., *Enamel and dentine remineralization by nano-hydroxyapatite toothpastes*. J Dent, 2011. **39**(6): p. 430-7.
151. Kulal, R., et al., *An In-vitro Comparison of Nano Hydroxyapatite, Novamin and Proargin Desensitizing Toothpastes - A SEM Study*. J Clin Diagn Res, 2016. **10**(10): p. ZC51-ZC54.
152. Al-Maliky, M.A., et al., *The effects of CO2 laser with or without nanohydroxyapatite paste in the occlusion of dentinal tubules*. ScientificWorldJournal, 2014. **2014**: p. 798732.
153. Hannig, M.H.C., *Nanomaterials in preventive dentistry*. Nature Nanotechnology, 2010. **5**: p. 565-569.
154. Webster, T.J., et al., *Enhanced osteoclast-like cell functions on nanophase ceramics*. Biomaterials, 2001. **22**(11): p. 1327-33.
155. Buzea, C., Pacheco, II, and K. Robbie, *Nanomaterials and nanoparticles: sources and toxicity*. Biointerphases, 2007. **2**(4): p. MR17-71.
156. Amaechi, B.T., et al., *Evaluation of nanohydroxyapatite-containing toothpaste for occluding dentin tubules*. Am J Dent, 2015. **28**(1): p. 33-9.

157. Schäfer F, B.T., Abraham P., *In vivo delivery of fluoride and calcium from toothpaste containing 2% hydroxyapatite*. International Dental Journal 2009. **59**: p. 321-324.
158. Kawamata H, O.K., Saito T, Hayman R., *Potassium Nitrate Enhances Occlusion of Dentinal Tubules by Nano-Hydroxyapatite*. Journal of Dental Research, 2008. **87**(Special Issue B): p. (Abstr 2265).
159. Ohta K, K.H., Ishizaki T, Hayman R., *Occlusion of dentinal tubules by nano-hydroxyapatite*. Journal of Dental Research, 2007. **86**((Sp Is A):(Abstr 1759)).
160. P., W., *Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes*, ed. C. Press. 1999: Marcel Dekker,inc. New York.
161. Kumar, V.L., A. Itthagarun, and N.M. King, *The effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on remineralization of artificial caries-like lesions: an in vitro study*. Aust Dent J, 2008. **53**(1): p. 34-40.
162. M., M., *A new approach to desensitization of cervical dentin*. Dent Surv, 1961. **37**: p. 731-734.
163. McFall, W.T., Jr., *A review of the active agents available for treatment of dentinal hypersensitivity*. Endod Dent Traumatol, 1986. **2**(4): p. 141-9.
164. Gangarosa, L.P. and N.H. Park, *Practical considerations in iontophoresis of fluoride for desensitizing dentin*. J Prosthet Dent, 1978. **39**(2): p. 173-8.
165. Kern, D.A., et al., *Effectiveness of sodium fluoride on tooth hypersensitivity with and without iontophoresis*. J Periodontol, 1989. **60**(7): p. 386-9.
166. Gillam, D.G. and H.N. Newman, *Iontophoresis in the treatment of cervical dentinal sensitivity--a review*. J West Soc Periodontol Periodontal Abstr, 1990. **38**(4): p. 129-33.
167. Ferrari, M., et al., *Clinical evaluation of a one-bottle bonding system for desensitizing exposed roots*. Am J Dent, 1999. **12**(5): p. 243-9.
168. Swift Jr E, M.J.K., Mitchell S. , *Clinical evaluation of Prime & Bond 2.1 for treating cervical dentin hypersensitivity*. Am J Dent, 2001. **14**: p. 13-6.
169. da Rosa, W.L., et al., *The effectiveness of current dentin desensitizing agents used to treat dental hypersensitivity: a systematic review*. Quintessence Int, 2013. **44**(7): p. 535-46.
170. Lin, P.Y., et al., *In-office treatment for dentin hypersensitivity: a systematic review and network meta-analysis*. J Clin Periodontol, 2013. **40**(1): p. 53-64.
171. Pamir, T., H. Dalgac, and B. Onal, *Clinical evaluation of three desensitizing agents in relieving dentin hypersensitivity*. Oper Dent, 2007. **32**(6): p. 544-8.
172. Powell, L.V., G.E. Gordon, and G.H. Johnson, *Sensitivity restored of Class V abrasion/erosion lesions*. J Am Dent Assoc, 1990. **121**(6): p. 694-6.
173. Douglas de Oliveira, D.W., et al., *Is surgical root coverage effective for the treatment of cervical dentin hypersensitivity? A systematic review*. J Periodontol, 2013. **84**(3): p. 295-306.
174. Ishikawa, I., et al., *Application of lasers in periodontics: true innovation or myth?* Periodontol 2000, 2009. **50**: p. 90-126.
175. Fuller, T.A., *Physical considerations of surgical lasers*. Obstet Gynecol Clin North Am, 1991. **18**(3): p. 391-405.
176. Sulieman, M., *An overview of the use of lasers in general dental practice: 2. Laser wavelengths, soft and hard tissue clinical applications*. Dent Update, 2005. **32**(5): p. 286-8, 291-4, 296.
177. Goldman, L., et al., *Impact of the Laser on Dental Caries*. Nature, 1964. **203**: p. 417.

178. Coluzzi, D.J., *Fundamentals of dental lasers: science and instruments*. Dent Clin North Am, 2004. **48**(4): p. 751-70, v.
179. Frame, J.W., *Carbon dioxide laser surgery for benign oral lesions*. Br Dent J, 1985. **158**(4): p. 125-8.
180. Matsumoto, K., Funai, H., Shirasuka, T. & Wakabayashi, H., *Effects of Nd:YAG- laser in treatment of cervical hypersensitive dentine*. Japanese Journal of Conservative Dentistry, 1985. **28**: p. 760-765.
181. Liu, H.C., C.P. Lin, and W.H. Lan, *Sealing depth of Nd:YAG laser on human dentinal tubules*. J Endod, 1997. **23**(11): p. 691-3.
182. Moritz, A., et al., *Long-term effects of CO2 laser irradiation on treatment of hypersensitive dental necks: results of an in Vivo study*. J Clin Laser Med Surg, 1998. **16**(4): p. 211-5.
183. Schwarz, F., et al., *Desensitizing effects of an Er:YAG laser on hypersensitive dentine*. J Clin Periodontol, 2002. **29**(3): p. 211-5.
184. Gerschman, J.A., J. Ruben, and J. Gebart-Eaglemon, *Low level laser therapy for dentinal tooth hypersensitivity*. Aust Dent J, 1994. **39**(6): p. 353-7.
185. S. HE, Y.W., X. LI, D. HU, *Effectiveness of laser therapy and topical desensitising agents in treating dentine hypersensitivity: a systematic review*. Journal of Oral Rehabilitation, 2011. **38**: p. 348-358.
186. Yilmaz, H.G., et al., *Effectiveness of Er,Cr:YSGG laser on dentine hypersensitivity: a controlled clinical trial*. J Clin Periodontol, 2011. **38**(4): p. 341-6.
187. Kimura, Y., et al., *Treatment of dentine hypersensitivity by lasers: a review*. J Clin Periodontol, 2000. **27**(10): p. 715-21.
188. Ladalardo, T.C., et al., *Laser therapy in the treatment of dentine hypersensitivity*. Braz Dent J, 2004. **15**(2): p. 144-50.
189. Matsumoto K, K.Y., *Laser Therapy of Dentin Hypersensitivity*. J Oral Laser Application, 2007. **7**: p. 7-25.
190. Asnaashari, M. and M. Moeini, *Effectiveness of lasers in the treatment of dentin hypersensitivity*. J Lasers Med Sci, 2013. **4**(1): p. 1-7.
191. Moritz, A., et al., *The advantage of CO2-treated dental necks, in comparison with a standard method: results of an in vivo study*. J Clin Laser Med Surg, 1996. **14**(1): p. 27-32.
192. Miserendino, L.J., *The laser apicoectomy: endodontic application of the CO2 laser for periapical surgery*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1988. **66**(5): p. 615-9.
193. Aoki, A., et al., *In vitro studies on laser scaling of subgingival calculus with an erbium:YAG laser*. J Periodontol, 1994. **65**(12): p. 1097-106.
194. Walsh, J.T., Jr. and J.P. Cummings, *Effect of the dynamic optical properties of water on midinfrared laser ablation*. Lasers Surg Med, 1994. **15**(3): p. 295-305.
195. Aoki, A., et al., *Lasers in nonsurgical periodontal therapy*. Periodontol 2000, 2004. **36**: p. 59-97.
196. Cakar, G., et al., *Effect of Er:YAG and CO2 lasers with and without sodium fluoride gel on dentinal tubules: a scanning electron microscope examination*. Photomed Laser Surg, 2008. **26**(6): p. 565-71.
197. Matsumoto K, H.M., Tsuzuki N, Yamada, Y., *Morphological and compositional changes of human dentin after Er:YAG laser irradiation*. J Oral Laser Appl, , 2003. **(3)**: p. 15-20.

198. Aranha, A.C., et al., *Effects of Er:YAG and Nd:YAG lasers on dentin permeability in root surfaces: a preliminary in vitro study*. Photomed Laser Surg, 2005. **23**(5): p. 504-8.
199. Watanabe H, K.K., Iwami H, Shinoki T, Okagami Y, Ishikawa I. , *In vitro and in vivo studies on application of erbium:YAG laser for dentin hypersensitivity*. Int Congr Series, 2003. **1248**(Elsevier Science BV): p. 455-457.
200. Hadley, J., et al., *A laser-powered hydrokinetic system for caries removal and cavity preparation*. J Am Dent Assoc, 2000. **131**(6): p. 777-85.
201. Hossain, M., et al., *Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation in human enamel and dentin: ablation and morphological studies*. J Clin Laser Med Surg, 1999. **17**(4): p. 155-9.
202. Aranha, A.C. and P. Eduardo Cde, *Effects of Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers on dentine hypersensitivity. Short-term clinical evaluation*. Lasers Med Sci, 2012. **27**(4): p. 813-8.
203. Launay, Y., et al., *Thermal effects of lasers on dental tissues*. Lasers Surg Med, 1987. **7**(6): p. 473-7.
204. Yonaga, K., Y. Kimura, and K. Matsumoto, *Treatment of cervical dentin hypersensitivity by various methods using pulsed Nd:YAG laser*. J Clin Laser Med Surg, 1999. **17**(5): p. 205-10.
205. Lan, W.-H.L., H.-C., *Sealing of human dentinal tubules by Nd:YAG laser*. Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery, 1995. **13**: p. 329-333.
206. Orchardson R, P.J., Whitters CJ, *Effect of pulsed Nd:YAG laser radiation on action potential conduction in isolated mammalian spinal nerves*. . Lasers Surg Med. , 1997. **21**(2): p. 142-8.
207. Birang, R., et al., *Comparative evaluation of the effects of Nd:YAG and Er:YAG laser in dentin hypersensitivity treatment*. Lasers Med Sci, 2007. **22**(1): p. 21-4.
208. Dilsiz, A., et al., *Clinical evaluation of Er:YAG, Nd:YAG, and diode laser therapy for desensitization of teeth with gingival recession*. Photomed Laser Surg, 2010. **28 Suppl 2**: p. S11-7.
209. Hsu, P.J., et al., *The combined occluding effects of fluoride-containing dentin desensitizer and Nd-Yag laser irradiation on human dentinal tubules: an in vitro study*. Kaohsiung J Med Sci, 2006. **22**(1): p. 24-9.
210. Elgalaid, T.O., et al., *The repeatability of human dentine permeability measurement in vitro*. J Dent, 2008. **36**(1): p. 42-8.
211. Oberg, C., et al., *Evaluation of desensitizing agents on dentin permeability and dentinal tubule occlusion: an in vitro study*. Gen Dent, 2009. **57**(5): p. 496-501; quiz 502-3, 535-6.
212. Bozzola JJ, R.L., *Electron Microscopy Principles and Techniques for Biologist* (2nd ed) ed. 1998, London: Jones and Bartlett Publishing Inc., .
213. Saghiri, M.A., et al., *Back-scattered and secondary electron images of scanning electron microscopy in dentistry: a new method for surface analysis*. Acta Odontol Scand, 2012. **70**(6): p. 603-9.
214. Paradella TC, B.M., *Scanning Electron Microscopy in modern dentistry research*. . Braz Dent Sci, 2012. **15**: p. 43-48.
215. Dunlap M, A.J., *Introduction to the Scanning Electron Microscope: Theory, Practice and Procedures*. 1997: Facility for Advanced Instrumentation.

216. Ahmed, T.R., et al., *In vitro* quantification of changes in human dentine tubule parameters using SEM and digital analysis. *J Oral Rehabil*, 2005. **32**(8): p. 589-97.
217. Ling, T.Y., et al., *An investigation of potential desensitizing agents in the dentine disc model: a scanning electron microscopy study*. *J Oral Rehabil*, 1997. **24**(3): p. 191-203.
218. Wang, Z., et al., *The dentine remineralization activity of a desensitizing bioactive glass-containing toothpaste: an in vitro study*. *Aust Dent J*, 2011. **56**(4): p. 372-81.
219. Pashley, D.H., *Dentin permeability, dentin sensitivity, and treatment through tubule occlusion*. *J Endod*, 1986. **12**(10): p. 465-74.
220. Pashley, D.H., *Dentine permeability and its role in the pathobiology of dentine sensitivity*. *Arch Oral Biol*, 1994. **39 Suppl**: p. 73S-80S.
221. De Deus, G.A., et al., *The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using light microscopy and digital image processing*. *Aust Endod J*, 2004. **30**(1): p. 23-8.
222. Oksan, T., et al., *The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study*. *Int Endod J*, 1993. **26**(5): p. 301-5.
223. Deniz Sungur, D., H. Aksel, and N. Purali, *Effect of a Low Surface Tension Vehicle on the Dentinal Tubule Penetration of Calcium Hydroxide and Triple Antibiotic Paste*. *J Endod*, 2017. **43**(3): p. 452-455.
224. Deniz Sungur, D., et al., *Push-out bond strength and dentinal tubule penetration of different root canal sealers used with coated core materials*. *Restor Dent Endod*, 2016. **41**(2): p. 114-20.
225. Ariadna García-Herraiz, R.L.-G., Francisco Javier Silvestre, José García-Antón, *Applications of Confocal Laser Scanning Microscopy in Dentistry. Study of the changes of the post-extraction sites*. *Current Microscopy Contributions to Advances in Science and Technology*, 2012. **(A. Méndez-Vilas, Ed.)**: p. 569-581.
226. Puralı, N., *Temel Mikroskopi Yöntemleri*. Hücre Elektrofizyolojisi ve Görüntülemenin Temelleri ed. N.Puralı. 2008: VERİ Medikal Yayıncılık.
227. Gholami, G.A., et al., *An evaluation of the occluding effects of Er;Cr:YSGG, Nd:YAG, CO(2) and diode lasers on dentinal tubules: a scanning electron microscope in vitro study*. *Photomed Laser Surg*, 2011. **29**(2): p. 115-21.
228. Vlacic, J., I.A. Meyers, and L.J. Walsh, *Laser-activated fluoride treatment of enamel as prevention against erosion*. *Aust Dent J*, 2007. **52**(3): p. 175-80.
229. Tosun, S., et al., *The combined occluding effect of sodium fluoride varnish and Nd:YAG laser irradiation on dentinal tubules-A CLSM and SEM study*. *Scanning*, 2016. **38**(6): p. 619-624.
230. Lee, S.Y., H.K. Kwon, and B.I. Kim, *Effect of dentinal tubule occlusion by dentifrice containing nano-carbonate apatite*. *J Oral Rehabil*, 2008. **35**(11): p. 847-53.
231. Amaechi, B.T., S.M. Higham, and W.M. Edgar, *Use of transverse microradiography to quantify mineral loss by erosion in bovine enamel*. *Caries Res*, 1998. **32**(5): p. 351-6.
232. Batista, G.R., et al., *Artificial Saliva Formulations versus Human Saliva Pretreatment in Dental Erosion Experiments*. *Caries Res*, 2016. **50**(1): p. 78-86.
233. Passos, V.F., et al., *Effect of commercial fluoride dentifrices against hydrochloric acid in an erosion-abrasion model*. *Clin Oral Investig*, 2015. **19**(1): p. 71-6.

234. Steiner-Oliveira, C., et al., *Chemical, morphological and thermal effects of 10.6-microm CO2 laser on the inhibition of enamel demineralization*. Dent Mater J, 2006. **25**(3): p. 455-62.
235. Joao-Souza, S.H., et al., *Effect of Nd:YAG laser irradiation and fluoride application in the progression of dentin erosion in vitro*. Lasers Med Sci, 2015. **30**(9): p. 2273-9.
236. Kunam, D., et al., *Evaluation of dentinal tubule occlusion and depth of penetration of nano-hydroxyapatite derived from chicken eggshell powder with and without addition of sodium fluoride: An in vitro study*. J Conserv Dent, 2016. **19**(3): p. 239-44.
237. Tunar, O.L., et al., *Evaluation of the effects of Er:YAG laser and desensitizing paste containing 8% arginine and calcium carbonate, and their combinations on human dentine tubules: a scanning electron microscopic analysis*. Photomed Laser Surg, 2014. **32**(10): p. 540-5.
238. West, N.X., M. Davies, and B.T. Amaechi, *In vitro and in situ erosion models for evaluating tooth substance loss*. Caries Res, 2011. **45 Suppl 1**: p. 43-52.
239. Chow, L.C., *Next generation calcium phosphate-based biomaterials*. Dent Mater J, 2009. **28**(1): p. 1-10.
240. Lin, X., et al., *Fabrication and characterization of dendrimer-functionalized nano-hydroxyapatite and its application in dentin tubule occlusion*. J Biomater Sci Polym Ed, 2017. **28**(9): p. 846-863.
241. Bamise, C.T. and T.A. Esan, *Mechanisms and treatment approaches of dentine hypersensitivity: a literature review*. Oral Health Prev Dent, 2011. **9**(4): p. 353-67.
242. Blatz, M.B., *Laser therapy may be better than topical desensitizing agents for treating dentin hypersensitivity*. J Evid Based Dent Pract, 2012. **12**(3 Suppl): p. 229-30.
243. Biagi, R., et al., *Laser-assisted treatment of dentinal hypersensitivity: a literature review*. Ann Stomatol (Roma), 2015. **6**(3-4): p. 75-80.
244. Esteves-Oliveira, M., et al., *Prevention of toothbrushing abrasion of acid-softened enamel by CO(2) laser irradiation*. J Dent, 2011. **39**(9): p. 604-11.
245. Ipci, S.D., et al., *Clinical evaluation of lasers and sodium fluoride gel in the treatment of dentine hypersensitivity*. Photomed Laser Surg, 2009. **27**(1): p. 85-91.
246. Ramalho, K.M., et al., *Protective effect of CO2 laser (10.6 mum) and fluoride on enamel erosion in vitro*. Lasers Med Sci, 2013. **28**(1): p. 71-8.
247. Romano, A.C., et al., *Evaluation of carbon dioxide laser irradiation associated with calcium hydroxide in the treatment of dentinal hypersensitivity. A preliminary study*. Lasers Med Sci, 2011. **26**(1): p. 35-42.
248. de Magalhaes, M.F., et al., *A morphological in vitro study of the effects of Nd:YAG laser on irradiated cervical dentin*. Photomed Laser Surg, 2004. **22**(6): p. 527-32.
249. White, J.M., et al., *Effects of pulsed Nd:YAG laser energy on human teeth: a three-year follow-up study*. J Am Dent Assoc, 1993. **124**(7): p. 45-51.
250. Farmakis, E.T., et al., *The influence of different power settings of Nd:YAG laser irradiation, bioglass and combination to the occlusion of dentinal tubules*. Photomed Laser Surg, 2013. **31**(2): p. 54-8.
251. Birang R, Y.J., Shirani AM, *Comparative study of dentin surface changes following Nd:YAG and Er:YAG lasers irradiation and implications for hypersensitivity*. J Oral Laser Applications, 2008. **8**: p. 25-31.

252. Lopes, A.O. and A.C. Aranha, *Comparative evaluation of the effects of Nd:YAG laser and a desensitizer agent on the treatment of dentin hypersensitivity: a clinical study*. Photomed Laser Surg, 2013. **31**(3): p. 132-8.
253. Lan, W.H. and H.C. Liu, *Treatment of dentin hypersensitivity by Nd:YAG laser*. J Clin Laser Med Surg, 1996. **14**(2): p. 89-92.
254. Talesara, K., et al., *Evaluation of potassium binoxalate gel and Nd:YAG laser in the management of dentinal hypersensitivity: a split-mouth clinical and ESEM study*. Lasers Med Sci, 2014. **29**(1): p. 61-8.
255. Umana, M., et al., *Dentinal tubules sealing by means of diode lasers (810 and 980 nm): a preliminary in vitro study*. Photomed Laser Surg, 2013. **31**(7): p. 307-14.
256. Lewis, J.B., et al., *Blue light differentially alters cellular redox properties*. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2005. **72**(2): p. 223-9.
257. Ohara, M., T. Fujikura, and H. Fujiwara, *Augmentation of the inhibitory effect of blue light on the growth of B16 melanoma cells by riboflavin*. Int J Oncol, 2003. **22**(6): p. 1291-5.
258. Andreas Braun, M.B., Roland Frankenberger, *The 445-nm semiconductor laser in dentistry – introduction of a new wavelength*. Quintessenz, 2015. **66** (2): p. 205-211.
259. Reichelt, J., et al., *A novel blue light laser system for surgical applications in dentistry: evaluation of specific laser-tissue interactions in monolayer cultures*. Clin Oral Investig, 2017. **21**(4): p. 985-994.
260. He, S., et al., *Effectiveness of laser therapy and topical desensitising agents in treating dentine hypersensitivity: a systematic review*. J Oral Rehabil, 2011. **38**(5): p. 348-58.
261. E., Y., *Farklı yüzey özelliklerine sahip zirkonyum oksit ve farklı fabrikasyon yöntemleri ile üretilen veneer seramikleri arasındaki bağlantı değerinin fizik yeterliliğinin değerlendirilmesi*, in H.Ü Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi/ Ankara. 2011.
262. Chen, C.L., et al., *Comparative evaluation of the effectiveness of desensitizing agents in dentine tubule occlusion using scanning electron microscopy*. Aust Dent J, 2015. **60**(1): p. 65-72.
263. Hongal, S., et al., *The effect of 30% ethanolic extract of Indian propolis on replica of human dentin compared against commercially available desensitizing agent: A methodological SEM study in vitro*. Pharmacognosy Res, 2014. **6**(2): p. 113-9.
264. Sales-Peres, S.H., et al., *Effect of propolis gel on the in vitro reduction of dentin permeability*. J Appl Oral Sci, 2011. **19**(4): p. 318-23.
265. West, N.X., et al., *Randomized in situ clinical study comparing the ability of two new desensitizing toothpaste technologies to occlude patent dentin tubules*. J Clin Dent, 2011. **22**(3): p. 82-9.
266. Arnold, W.H., et al., *Volumetric assessment and quantitative element analysis of the effect of fluoridated milk on enamel demineralization*. Arch Oral Biol, 2003. **48**(6): p. 467-73.
267. Arends, J., H. Duschner, and J.L. Ruben, *Penetration of varnishes into demineralized root dentine in vitro*. Caries Res, 1997. **31**(3): p. 201-5.
268. Hooper, S.M., et al., *The protective effects of toothpaste against erosion by orange juice: studies in situ and in vitro*. J Dent, 2007. **35**(6): p. 476-81.

269. Garberoglio, R. and M. Brannstrom, *Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules*. Arch Oral Biol, 1976. **21**(6): p. 355-62.
270. Schilke, R., et al., *Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation*. Arch Oral Biol, 2000. **45**(5): p. 355-61.
271. Orchardson, R. and W.J. Collins, *Clinical features of hypersensitive teeth*. Br Dent J, 1987. **162**(7): p. 253-6.
272. Sales-Peres, S.H., et al., *Evaluation of an Experimental Gel Containing Euclea natalensis: An In Vitro Study*. Evid Based Complement Alternat Med, 2012. **2012**: p. 184346.
273. Yilmaz, N.A., E. Ertas, and H. Orucoglu, *Evaluation of Five Different Desensitizers: A Comparative Dentin Permeability and SEM Investigation In Vitro*. Open Dent J, 2017. **11**: p. 15-33.
274. Sauro, S., I. Thompson, and T.F. Watson, *Effects of common dental materials used in preventive or operative dentistry on dentin permeability and remineralization*. Oper Dent, 2011. **36**(2): p. 222-30.
275. Joshi, S., A.S. Gowda, and C. Joshi, *Comparative evaluation of NovaMin desensitizer and Gluma desensitizer on dentinal tubule occlusion: a scanning electron microscopic study*. J Periodontal Implant Sci, 2013. **43**(6): p. 269-75.
276. Oncu, E., S. Karabekiroglu, and N. Unlu, *Effects of different desensitizers and lasers on dentine tubules: An in-vitro analysis*. Microsc Res Tech, 2017. **80**(7): p. 737-744.
277. Ziskind, D., et al., *Evaluation of cetylpyridinium chloride for infection control in storage solution*. J Oral Rehabil, 2003. **30**(5): p. 477-81.
278. Shellis, R.P., et al., *Methodology and models in erosion research: discussion and conclusions*. Caries Res, 2011. **45 Suppl 1**: p. 69-77.
279. De Moraes, M.D., et al., *Effect of green tea as a protective measure against dental erosion in coronary dentine*. Braz Oral Res, 2016. **30**.
280. Mathews, M.S., et al., *In situ remineralisation of eroded enamel lesions by NaF rinses*. Arch Oral Biol, 2012. **57**(5): p. 525-30.
281. Hulsmann, M., M. Heckendorff, and A. Lennon, *Chelating agents in root canal treatment: mode of action and indications for their use*. Int Endod J, 2003. **36**(12): p. 810-30.
282. Khademi A., F.M., *The Effect of EDTA and Citric Acid on Smear Layer Removal of Mesial Canals of First Mandibular Molars, A Scanning Electron Microscopic Study* Journal of Research in Medical Sciences, 2004. **2**: p. 80-88.
283. Bakry, A.S., Y. Al-Hadeethi, and M.A. Razvi, *The durability of a hydroxyapatite paste used in decreasing the permeability of hypersensitive dentin*. J Dent, 2016. **51**: p. 1-7.
284. Tucker, K., et al., *Human enamel as a substrate for in vitro acid dissolution studies: influence of tooth surface and morphology*. Caries Res, 1998. **32**(2): p. 135-40.
285. Kubinek, R., et al., *Sealing of open dentinal tubules by laser irradiation: AFM and SEM observations of dentine surfaces*. J Mol Recognit, 2007. **20**(6): p. 476-82.
286. Zhou, J., et al., *Effects of a Dicalcium and Tetracalcium Phosphate-Based Desensitizer on In Vitro Dentin Permeability*. PLoS One, 2016. **11**(6): p. e0158400.

287. Al-Dlaigan, Y.H., L. Shaw, and A. Smith, *Dental erosion in a group of British 14-year-old, school children. Part I: Prevalence and influence of differing socioeconomic backgrounds*. Br Dent J, 2001. **190**(3): p. 145-9.
288. Murakami, C., et al., *Effect of fluoride varnish and gel on dental erosion in primary and permanent teeth*. Arch Oral Biol, 2009. **54**(11): p. 997-1001.
289. Steiner-Oliveira, C., et al., *Effect of a pulsed CO2 laser and fluoride on the prevention of enamel and dentine erosion*. Arch Oral Biol, 2010. **55**(2): p. 127-33.
290. Rios, D., et al., *In vitro evaluation of enamel erosion after Nd:YAG laser irradiation and fluoride application*. Photomed Laser Surg, 2009. **27**(5): p. 743-7.
291. Sobral, M.A., et al., *Effect of Nd:YAG laser and acidulated phosphate fluoride on bovine and human enamel submitted to erosion/abrasion or erosion only: an in vitro preliminary study*. Photomed Laser Surg, 2009. **27**(5): p. 709-13.
292. Wiegand, A., et al., *Effect of titanium tetrafluoride and amine fluoride treatment combined with carbon dioxide laser irradiation on enamel and dentin erosion*. Photomed Laser Surg, 2010. **28**(2): p. 219-26.
293. Castellán, C.S., et al., *In vitro evaluation of enamel demineralization after Er:YAG and Nd:YAG laser irradiation on primary teeth*. Photomed Laser Surg, 2007. **25**(2): p. 85-90.
294. Fried, D., et al., *Permanent and transient changes in the reflectance of CO2 laser-irradiated dental hard tissues at $\lambda = 9.3, 9.6, 10.3,$ and 10.6 microns and at fluences of $1-20 \text{ J/cm}^2$* . Lasers Surg Med, 1997. **20**(1): p. 22-31.
295. Naylor, F., et al., *Micromorphological analysis of dentinal structure after irradiation with Nd:YAG laser and immersion in acidic beverages*. Photomed Laser Surg, 2006. **24**(6): p. 745-52.
296. Gonzalez-Rodriguez, A., et al., *Comparison of effects of diode laser and CO2 laser on human teeth and their usefulness in topical fluoridation*. Lasers Med Sci, 2011. **26**(3): p. 317-24.
297. Villalba-Moreno, J., et al., *Increased fluoride uptake in human dental specimens treated with diode laser*. Lasers Med Sci, 2007. **22**(3): p. 137-42.
298. West, N.X., J.A. Hughes, and M. Addy, *Erosion of dentine and enamel in vitro by dietary acids: the effect of temperature, acid character, concentration and exposure time*. J Oral Rehabil, 2000. **27**(10): p. 875-80.
299. Karlinsey, R.L., et al., *Remineralization of eroded enamel lesions by simulated saliva in vitro*. Open Dent J, 2012. **6**: p. 170-6.
300. Reis, C., et al., *Strong effect on dentin after the use of high concentrations of citric acid: an assessment with co-site optical microscopy and ESEM*. Dent Mater, 2008. **24**(12): p. 1608-15.
301. Wiegand, A., et al., *Impact of the acid flow rate on dentin erosion*. J Dent, 2007. **35**(1): p. 21-7.
302. Attin, T., et al., *Effect of mineral supplements to citric acid on enamel erosion*. Arch Oral Biol, 2003. **48**(11): p. 753-9.
303. Kato, M.T., et al., *Preventive effect of commercial desensitizing toothpastes on bovine enamel erosion in vitro*. Caries Res, 2010. **44**(2): p. 85-9.
304. Wegehaupt, F.J. and T. Attin, *The role of fluoride and casein phosphopeptide/amorphous calcium phosphate in the prevention of erosive/abrasive wear in an in vitro model using hydrochloric acid*. Caries Res, 2010. **44**(4): p. 358-63.

305. Moretto, M.J., et al., *Effect of different fluoride concentrations of experimental dentifrices on enamel erosion and abrasion*. Caries Res, 2010. **44**(2): p. 135-40.
306. Wegehaupt, F.J., et al., *Anti-erosive potential of amine fluoride, cerium chloride and laser irradiation application on dentine*. Arch Oral Biol, 2011. **56**(12): p. 1541-7.
307. Attin, T., et al., *Use of variable remineralization periods to improve the abrasion resistance of previously eroded enamel*. Caries Res, 2000. **34**(1): p. 48-52.
308. Ganss, C., J. Klimek, and N. Schlueter, *Erosion/abrasion-preventing potential of NaF and F/Sn/chitosan toothpastes in dentine and impact of the organic matrix*. Caries Res, 2014. **48**(2): p. 163-9.
309. Ishihata, H., et al., *Effect of two desensitizing agents on dentin permeability in vitro*. J Appl Oral Sci, 2017. **25**(1): p. 34-41.
310. Dong, Z., et al., *Tricalcium silicate induced mineralization for occlusion of dentinal tubules*. Aust Dent J, 2011. **56**(2): p. 175-80.
311. Tsai C., C.J., and Wang W., *Near-infrared absorption property of biological soft tissue constituents*. J. Med. Biol. Eng., 2001. **21**: p. 7-14.
312. Wakabayashi, H., et al., *Effect of irradiation by semiconductor laser on responses evoked in trigeminal caudal neurons by tooth pulp stimulation*. Lasers Surg Med, 1993. **13**(6): p. 605-10.
313. Botzenhart U., B.A., Van Bethem H., and Frentzen M., *Effects of diode-laser (809 nm) in the treatment of dental hypersensitivity- an in vitro study*, in *Abstract presented at the 10th meeting of ISLD & 25th annual congress of DGL*. 2006: Berlin (Germany).
314. Wang, Z., et al., *The dentin tubule occlusion effects of desensitizing agents and the stability against acids and brushing challenges*. Am J Dent, 2015. **28**(3): p. 128-32.
315. Yu, J., et al., *A novel application of nanohydroxyapatite/mesoporous silica biocomposite on treating dentin hypersensitivity: An in vitro study*. J Dent, 2016. **50**: p. 21-9.
316. Xu, Z., K.G. Neoh, and A. Kishen, *Monitoring acid-demineralization of human dentine by electrochemical impedance spectroscopy (EIS)*. J Dent, 2008. **36**(12): p. 1005-12.
317. Prati, C., et al., *Permeability and morphology of dentin after erosion induced by acidic drinks*. J Periodontol, 2003. **74**(4): p. 428-36.
318. Featherstone, J.D. and A. Lussi, *Understanding the chemistry of dental erosion*. Monogr Oral Sci, 2006. **20**: p. 66-76.
319. Ari, H. and A. Erdemir, *Effects of endodontic irrigation solutions on mineral content of root canal dentin using ICP-AES technique*. J Endod, 2005. **31**(3): p. 187-9.
320. Pulido, M.T., et al., *The inhibitory effect of MI paste, fluoride and a combination of both on the progression of artificial caries-like lesions in enamel*. Oper Dent, 2008. **33**(5): p. 550-5.
321. Rohanzadeh R, L.R., Fan D, Jean A, Daculsi G., *Ultrastructural properties of laser irradiated and heat-treated dentin*. J Dent Res, 1999. **78**: p. 1829-35. .
322. Greenhill, J.D. and D.H. Pashley, *The effects of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin in vitro*. J Dent Res, 1981. **60**(3): p. 686-98.
323. Jain, P., J.W. Reinhardt, and K.V. Krell, *Effect of dentin desensitizers and dentin bonding agents on dentin permeability*. Am J Dent, 2000. **13**(1): p. 21-7.

324. Raafat Abdelaziz, R., R.S. Mosallam, and M.M. Yousry, *Tubular occlusion of simulated hypersensitive dentin by the combined use of ozone and desensitizing agents*. Acta Odontol Scand, 2011. **69**(6): p. 395-400.
325. Bakry, A.S., et al., *CO2 laser improves 45S5 bioglass interaction with dentin*. J Dent Res, 2011. **90**(2): p. 246-50.
326. Passos, V.F., et al., *Effects of diode laser therapy and stannous fluoride on dentin resistance under different erosive acid attacks*. Photomed Laser Surg, 2014. **32**(3): p. 146-51.
327. Wang, Z., et al., *Effect of desensitising toothpastes on dentinal tubule occlusion: a dentine permeability measurement and SEM in vitro study*. J Dent, 2010. **38**(5): p. 400-10.
328. Park SE, Y.K., Kim HY, Son HH, Chang J., *Elemental analysis of the fluoride varnish effects on root caries initiation*. J Korean Acad Conserv Dent., 2011. **36**: p. 290-299.
329. Tveit, A.B., *Fluoride uptake by enamel surfaces, root surfaces and cavity walls following application of a fluoride varnish in vitro*. Caries Res, 1980. **14**(5): p. 315-23.
330. Y., B., *Amorf kalsiyum fosfat içerikli verniğin dentin hassasiyeti üzerine etkinliğinin değerlendirilmesi.*, in *Periodontoloji AD*. 2010, Ankara, Başkent Üniversitesi.
331. Suge, T., et al., *Effects of fluoride on the calcium phosphate precipitation method for dentinal tubule occlusion*. J Dent Res, 1995. **74**(4): p. 1079-85.
332. Kuo, T.C., et al., *Cytotoxicity of DP-bioglass paste used for treatment of dentin hypersensitivity*. J Endod, 2007. **33**(4): p. 451-4.
333. Xiong, Z.H., et al., *[Occluding effects of three new calcium desensitizers on dentinal tubules in vitro]*. Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi, 2011. **46**(4): p. 214-7.
334. Gharib, S.R., et al., *A confocal laser scanning microscope investigation of the epiphany obturation system*. J Endod, 2007. **33**(8): p. 957-61.
335. Patel, D.V., et al., *The penetration of RealSeal primer and Tubliseal into root canal dentinal tubules: a confocal microscopic study*. Int Endod J, 2007. **40**(1): p. 67-71.
336. Kwon, S.R., et al., *Penetration pattern of rhodamine dyes into enamel and dentin: confocal laser microscopy observation*. Int J Cosmet Sci, 2012. **34**(1): p. 97-101.
337. Matsumoto K. , T.H., Wakabayashi H., *Study on the treatment of hypersensitive dentine by laser. Place of laser irradiation*. Japanese Journal of Conservative Dentistry, 1985. **28**: p. 1366-1371.
338. Marshall, S.J., et al., *A review of adhesion science*. Dent Mater, 2010. **26**(2): p. e11-6.
339. Huang, S.B., S.S. Gao, and H.Y. Yu, *Effect of nano-hydroxyapatite concentration on remineralization of initial enamel lesion in vitro*. Biomed Mater, 2009. **4**(3): p. 034104.
340. Kaehler, T., *Nanotechnology: basic concepts and definitions*. Clin Chem, 1994. **40**(9): p. 1797-9.
341. Liu, Y., et al., *In Vitro Study of Dentin Hypersensitivity Treated by 980-nm Diode Laser*. J Lasers Med Sci, 2013. **4**(3): p. 111-9.

7. EKLER

BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU (2011-KAEK-42) KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Kalsiyum Fosfat ve Nanohidroksiapatit İçeren Hassasiyet Giderici Ajanların Farklı Tip Lazerlerle Kombine Kullanımının Dentin Hassasiyeti Üzerindeki Etkisinin In Vitro Olarak İncelenmesi
-----------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

09.08.2016

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
	AÇIK ADRESİ:	Adnan Menderes Bulvarı Vatan caddesi 34093 Fatih/İstanbul
	TELEFON	
	FAKS	
	E-POSTA	

BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Prof. Dr. Şeyda HERGÜNER SİSO			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Restoratif Diş Tedavisi			
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			-
BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			-	Gerekli Değil <input type="checkbox"/> Var <input checked="" type="checkbox"/>
KARAR BİLGİLERİ	Karar No:3/56	Tarih: 09.08.2016		
	Yürütücülüğünü Prof. Dr. Şeyda HERGÜNER SİSO ' nun yaptığı "Kalsiyum Fosfat ve Nanohidroksiapatit İçeren Hassasiyet Giderici Ajanların Farklı Tip Lazerlerle Kombine Kullanımının Dentin Hassasiyeti Üzerindeki Etkisinin In Vitro Olarak İncelenmesi " başlıklı çalışmanın Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından değerlendirilmiş ve etik açıdan uygun bulunmuştur.			

Sayfa 1 / 2

BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU (2011-KALK-42)
KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Kalsiyum Fosfat ve Nanohidroksiapatit İçeren Hassasiyet Giderici Ajanların Farklı Tıp Lazerlere Kombine Kullanımının Dentin Hassasiyeti Üzerindeki Etkisinin In Vitro Olarak İncelenmesi
-----------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof. Dr. Mahmut Gümüş

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Araştırma ile ilişkisi		Katılım *		İmza
			E	H	E	H	
Prof. Dr. Mahmut GÜMÜŞ	Tıbbi Onkoloji	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Türkinaz AŞTI	Sağlık Bilimleri Fakültesi	Bezmialem Vakıf Üniversitesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Temel TOMBUL	Nöroloji	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. İsmail MERAL	Fizyoloji	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Nergiz YILMAZ	Ağız –Diş ve Çene Cerrahisi	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Binnur AYDOĞAN TEMEL	Eczacılık	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Eczacılık Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Fahri AKBAŞ	Tıbbi Biyoloji	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Yrd. Doç. Dr. Nur BÜYÜKPINARBAŞILI	Tıbbi Patoloji	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Öğr. Gör. Mehmet Onur KAYA	Biyostatistik ve Tıp Bilişimi	Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Av. Mustafa Fırat ALKAYA	Hukuk	Bezmialem Vakıf Üniversitesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Eda BAYRAKTAR	Sivil Üye	Bezmialem Vakıf Üniversitesi	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

* :Toplantıda Bulunma

Karar: Onaylandı Reddedildi

8. ÖZGEÇMİŞ

1. **Adı Soyadı:** Yeşim ŞEŞEN USLU

İletişim Bilgileri

Telefon

Mail

2. **Doğum Tarihi:**

3. **Unvanı:** Uzmanlık Öğrencisi

4. **Öğrenim Durumu:** Yüksek Lisans

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Lisans	Diş Hekimliği	Hacettepe Üniversitesi	2004
Y. Lisans	Diş Hekimliği	Hacettepe Üniversitesi	2004
Uzmanlık	Restoratif Diş Tedavisi	Bezmialem Vakıf Üniversitesi	2017

5. **Akademik Unvanlar:**

RWTH AACHEN UNIVERSITY - Laser Therapy in Dentistry Mastership

Programme / 2016

13 Credit-Level 7

6. **Yönetilen Yüksek Lisans ve Doktora Tezleri**

6.1. Yüksek Lisans Tezleri

6.2. Doktora Tezleri

7. **Yayımlar**

7.1. Uluslararası hakemli dergilerde yayınlanan makaleler (SCI & SSCI & Arts and Humanities)

7.1.1. SH Siso, N Dönmez, DS Kahya, **YS Uslu** .The Effect of Calcium Phosphate-containing Desensitizing Agent on the Microtensile Bond Strength of Multimode Adhesive Agent- Nigerian Journal of Clinical Practice

7.2. Uluslararası diğer hakemli dergilerde yayınlanan makaleler

7.3. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler

7.3.1. **YS Uslu**, SH Siso, N Dönmez, Effect of Thermal and Mechanical Loading Cycling (TMC) on Microleakage of Photo-cured Composite Different Light Sources Units. Annual World Dental Congress, 22-25.09.2015 Bangkok.

7.3.2. **YS Uslu**, SH Siso, N Dönmez, Effect of Different Aging Methods and Ethanol Wetting on Microtensile Bond Strength of a Self –etch Adhesive IADR / APR General Session / Seoul, Korea,22-25.06.2016 .

10. Bilimsel ve Mesleki Kuruluşlara Üyelikler

Türk Diş Hekimleri Birliği

CADA, IADR