



T.C.

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Periodontoloji Anabilim Dalı

**DENTİN HASSASİYETİ TEDAVİSİNDE KULLANILAN
FARKLI HASSASİYET AJANLARININ DENTİN
TÜBÜLLERİNE ETKİSİNİN LAZER TARAMALI KONFOKAL
MİKROSKOP İLE İN VİTRO İNCELENMESİ**

Ulaş SOLMAZ

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Prof. Dr. Şebnem DİRİKAN İPÇİ

İstanbul, 2022

**DENTİN HASSASİYETİ TEDAVİSİNDE KULLANILAN FARKLI
HASSASİYET AJANLARININ DENTİN TÜBÜLLERİNE ETKİSİNİN
LAZER TARAMALI KONFOKAL MİKROSKOP İLE İN VİTRO
İNCELENMESİ**

Ulaş SOLMAZ

Periodontoloji Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

2022

“Ulaş Solmaz” tarafından hazırlanmış ve 11.08.2022 tarihinde sunulmuş “DENTİN HASSASİYETİ TEDAVİSİNDE KULLANILAN FARKLI HASSASİYET AJANLARININ DENTİN TÜBÜLLERİNE ETKİSİNİN LAZER TARAMALI KONFOKAL MİKROSKOP İLE İN VİTRO İNCELENMESİ” Başlıklı tez Periodontoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak **oy birliği** ile kabul edilmiştir.

Prof Dr. Şebnem DİRİKAN İPÇİ
Danışman

Tez Savunma Sınavı Jüri Üyeleri:

Prof. Dr. Şebnem DİRİKAN İPÇİ

Diş Hekimliği Fakültesi,
Altınbaş Üniversitesi

Doç. Dr. Başak BIYIKOĞLU

Diş Hekimliği Fakültesi,
Altınbaş Üniversitesi

Doç. Dr. Veli Özgen ÖZTÜRK

Diş Hekimliği Fakültesi,
Aydın Adnan Menderes
Üniversitesi

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak bütün şartları sağladığımı beyan ederim.

Tezin Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne teslim tarihi: ___/___/___

Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışlara uygun olarak edinildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde, bu çalışmada, orijinal olmayan tüm materyalleri ve sonuçları tamamen alıntı yaptığımı ve referans gösterdiğimi de beyan ederim.

Ulaş SOLMAZ



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimine başladığım ilk günden itibaren bana her konuda destek olan, her zaman desteğini arkamda hissettiğim. Anaç tavırlarıyla bizi her zaman seven, koruyan. Hayatımızın her alanına yaptığı dokunuşlarla her zaman bize kazanımlar katmaya çalışan bizi her konuda geliştiren. Bana periodontolojiyi öğreten, sevdiren ve periodontoloji disiplini hayatıma kazandıran öğrencisi olmaktan büyük onur duyduğum değerli hocam Prof.Dr. Şebnem DİRİKAN İPÇİ'ye,

Yüksek lisans eğitimime başladığım il günden beri söylediği her şeyden bir şeyler öğrenmeye çalıştığım. Hareket ve davranışlarını örnek aldığım. Her zamanki neşeli halleri ve yüksek enerjisiyle bizlere enerji veren. Bizi her zaman analitik düşünmeye ve araştırmaya yönlendiren bizlere vizyon kazandıran değerli hocam Prof. Dr. Gökser ÇAKAR'a,

Yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman sabrı, ilgisi ile bana vakit ayıran. Başım sıkıştığında hemen kapısını çaldığım. Derdimi derdi gibi sahiplenip her zaman bir çıkar yol bulmamda yardımcı olan. Bilgi ve tecrübelerini sürekli bana aktaran motivasyonum düştüğünde beni toparlayan her zaman bana destek olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi İlknur ÖZENCİ'ye,

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgisini, klinik tecrübeleri her zaman paylaşan. Sevgisi ve ilgisiyle her zaman yanımda olduğunu bildiğim değerli hocam Doç. Dr. Başak BIYIKOĞLU'na

Yüksek lisans eğitimim boyunca teorik ve pratik bilgi ve tecrübelerini her fırsatta bizlere aktarmaya çalışan bir abi gibi samimi esprili tavırlarıyla her zaman aklımızda kalacak olan Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Selim YILDIZ'a,

Yüksek lisans eğitimim süresince yardımları ve sevgileri ile bana destek veren, güzel bir çalışma dönemi geçirmemi sağlayan tüm dönem arkadaşlarıma ve tüm klinik hemşirelere ve her koşulda yanımda olan sevgili dostlarıma,

Her zaman bana desteğini esirgemeyen. Canım ne kadar sıkkın olursa olsun enerjimi yükselten.

Benim en büyük özgüven ve motivasyon kaynağım benim sevgi dolu yanımda canım ablama

Hayatımda aldığım her kararda bana sonsuz desteklerini sunan sevgi, şefkat ve merhametle beni

büyüten. Hayattaki en büyük şansım olduğunu düşündüğüm. Yanımda olsun olmasınlar her

zaman desteklerini arkamda hissettiğim. Beni her zaman benden çok düşünen. Onlardan

bahsederken her zaman gururlandığım. Beni yetiştiren bugünlere gelmemi sağlayan canım

annem Havva SOLMAZ ve canım babam Süleyman SOLMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

DENTİN HASSASİYETİ TEDAVİSİNDE KULLANILAN FARKLI HASSASİYET AJANLARININ DENTİN TÜBÜLLERİNE ETKİSİNİN LAZER TARAMALI KONFOKAL MİKROSKOP İLE İN VİTRO İNCELENMESİ

SOLMAZ, Ulaş

Yüksek Lisans, Periodontoloji Anabilim Dalı, Altınbaş Üniversitesi

Danışman: Prof. Dr. Şebnem DİRİKAN İPÇİ

Tarih: 11.08.2022

Sayfa:74

Bu çalışmada sodyum florit, %8 arginin ve kalsiyum karbonat ve nano-hidroksiapatit içeren diş macunlarının çekilmiş dişlerden elde edilen dentin örneklerinde dentin tübüllerine penetre olabilme etkilerinin lazer taramalı konfokal mikroskop (LTKM) kullanılarak incelenmesi amaçlandı.

Çalışmaya çekilmiş gömülü 3. büyük azı dişlerinden elde edilen kesitlerden hazırlanan 15 dentin örneği dahil edildi ve her biri 5 örnekten oluşan 3 farklı gruba ayrıldı. Tüm dentin örneklerinin yüzeyine önce %1'lik sitrik asit uygulanarak smear tabakası kaldırıldı ve dentin tübül girişlerinin açığa çıkması sağlandı. Daha sonra 1. gruptaki dentin örneklerine sodyum florit içeren diş macunu, 2. gruptaki örneklere %8 arginin-kalsiyum karbonat kombinasyonu içeren diş macunu, 3. gruptaki örneklere nano-hidroksiapatit içeren diş macunu LTKM de görüntü elde edebilmek amacıyla Rhodamine B ile karıştırılarak uygulandı. Tüm dentin örnekleri, uygulanan ajanların dentin tübüllerine penetrasyon değerleri açısından LTKM ile incelendi.

Örneklerin LTKM görüntüleri incelendiğinde tüm ajanların dentin tübüllerine penetre olduğu

görüldü. Ajanların grup 1, 2 ve 3 için penetrasyon derinlik değerleri sırası ile $148.68 \pm 7.58 \mu\text{m}$, $322.52 \pm 14.47 \mu\text{m}$ ve $173.67 \pm 5.54 \mu\text{m}$ olarak bulundu. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu saptandı ($p=0.000$). Gruplar arası penetrasyon derinliği kıyaslamalarının ikili gruplar halinde değerlendirilmesinde Grup 1 ve 2, Grup 1 ve 3, Grup 2 ve 3 arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu saptandı ($p<0.017$).

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre çalışmada uygulanan tüm hassasiyet giderici ajanların dentin tübüllerine farklı oranlarda penetre olabildikleri saptandı. %8 arginin-kalsiyum karbonat kombinasyonu içeren diş macununun daha belirgin penetrasyon gösterdiği ve dentin hassasiyeti tedavisinde etkili olabileceği görüldü.

Anahtar Kelimeler: Dentin Hassasiyeti, Arginin ve Kalsiyum Karbonat, Nano Hidroksiapatit, Sodyum Florit, Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop

ABSTRACT

IN VITRO EXAMINATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT SENSITIVITY AGENTS USED IN THE TREATMENT OF DENTIN SENSITIVITY ON DENTIN TUBULES (LASER SCANNING CONFOCAL MICROSCOPE)

SOLMAZ, Ulaş

MSc, Department of Periodontology, Altınbaş University

Advisor: Prof. Dr. Sebnem DİRİKAN İPÇİ

Date: 11.08.2022

Page:74

In this study, it was aimed to investigate the effects of dentin hypersensitivity toothpastes containing sodium fluoride, 8% arginine and calcium carbonate, and nano-hydroxyapatite on the penetration of dentin tubules in dentin samples obtained from extracted teeth using confocal laser scanning microscope (CLSM).

Fifteen dentin samples prepared from the sections obtained from the impacted third molar teeth were included in the study and were divided into 3 different groups, each consisting of 5 samples. The smear layer was removed by applying 1% citric acid to the surface of all dentin samples and the dentin tubule entrances were exposed. Then, toothpaste containing sodium fluoride was applied to the dentin samples in the 1st group, toothpaste containing 8% arginine-calcium carbonate combination to the samples in the 2nd group, and toothpaste containing nano-hydroxyapatite to the samples in the 3rd group, mixed with Rhodamine B in order to obtain images in CLSM. All dentin samples were examined by CLSM for penetration depth values of the applied agents into the dentinal tubules.

According to CLSM images of the samples were examined, it was observed that all agents penetrated into the dentinal tubules. The penetration depth values of the agents for groups 1, 2 and 3 were found to be $148.68 \pm 7.58 \mu\text{m}$, $322.52 \pm 14.47 \mu\text{m}$ and $173.67 \pm 5.54 \mu\text{m}$, respectively. A statistically significant difference was found between the groups ($p=0.000$). A statistically significant difference was found between Groups 1 and 2, Groups 1 and 3, Groups 2 and 3 when comparing the penetration depths between groups in pairs ($p<0.017$).

According to the results obtained from this study, it was determined that all desensitizing agents applied in the study could penetrate the dentinal tubules at different rates. It was observed that toothpaste containing 8% arginine-calcium carbonate combination showed more significant penetration and could be effective in the treatment of dentin hypersensitivity.

Keywords: Dentin Sensitivity, Arginine and Calcium Carbonate, Nano Hydroxyapatite, Sodium Fluoride, CLSM

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1 KÖK YÜZEY YAPISI.....	7
2.1.1 Dentin.....	7
2.1.2 Sement.....	9
2.1.3 Smear Tabakası.....	10
2.2 DENTİN HASSASİYETİ.....	10
2.2.1 Dentin Hassasiyeti Oluşum Teorileri.....	13
2.2.1.1 Odontoblastik transdüksiyon teorisi.....	13
2.2.1.2 Nöral teori.....	13
2.2.1.3 Hidrodinamik teori.....	13
2.2.2 Dentin Hassasiyeti Ayırıcı Tanısı.....	14
2.2.3 Dentin Hassasiyeti Tedavisi.....	15
2.2.4 Dentin Hassasiyeti Tedavi Stratejileri.....	18
2.2.4.1 Fiziksel ajanlar.....	18
2.2.4.2 Kimyasal ajanlar.....	19
3. GEREÇ VE YÖNTEM	27
3.1 ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI.....	27
3.2 ÇALIŞMA GRUPLARI.....	30
3.3 HASSASİYET AJANLARININ UYGULANMASI.....	31
3.4 LTKM İNCELEMESİ.....	33
3.5 İSTATİSTİKSEL İNCELEMELER.....	35
4. BULGULAR	36
4.1 LTKM GÖRÜNTÜLERİ.....	36
4.1.1 Sodyum Florit Grubu.....	36
4.1.2 %8 Arginin Kalsiyum Karbonat Grubu.....	37
4.1.3 Nano Hidroksi Apatit Grubu.....	38
4.2 PENETRASYON DEĞERİ.....	39
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	42
REFERANSLAR	50

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1: Dentin hassasiyeti tedavi stratejileri.....	17
Tablo 3.1: Çalışma grupları.....	30
Tablo 4.1 Gruplara göre penetrasyon değerlerinin ortanca, ortalama ve standart sapma değerleri.	39
Tablo 4.2 Gruplar arası penetrasyon derinliği kıyaslamalarının ikili gruplar halinde değerlendirilmesi.	40
Tablo 4.3 Gruplara göre penetrasyon değerlerinin ortanca, ortalama ve standart sapma değerleri ve gruplar arası penetrasyon derinliği kıyaslamalarının ikili gruplar halinde değerlendirilmesinin tek tabloda birlikte görünümü.	41

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Diş anatomisi.....	7
Şekil 2.2: Dentin tübüleri.....	8
Şekil 2.3: Diş eti çekilmesi sonucu açığa çıkmış dentin tübüleri.....	11
Şekil 3.1: Çekilen dişlerin +4°C'deki timolde saklanması.....	27
Şekil. 3.2: Yüksek Devirli Elektrikli Testere Buehler Introduces IsoMet™ High Speed- An Advanced Precision Cutter.	28
Şekil 3.3: Hazırlanan kesitlerin görüntüleri.....	29
Şekil 3.4: Hazırlanan dentin diskleri.....	29
Şekil 3.5: Sement tabakasının elmas frezler ile kaldırılması.....	30
Şekil 3.6: Çalışmada kullanılan macunlar.....	31
Şekil 3.7: Ajanların rhodamine B ile karıştırılması.....	32
Şekil 3.8: İlgili ajanların parmak ucu yöntemi ile uygulanması.....	32
Şekil 3.9: Ajanların fırça ile tatbiki.....	33
Şekil 3.10: Zeis LSM 900 lazer taramalı konfokal mikroskop.....	34
Şekil 3.11: Numunenin konfokal mikroskop içindeki görüntüsü.....	34
Şekil 4.1: Uygulama sonrası dentin tübülerine penetre olan NaF'nin penetrasyon derinlikleri ve ölçümleri	36
Şekil 4.2: Uygulama sonrası dentin tübülerine penetre olan arginin'in penetrasyon derinlikleri ve ölçümleri	37
Şekil 4.3: Uygulama sonrası dentin tübülerine penetre olan nano hidroksi apatit'in penetrasyon derinlikleri ve ölçümleri	38

KISALTMALAR

°C	:	Santigrat derece
®	:	Kayıtlı marka
µm ²	:	Mikrometre kare
A-δ	:	A delta
A-β	:	A beta
ark.	:	Arkadaşları
Ca(OH) ²	:	Kalsiyum hidroksit
Ca ⁺⁺	:	Kalsiyum iyonu
CO ₂	:	Karbondioksit
Dk	:	Dakika
EDTA	:	Etilen Diamin Tetraasetik Asit
Er:YAG	:	Erbium:Yttrium Aluminium Garnet
F	:	Florit
kV	:	Kilo-volt
mm	:	Milimetre
mm ²	:	Milimetre kare
Mpa	:	Mega paskal
NaF	:	Sodyum florit
Na ₂ PO ₃ F	:	Sodyum monoflorofosfat

Nd:YAG	:	Neodymium-doped yttrium aluminium garnet
nHAp	:	Nano-hidroksiapatit
PO_4^{-3}	:	Fosfat iyonu
SEM	:	Scanning Electron Microscopy
sn	:	Saniye
SnF_2	:	Kalay florit
TM	:	Ticari marka
TEM	:	Taramalı elektron mikroskobu
LTKM	:	Lazer Taramalı Konfokal Mikroskop

1.GİRİŞ

Dentin hassasiyeti (DH), ağız ortamına açılmış dentinin termal, fiziksel, kimyasal uyarılara maruz kalması sonucunda oluşan kısa, keskin, lokalize bir ağrı ile karakterize klinik bir durumdur [1]. Mine kaybı veya diş eti çekilmesi sonucu dentinin açığa çıkması DH'ye yatkınlığı arttıran majör faktördür. DH hastanın hayat kalitesini değişen oranlarda etkileyebilir [2].

DH'yi tetikleyen en yaygın unsur soğuk uyarandır [3]. DH ağrısı, asitli yiyecekler veya tatlılar gibi uyarılara yanıt olarak da ortaya çıkabilir [2]. Mevcut alışmalar incelendiğinde DH görülme sıklığı genel popülasyonda %10-30 arasında değiştiği görülmektedir [4,5]. Bazı alışmalarda DH görülme sıklığının kadınlarda erkeklere oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır [3,6]. DH görülme sıklığında yaşın rolü tam olarak belli değildir. Yaşla birlikte periodontal hastalık prevalansının artması, diş eti çekilmesi artışı ve dentinin maruz kaldığı aşındırıcı etkenler sonucu DH'nin arttığı bildirilmiştir [3,6]. Literatürde DH'nin 30 ve 40'lı yaşlarda en yüksek seviyelerde olduğunu ve ardından kademeli olarak düştüğünü gösteren çalışmalar mevcuttur [3].

DH mekanizmasına ilişkin teoriler dentin pulpa kompleksinin anatomisi ve histolojisi ile yakından ilişkilidir. Odontoblast hücrelerinin dentin kollajen matriksini (oğunlukla tip 1) sentezlediği ve mineralizasyon sürecinde rol aldığı bilinmektedir. Odontoblastlar dentin oluşumunda ve onarımında kritik rol oynamaktadırlar [7]. Dentinin makro yapısı hipermineralize doku ile çevrili tübül ünitelerinden oluşur. Dentin tübülü serum benzeri bir sıvı ve odontoblast hücreleri içerir. Dentin yapısını inceleyen çalışmalar duyu sinirlerinin odontoblasta fiziksel yakınlığını doğrulamıştır [8].

Tarihsel süreçte DH'den kaynaklanan ağrının mekanizması hakkında farklı teoriler ileri sürülmüştür. Dentinal reseptör mekanizması teorisi dentin içindeki sinir uçlarının doğrudan uyarılması olarak tanımlanır [9]. Bununla birlikte nöral hücrelerin dentinin dış kısmında bulunmasının imknsız olduğunu söyleyen deneysel ve mikroskopik bulgular vardır [10].

Odontoblastik transdüksiyon teorisinde odontoblast hücresi pulpal innervasyon ile sinaptik bağlantı yoluyla membran potansiyelinde değişikliklere aracılık etme görevinde bulunur [4]. Bu senaryoda odontoblastik proses dentin yüzeyinde açığa çıkar, bu nedenle kimyasal ve mekanik uyarılara açık hale gelir. Odontoblastik transdüksiyon teorisi için kabul gören bir bilimsel destek yoktur [4].

DH oluşum mekanizması hakkında en yaygın kabul gören teori Brännström tarafından ortaya konulan hidrodinamik teoridir [11]. Bu teoriye göre ağrı, sıcaklık, fiziksel veya ozmotik değişiklikler sonucunda dentin tübüleri içerisindeki sıvının hareketinden kaynaklanır. Dentin tübüleri içerisindeki sıvı hareketleri nöral sinyale yol açarak baro reseptörü uyarır. Hidrodinamik teori, klasik uyarılar ile DH'nin oluşumunu makul bir şekilde açıklar. Örneğin hava uygulaması dentin yüzeyini kurutur ve dehidrate olmuş dış yüzeye doğru dentin sıvısının akışını sağlar. Bununla birlikte oluşan hareket sinir liflerini tetikler ve ağrı oluşturur. Termal bir uyarı dentin tübülerinde büzölmeye, sonucunda da dentin sıvısının akışına sebep olur. Asitler, tuz ve şeker gibi ozmotik uyarılar da dentin sıvısında harekete sebep olur ve sonucunda DH ağrısı ortaya çıkar [11].

Dentin tüböl çapı, tüböl ağızlarının açıklık durumu ve açık tübüllerin sayısı DH'nin oluşmasında önemli faktörlerdir. DH'ye sahip dişler taramalı elektron mikroskobu (TEM) ile incelendiğinde geniş ve açık tübüllerin varlığı doğrulanmıştır. DH'ye sahip dişlerin 8 kat fazla sayıda açık tübüle sahip olduğu [1] ve tüböl çaplarının daha geniş olduğu bildirilmiştir [12]. Tüböl ağızlarındaki açıklığa asitlere bağlı demineralizasyonun ve yeterli remineralizasyon oluşmamasının neden olduğu düşünülmektedir [13,14]. Açıkta kalan dentin alanları reaktif skleroz, ikincil veya üçüncül dentin birikmesiyle kapanır [15]. Peritübüler dentinin hipermineralizasyonu ve ayrıca tübüllere tükürük veya sıvılardan minerallerin çökmesi reaktif skleroz ile tamamlanır [16].

Normal şartlar altında dentin, mine veya sement ile kaplıdır. DH için predispozan faktörler; diş eti çekilmesi, sement kaybı veya mine kaybından kaynaklı olarak dentinin açığa çıkmasıdır [17]. Sadece dentin tübüllerinin periferik sonlarının açığa çıkması ile DH oluşması mümkündür [18].

DH'ye yatkınlığı artıran durumlardan biri de diyet asitlerinin sebep olduğu aşınma ve erozyon ile meydana gelen mine kaybıdır [19]. Bu bölgelerin eş zamanlı olarak aşınması ve asitlere maruz kalmasının kalan diş yapısının yumuşaklığını artırdığı tespit edilmiştir [20]. Böyle bir durumda birkaç basit fırça darbesi bile diş yapısında hasar meydana getirir. Yaşlanma, periodontal hastalıklar veya yıkıma sebep olan alışkanlıklar ile ortaya çıkan diş eti çekilmeleri de DH'ye sebep olabilir. Genel olarak periodontal yıkımın bir sonucu olarak periodontitisli hastalarda DH oluşması açısından daha büyük risk vardır ve kök yüzeylerinin açığa çıkması sebebi ile DH görülme sıklığı daha yüksektir [21].

Tedavi için önce doğru teşhis konulmalı ve mevcut duruma sebep olan faktörler ele alınmalıdır. DH'ye benzerlik gösteren klinik durumlar ayırıcı tanıda kullanılarak dikkatli olunmalıdır. Hatalı restorasyonlar, çatlak diş sendromu, beyazlatma işlemi sonrası oluşan hassasiyet, kırık restorasyonlar ve diş çürükleri DH ile ayırıcı tanısı konulması gereken durumlardır [22]. Ağrı öyküsünün klinik değerlendirilmesi, radyografik muayene, perküsyon, palpasyon ve pulpa canlılığı gibi tanısal testlerin kullanılması DH tanısının doğrulanmasında yardımcı olur. DH'nin klinik teşhisinde hava uygulaması veya dokunsal muayene metodları kullanılmaktadır. Ağrının şiddeti kategorisel ölçek (hafif, orta, şiddetli ağrı) veya görsel analog ölçekler (*Visual Analog Scale*) ile değerlendirilip kayıt altına alınabilir [23,24]. Bu değerlendirmeler ile hastanın DH semptomları hekimi tarafından takip edilebilir [19].

DH'nin azaltılması temel olarak iki farklı mekanizma ile sağlanabilmektedir. İlk yaklaşım tübüllerin tıkanmasının sağlanarak dış uyaranlara karşı dentin geçirgenliğinin azaltılması ve dentin sıvısı hareketinin baskılanmasıdır [25]. Bu amaçla kimyasal veya fiziksel ajanlardan yararlanılmaktadır. Fiziksel ajanlar dentin yüzeyini ağız ortamından izole eder; kompozitler, rezinler, cam iyonomerler, dentin adezivleri, cilalar, lazerler ve yumuşak doku greftleri bu amaçla kullanılan ajanlar içerisinde literatürde yer alırlar [26–28]. Kimyasal ajanlar ise protein çöktürülmesi ve dentin tübül girişlerinin tıkanması yolu ile etkilerini gösterirler. Bu amaçla günümüzde Pro-Argin teknolojisi, NovaMin teknolojisi, Biomin gibi biyoaktif bileşikler, stronsiyum bileşikleri, florit, oksalat tuzları, küçük abrazyon partikülleri, rezin örtücüler, biyoaktif cam partikülleri ve nano hidroksiapatit içerikler kullanılmaktadır [29–32]. Ayrıca kimyasal

ajanlar ile pulpa sinirlerinin duyarsızlaştırılarak uyarıların ağrı duyusu oluşumuna engel olunması amacıyla potasyum tuzları da kullanılmaktadır [33].

DH tedavisinde ilk basamak tedavi hastanın rahatlıkla uygulayabileceği hassasiyet giderici diş macunları ve gargaralardır. Bu uygulamalar diğer hassasiyet giderici uygulamalar ile karşılaştırıldığında daha basit, uygun, ekonomik ve non-invaziv bir tedavi yöntemidir. Literatürde hassasiyet giderici ajanların etkinliğinin incelendiği çok sayıda çalışma mevcuttur ve bu çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde farklı materyaller kullanılarak farklı sonuçların elde edildiği görülmektedir [31,34].

DH'nin tedavisinde en sık kullanılan ürünlerden biri sodyum florittir (NaF). NaF dentin sıvısı içerisinde bulunan kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek tübüllerde küçük boyutta ve çözülmeyen kalsiyum florit kristalleri oluşturur. Oluşan bu kristaller açığa çıkmış tübül ağzıklarını tıkayarak hassasiyetin giderilmesine yardımcı olur [35]. Tübüllerdeki açıklığı mekanik olarak tıkayan NaF, DH'yi azaltmada başarılı sonuçlar vermektedir [36]. DH'nin tedavisinde kullanılan etkili bir diğer ajan dentin tübüllerini tükürüğün doğal kapatma ve tıkama özelliğine benzer şekilde etki gösteren %8 arginin kalsiyum karbonat ve bir karbonat ile kombinlenmiş hassasiyet önleyici diş macunudur [37]. Son yıllarda yapılan çalışmalarda nano-hidroksiapatit içerikli diş macunlarının DH'yi azaltmada etkili olduğu görülmüştür [38]. Nano-hidroksiapatit içerikli diş macunları içeriğindeki nano-hidroksiapatit morfoloji ve kristal yapılarıyla diş minesindeki apatit kristallerine benzer. Bu nedenle iyi bir remineralizasyona yeteneğine sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı mineral kaybına uğramış mine dokusunun onarımı için tercih edilen materyallerden biridir [39].

Hu ve ark. [32] tarafından yapılan DH'nin tedavisinde kullanılan farklı diş macunlarının etkinliğinin araştırıldığı meta-analizde, nano-hidroksiapatit ve arginin içeren diş macunları en etkili hassasiyet giderici ajanlar olarak tanımlanmıştır. Araştırmacıların sonuçlarına göre potasyum, stronsiyum, florit ve plasebo içeren gruplar arasında DH tedavisi için anlamlı bir fark bulunmamıştır [32]. Bir başka çalışmada, potasyum oksalat ve arginin içeren ağız gargaraları ve stanöz florit ve arginin içeren diş macunlarının dentin tübüllerinin tıkanması ve tübül

içerisine penetrasyonlarının etkinliği araştırılmış ve test edilen bütün ajanlar dentin tübüllerinde tıkanma sağlamış olsa da en etkin sonuçlar potasyum oksalat içeren ağız gargarası grubunda bulunmuştur [40]. Martins ve ark. [34] tarafından yapılan bir meta-analizde, incelenen çalışmalardaki çoğu diş macunu formülasyonu, plasebo veya sadece florür içeren macunlara göre hassasiyet gidermede üstün bulunmuştur. Dokusal veya hava uyarılarına karşı hidroksiapatit, kalay florit (SnF₂) veya SnF₂ ve potasyum kombinasyonun etkili olduğu bulunmuştur. Sadece hava uyarısına karşı arginin içeriğinin daha etkili olduğu, bütün uyarılara karşı en etkili içeriğin NovaMin olduğu sonucuna varmışlardır [34].

DH'de kullanılan maddelerin değerlendirildiği çalışmalarda genellikle dentin tübüllerindeki yüzeysel tıkanma araştırılmaktadır. Ancak dentin tübüllerinin yüzeysel tıkanmasının sadece kısa süreli bir rahatlama sağlayacağı, çökelen materyalin günlük diş fırçalama, tükürük ve asitli gıdaların tüketilmesiyle uzaklaşabileceği görülmüştür [41,42]. Uzun süreli bir rahatlama için dentin tübüllerinde daha derin bir penetrasyon olması gerekmektedir.

Dentin hassasiyetinde dikkat edilmesi gereken bir diğer kısım ise hassasiyet giderici ajanların uygulanış şeklidir. Son yıllarda yapılan klinik çalışmalarda, DH tedavisinde kullanılan kimyasal ajanların farklı uygulama teknikleri ile uygulanması sonucunda hassasiyetin giderilmesinde pozitif sonuçlar elde edilebileceği öne sürülmüştür [43–46]. Tüm ağız fırçalamadan önce hassas bölgelere doğrudan hassasiyet giderici ajanın uygulanmasını araştıran çalışmalar, 'odaklı fırçalama' olarak adlandırılan, hassas dişleri önce belirli bir süre boyunca fırçalamanın veya diş macununu etkilenen dişlere parmakla masaj yaparak uygulamanın avantajını göstermiştir [45]. Creeth ve arkadaşları [46] geleneksel tüm ağız fırçalama yöntemi ile bu yöntemle ilave olarak hassasiyet giderici ajanın parmak ucu ile lokal olarak uygulanmasının, tek başına tüm ağız fırçalama yöntemine göre DH'de anlamlı azalma gösterdiğini bildirmişlerdir [47,48]. Odaklı fırçalama yöntemi araştırmaya açıktır, herhangi bir *in vitro* çalışmada bu yöntem kullanılmamıştır.

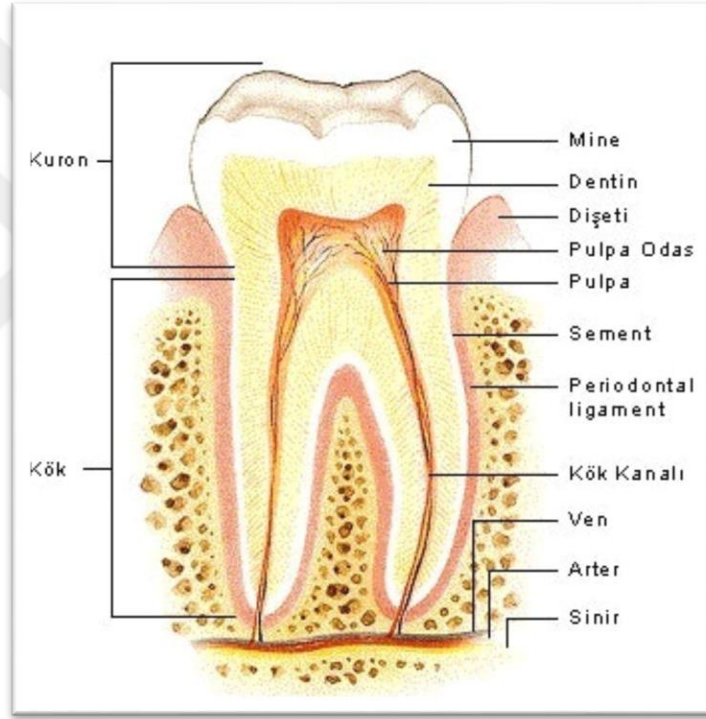
Lazer taramalı konfokal mikroskop (LTKM), elektron mikroskobu ile ışık mikroskobunun ara formu niteliğindedir. LTKM, özellikle tam saydam olmayan yarı saydam biyolojik örneklerin yüksek çözünürlükte analizinde kullanılır. Floresans ve floresans olmayan (reflaktans) iki türlü moda sahiptir [49]. Floresans mod aktif haldeyken floresans madde ile tatbik edilen örnekler incelenir. Yapılan çalışmalarda LTKM'nin floresans modu aktif haldeyken zarar vermeyen yapısı nedeniyle dentin tübüllerine penetre olmuş floresans madde tatbik edilmiş örneklerin Taramalı Elektron Mikroskobuna göre daha başarılı bir şekilde incelenebildiği sonucuna varılmıştır [50]. LTKM ile yapılan analizlerde penetrasyon derinliğinin ölçümü için penetre olması istenen maddenin boyayıcı ajanla tatbiki yeterli olmaktadır. TEM kullanılarak yapılan çalışmalarda, uygulanan ajanın tübül içerisine penetrasyonunun görülebilmesi için örneğin uygulama hattına paralel bir şekilde hazırlanması gerekmektedir. Bu esnada örnekler zarar görüp çatlayabilmektedir. LTKM cihazının floresans modu ile DH'de tedavi amacıyla kullanılan maddelerin penetrasyon derinliği ölçülebilir. Mevcut literatürler incelendiğinde LTKM ile DH'de kullanılan ajanların penetrasyon derinliğinin incelenmesiyle ilgili olarak yapılan az sayıda çalışma bulunmaktadır [51–55].

Yukarıdaki bilgiler ışığında literatürde az sayıda LTKM ile penetrasyon derinliğinin incelenmesiyle ilgili çalışma bulunması. Dentin hassasiyetini tamamen ortadan kaldıran veya tamamen çözüm olacak bir tedavi yönteminin hala bulunmaması aynı zamanda çözüme kavuşmayan DH'nin hastanın mikrobiyal biofilm kontrolünü zorlaştırıcı ve periodontal hastalıklara ve diş çürüklerine zemin hazırlayıcı etkisi nedeniyle hastaların bireysel uygulamalar ile DH şikayetlerinden kurtulmaları büyük önem taşır. Bu kapsamda yer alan hassasiyet macunlarının önemini göz önüne alıp sodyum florit, %8 arginin ve kalsiyum karbonat ve nano-hidroksiapatit içeren diş macunlarının çekilmiş dişlerden elde edilen dentin örnekleriyle dentin tübüllerine penetre olabilme etkilerinin lazer taramalı konfokal mikroskop (LTKM) kullanılarak inceledik.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 KÖK YÜZEY YAPISI

Diş kökünü anatomik olarak içten dışa pulpa, dentin ve sement tabakaları oluşturur. Bu tabakalara ek olarak *smear* tabakası adı verilen bir debris kök yüzeyini kaplayabilmektedir.



Şekil 2.1 Diş anatomisi.

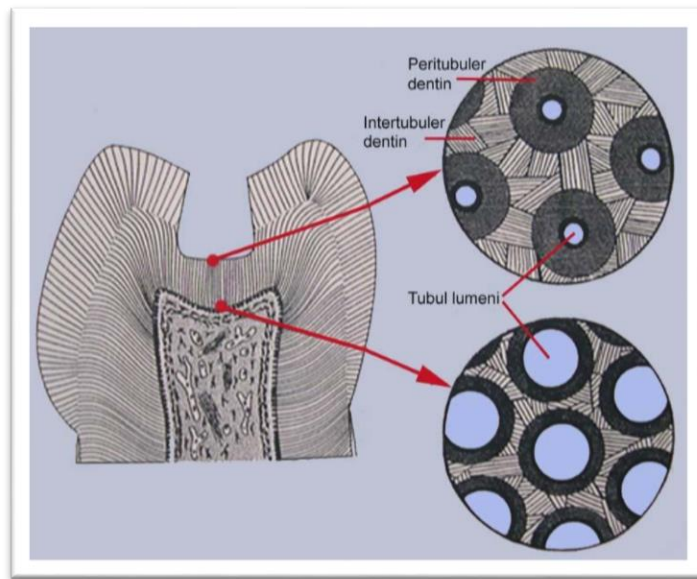
2.1.1 Dentin

Dentinin mineral içeriği kemiğe göre daha yüksektir. Mineral kısım ağırlık bakımından %70'i oluştururken, %20'lik kısım organik yapıyı oluşturur ve kalan %10 luk kısım da sudan oluşur. Dentinin organik matriksin büyük kısmını kollajen oluşturur (yaklaşık %90) diğer kısımları proteoglikanlardan, kollajen olmayan proteinlerden ve içeriğinde lipit bulunan bileşiklerden

oluşur. Dentin minerali kemikteki gibi hidroksiapatit ($\text{CaO}(\text{OH})_2(\text{P}_4\text{O}_{10})_6$). Az miktarda karbonat da bulunmaktadır [56].

Dentin sert bir yapı olmasına karşın barındırdığı kollajen sayesinde esnek bir doku özelliğine sahiptir [57]. Dentinin elastisite modülü 242×10^6 MPa'dır. Bu esneklik dentinin kırılma mine dokusuna bir miktar süspansiyon görevi yapmasını sağlar. Dentin ve minenin sertliği kıyaslandığında mine dentine göre 5 kat daha serttir [58]. Dentinin gerilme direnci 40 MPa civarındadır. Bu direnç değeri kortikal kemiğin gerilme direncinden az, minenin gerilme direncinin ise yarısı kadardır. Basınç dayanım değeri 266 MPa'nın üstündeki değerlere çıkabilir [57].

Dentin tübülleri mine- dentin ve dentin sement sınırından pulpaya kadar bütün dentin boyunca uzanan kanallardır [58]. Bu tübüllerde odontoblastların sitoplazmik çıkıntıları olan Tomes lifleri mevcuttur. Dentin tübülleri peritübüler dentin adı verilen bir katman ile sarılıdır. Peritübüler dentin çevresini saran intertübüler dentinden daha fazla mineralize yapıdadır. Dentin tübüllerinin iç kısmında dentin sıvısı mevcuttur. Bu sıvı pulpa bağ dokusu kaynaklı, yapı olarak serebrospinal ve sinoviyal sıvıyla yakın özellikte bir sıvıdır [59].



Şekil 2.2 Dentin tübülleri.

Dentinin tübül sayısı ve lümen çapları yüzey kısmında ve pulpaya yakın olan kısımlarında farklılık göstermektedir. Yüzeyde tübül sayısı 15,000- 20,000/mm², pulpaya yakın kısımlarda 45,000- 60,000/mm² civarında olmaktadır [60]. Koronal dentindeki lümen çapı, mine dentin sınırında 0,5-0,9 µm civarında iken, pulpaya yakın kısımlarda 2-3 µm'ye kadar çıkmaktadır [61].

Dentin tübüllerinin sayısı ve tübül çapları; yaşı, mine, dentin sınırının derinliği, dentindeki skleroz gibi faktörlerden etkilenir. Bundan dolayı dişten dişe anlamlı düzeylerde farklılıklar oluşmaktadır [60,62].

2.1.2 Sement

Sement, mineralize bir bağ dokusudur. Yapısı, yeri, görevi, oluşum hızı, kimyasal bileşimi, mineralizasyon derecesine göre farklı sement türleri vardır [63];

- i. Hücreli intrinsik fibrilli sement; rezorpsiyon laknlarının iini kaplar, içeriğinde intrinsik lifler ve sementositler bulundurur.
- ii. Hücreli karışık fibrilli sement; içeriğinde sementosit ve ekstrinsik, intrinsik lifler bulundurur.
- iii. Hücresiz ekstrinsik fibrilli sement; orta ve koronal kök kısımlarında mevcuttur. Genel yapısı itibariyle Sharpey lif demetleri bulundurur. Dişin kemikle olan bağlantısında görev alır. Ataşman aparatının önemli bir kısmını oluşturur.
- iv. Hücresiz fibrilsiz sement; genel olarak servikal mine kısmında mevcuttur

şekillenmesini tamamlamış ve işlev halindeki dişlerde sement kök dentinine sıkıca tutulmuş ve kök yüzeyini boylu boyunca sarmıştır. Sement dokusunun kalınlığı apeks bölgesine doğru artar ve bir miktar apikal foramene doğru ilerler.

Sementin primer görevlerinden biri periodontal ligament liflerinin kök yüzeyine bağlantısını sağlamaktır. Sharpey lifleri adı verilen bu liflerin bir kısmı alveol kemik içerisine, bir kısmı ise

sement içerisine gömülü konumdadır. Oklüzal ilişkilerin devamı, adaptasyon, kök yüzeyindeki bütünlüğün sağlanması ve tamirde sementin aktif ve yüksek hassaslıktaki özelliklerinin büyük görevi vardır [64].

2.1.3 Smear Tabakası

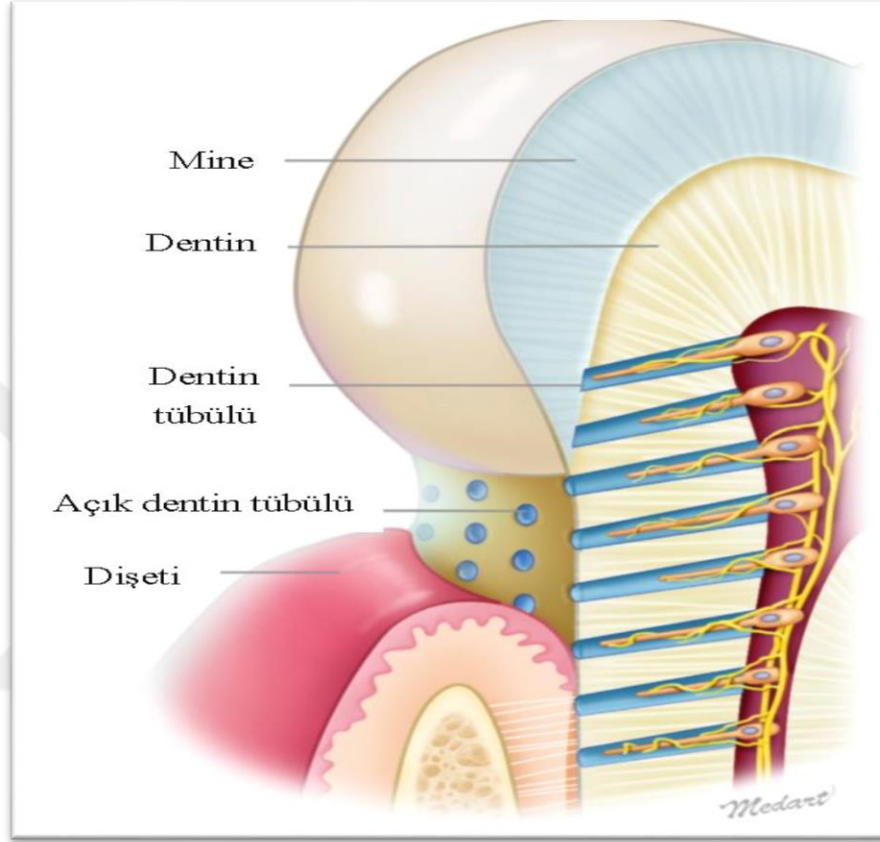
Smear tabakası yaklaşık 1 µm kalınlığındadır. Bu tabaka, atrizyon, abrazyon ve çürük ile oluşan, kök yüzey düzleştirilmesi esnasında açığa çıkan kristalli yapıda bir debristir. İçeriğini doğal dentin kaynaklı kollajen ve hidroksiapatit oluşturur.

Bu mevcut tabaka açığa çıkmış dentin tübüllerinin üstünü örter, bir miktar tübül içine girer ve tübüllere tıkaç oluşturur [16]. Su, tükürük ve dentin sıvısı ile birleşen bu debris hem DH'yi azaltır hem de geçirgenliği düşürür [65]. Dentindeki açıklıklarda dentin sıvısı ve tükürükte bulunan bileşenler ile bir süre sonra ince mineralize bir tabaka görülebilmektedir. Bu durum minede oluşan çürüklerin remineralizasyonu ve diş taşı oluşum süreçleri ile benzerlik göstermektedir. Asitli besinlerin aşırı tüketimi, hatalı ve sert bir fırçalama yapıldığı zaman bu tabakanın görülmediği gözlemlenmiştir [66].

2.2 DENTİN HASSASİYETİ

DH, çeşitli sebeplerle ağız ortamına açılmış dentinin termal, kimyasal, ozmotik, fiziksel uyarılara maruz kalması sonucu ortaya çıkan keskin, kısa süreli, yeri iyi lokalize edilebilen bir ağrı olarak tanımlanır [1,67].

Abfraksiyon, erozyon, aşınma gibi nedenlerle mine yüzeyinde kayıp oluşması veya diş etindeki çekilmeler ile sement kaybının oluşması sonucu dentin tübüllerinin açığa çıkması DH'nin oluşmasına neden olan esas faktörlerdir [68]. DH oluşumunun en temel sebebi olarak diş eti çekilmesi kabul edilmektedir [69]. Orchardson ve Collins [70] hassasiyet semptomları gösteren dişlerin %68'inde diş eti çekilmesi görüldüğü, yalnızca %25'inde atrizyon, abrazyon veya erozyon görüldüğünü belirtmişlerdir.



Şekil 2.3 Diş eti çekilmesi sonucu açığa çıkmış dentin tübülleri.

DH oluşumuna neden olan faktörlerden biri de mikrobiyal biofilm birikimidir. Kök yüzeyinde bulunan mikrobiyal biofilm, dentin demineralizasyonuna sebep olarak dentin tübüllerini açığa çıkmasına neden olur [71]. Diş eti çekilmesine sahip hastaların açığa çıkan kök yüzeylerinde etkili mikrobiyal biofilm kontrolü sağlandığı takdirde DH'nin daha az görüldüğü bildirilmiştir [72]. Yapılan çalışmalarda açık tübüllerden mikroorganizmaların penetre olabileceği ve pulpada iltihaplanmaya sebep olabileceği belirtilmiştir [73]. Pulpada oluşan iltihap, DH oluşumunu ve şiddetini etkileyebilmektedir [74]. Mikrobiyal biofilm birikiminin DH üzerindeki etkisi literatürde mevcut çalışmalara rağmen tartışılmalıdır. Bartol ve ark. [4], DH'nin en sık görüldüğü diş eti çekilmesi bölgelerinde mikrobiyal biofilm seviyesinin minimum olduğunu göstermişlerdir.

Diş eti çekilmesi oluşumuna neden olan birçok farklı faktör bulunmaktadır. Fenestrasyon, dehisens, dişlerin malpozisyonu gibi anatomik durumlar, iltihabi ve periodontal cerrahi işlemleri sebebi ile diş eti çekilmeleri ortaya çıkmaktadır [69]. Diş eti çekilmesinin dışında parafonksiyonel aktiviteden kaynaklı atrizyon, abrazyon, dişlerin sert ve hatalı bir biçimde fırçalanması, asitli yiyecekler birlikte oluşan mine erozyonu DH'ye sebebiyet oluşturabilmektedir [69].

DH toplumda sık görülen, ciddi bir problemdir. Bir araştırmada, çalışılan popülasyonun %8-35'nin DH'den etkilendiği gösterilmiştir [75]. Diğer bir araştırmada, ilgili popülasyonda %72,5 ile %98 oranında servikal bölgede DH görülme sıklığı tespit edilmiştir [76]. Periodontal hastalığa sahip bireylerde (%60,3), periodontal olarak sağlıklı olan bireylere göre (%42,4) daha fazla DH görüldüğü tespit edilmiştir [76]. Ayrıca periodontal hastalığa sahip bireylerde mikro organizmaların dentin tübüllerine invaze olduğu tespit edilmiştir [77]. DH görülme sıklığı ile ilgili yapılan bir diğer çalışmada, periodontal hastalık geçmişi olan hastaların tamamında bir dönem DH gözlemlendiği araştırma popülasyonunun ise %50'sinde DH şikâyeti bulunduğu bildirilmiştir [22,78,79]. DH'nin en yaygın olarak 20-40 yaş aralığında görüldüğü, bu durumun 40'lı ve 50'li yaşlarda azalma eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir [80]. Bu duruma sebep olarak yaşla birlikte dentin yapısındaki geçirgenlikteki ve sinir duyarlılığındaki azalma gösterilebilir. Doğal skleroz ve sekonder dentin oluşumu da doğal bir hassasiyet giderici etkisi yaratmaktadır [4]. Kadınlarda DH'nin erkeklere oranla istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte, bir miktar daha fazla görüldüğü bildirilmiştir [80]. DH için gözlemlenen en yaygın uyarıcı etkenin soğuk olduğu, en yaygın görülen predispozan faktörünse diş eti çekilmesi olduğu görülmüştür [81].

Ağızda bulunan bütün dişlerde belirli oranlarda DH gözlemlenmekle birlikte, DH'nin yaygın gözlemlendiği dişler küçük azı dişleri ve kesici dişlerdir [82]. DH'nin sıklıkla diş eti çekilmesinin en çok görüldüğü yüzey olan [83] bukkal servikal bölgede lokalize olduğu görülmüştür [70].

2.2.1 Dentin Hassasiyeti Oluşum Teorileri

Dentin hassasiyeti mekanizmasını açıklamak için çeşitli teoriler üzerinde durulmuştur [84]. Bu teoriler;

Odontoblastik transdüksiyon teorisi

Nöral teori

Hidrodinamik teori'dir.

2.2.1.1 Odontoblastik transdüksiyon teorisi

İlk ortaya atılan hipotezlerden olan bu teori 'dentin reseptör mekanizması' adıyla da anılmaktadır. Açığa çıkmış dentin yüzeyinde bulunan odontoblastik uzantılar mekanik ve kimyasal birtakım uyarılar ile nörotransmitter salınımına neden olur ve bu uyarıcı etkileri sinir uçlarına ulaştırır. Ancak yapılan çalışmalarda odontoblastik uzantılardan nörotransmitter salınımına dair herhangi bir ispat bulunamamıştır. Bu sebepten dolayı bu teori kabul görmüş bir teori değildir [4].

2.2.1.2 Nöral teori

Yapılan tedaviler esnasında oluşan ısı, birtakım kimyasallar veya mekanik etkiler ile oluşan titreşimler dentin tübüllerinde yer alan ve pulpayla ilişkili olan sinirlerin uyarımına sebep olur. Fakat bu teori uyarımın dentin tübüllerinde nasıl ilerlediğini, mevcut sinir uçlarının bu uyarıyı nasıl aldığını yeterli bir şekilde açıklayamamaktadır [85].

2.2.1.3 Hidrodinamik teori

Dentin hassasiyetini açıklamak için kullanılan hipotezler arasında en çok kabul gören teori hidrodinamik teoridir [86]. Bu teorinin ilk öne sürümü 1900 yılında Gysi tarafından olmuş ve sonrasında Brannstorm ve ark. 1963 [87] yılında bu hipotez ile ilgili çalışmalarda

bulunmuşlardır. Hassasiyet oluşumunun hidrodinamik mekanizma ile oluştuğu teorisini ortaya koymuşlardır. Bu teorinin içeriğinde anlatılana göre dentin tübülleri içerisindeki sıvı termal, fiziksel, osmotik gibi çeşitli değişikliklerle yer değiştirmektedir. Dentin tübüllerindeki sıvıda oluşan hareketler baroreseptörleri uyarır ve sinirsel bir aktivasyon sağlar [88]. Hassasiyet şikâyeti bulunan dişler, hassasiyet şikâyeti bulunmayan dişlerle kıyaslandığı zaman sekiz kat fazla sayıda tübüle sahip olduğu görülmüştür [88]. Tübül çapları incelendiği zaman ise iki kat genişlikte tübül çapına sahip oldukları gözlemlenmiştir [88]. DH'de tübül sayısı ve yarıçapı etkilidir ancak dentin yarıçapı tübül sayısından daha önemli bir faktördür. Dentin tübüllerindeki akış hızı tübül çapının 4 katı ile orantılıdır [89]. Sıvı akışı dentin kanallarındaki basınçta değişikliğe sebep olur. Bu değişiklik A delta sinir liflerine etki eder bunun sonucunda kısa ve keskin bir ağrı meydana gelir [90]. Pulpada yer alan ince miyelinsiz C lifleri, trigeminal sinirin pulpayı uyarıcı dallarındandır ve lokalize edilmekte zorlanılan, künt ağrıdan sorumlu olduğu düşünülmektedir [84].

Hidrodinamik teorinin temelinde dentinin ağız ortamına açılması, dentin tübüllerinin açığa çıkması ve akabinde dentin tübüllerindeki mevcut sıvının hareketi bulunmaktadır. Akut bir şekilde meydana gelen termal bir değişime dentin sıvısının verdiği reaksiyon ile oluşan termal genişleme katsayısı tübül duvarında meydana gelenden 10 kat daha büyüktür. Bu mevcut durumdan hareketle sıcak bir uyarı meydana geldiğinde dentin sıvısında genişleme meydana gelirken, soğuk bir uyarı karşılaştığı zaman ise dentin sıvısında kontraksiyon oluşur [85]. Tuzlu veya şekerli gıdalarla oluşan dentin hassasiyeti ise meydana gelen ozmatik değişimle ilişkilidir. Dentin sıvısının ozmolaritesi düşüktür ozmolaritesi yüksek olan bu tuzlu ve şekerli gıdalara karşı hareket etme eğilimindedir [85].

2.2.2 Dentin Hassasiyetinde Ayırıcı Tanı

DH ile alakalı tedavi aşamalarına geçmeden önce teşhisi iyi belirlemek ve ayırıcı tanıları değerlendirmek büyük önem taşır. Çeşitli dental problemler DH'ye benzer semptomlar göstermektedir. Bunları diş ve diş eti kaynaklı olarak sınıflamak mümkündür:

Diş kaynaklı problemler;

- a. Çürük dişler
- b. Kırık dişler
- c. Kırık restorasyonlar
- d. Restorasyon sonrası oluşan hassasiyet
- e. Restorasyon marjinalinde oluşan sızıntı
- f. Beyazlatma sonrası oluşan hassasiyet
- g. Abrazyon, erozyon, abfraksiyon lezyonları
- h. Diyete bağlı hassasiyet
- i. Dişte çatlak oluşması
- j. Kesici kenarlarda aşınmaya bağlı incelme
- k. Palato-gingival oluk

Diş eti kaynaklı problemler;

- a. Diş eti çekilmesi
- b. Apseli dişler
- c. Diş eti iltihabı

Bu tabloların karışmaması için hastadan detaylı bir anamnez alınması ve detaylı bir klinik ve radyografik muayene yapılması gereklidir (84).

2.2.3 Dentin Hassiyeti Tedavisi

DH'nin tedavisinde günümüzde birçok farklı ürün kullanılabilir. Günümüzde en kabul gören teori olan hidrodinamik teori esas alındığında çeşitli tedavi yöntemleri bulunmaktadır. Bunlar; dentin tübüllerinin tıkanması, dentin tübüllerinin içindeki sıvının hareketinin azaltılması, dentin tübüllerindeki sıvının hareketine karşı pulpanın verdiği cevabın azaltılmasıdır [32,91]. Bu tedavi yöntemlerinin etkinliğini tespit etmek için pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların değerlendirildiği bir meta-analiz ve sistematik derlemede, ajanların etkinlik süreleri ve etki dereceleri birbirinden farklı olsa da hepsinin plasebo ile kıyaslandığında

başarılı sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır [92].

Grosman DH tedavisinde kullanılacak ajanların bulundurması gereken nitelikleri şöyle sıralamıştır [93];

- i. Uzun süre etkisi devam etmeli,
- ii. Pulpayı irrite etmemeli,
- iii. Etkisin kısa sürede gösterebilmeli,
- iv. Uygulamayı yaparken ağrı olmamalı,
- v. Boyama yapmamalıdır.

DH tedavisi evde ve ofiste yapılabilir. Ev tipi tedavilerin maliyeti daha düşüktür, uygulaması daha kolaydır ve aynı anda birçok dişe uygulanabilir. Ofis tipi uygulamalar daha kompleks uygulamalardır ve genelde bir iki dişe spesifik uygulanır [84].

DH tedavisi için kullanılan fiziksel, kimyasal özellikteki ajanlar sinirlerin duyarsızlaşmasını sağlamak ve açığa çıkan tübüleri tıkamak için kullanılmaktadır[4]. Kimyasal ajanların nasıl etki ettiği net olarak bilinmese de sklerotik dentin oluşumunu tetiklediği, peritübüler dentinde mineralizasyon sağladığı, proteinlerde çökelme sağladığı, dentin tübüllerinin giriş kısmında tıkanma sağladığı görülmektedir [94]. Bu kimyasal ajanlara bakacak olursak anti-iltihabi ajanlar [95], potasyum iyonu içeren formülasyonlar [96], kalsiyum hidroksit [97], florit bileşikler [98] olup bunlar literatürde değerlendirilmiş kimyasal ajanlardır.

Fiziksel ajanlar ise dentin üzerinde gözle görülebilen bir tıkaç oluşturarak dentin yüzeyi ve ağız ortamını birbirinden ayırmayı amaçlarlar. DH tedavisinde kullanılmakta olan fiziksel ajanlar; yumuşak doku greftleri, lazerler, simanlar, cilalar, rezinler, kompozitlerdir [4,69,99,100].

Tablo 2.1: Dentin hassasiyeti tedavi stratejileri

1- Sinirin Duyarsızlaştırılması:	Potasyum nitrat				
2- Anti-enflamatuvar Ajanlar:	Kortikosteroidler				
3- Dentin Tübüllerinin Tıkanması veya Örtülmesi:	<table border="1"><tr><td>a)Dentin Tübüllerinin Tıkanması</td><td>b) Dentin Örtücüler</td></tr><tr><td><ul style="list-style-type: none">➤ İyonlar/Tuzlar:i. Kalsiyum hidroksitii. Ferröz oksitiii. Potasyum oksalativ. Sodyum monofluorofosfatv. Sodyum floritvi. Sodyum florit –Stannöz floritvii. Kombinasyonuviii. Stannöz floritix. Stronsiyum klorid➤ Protein Çökelticilerii. Gluteraldehid Formaldehitii. Gümüş nitratStronsiyum klorid heksahidrat Kazein fosfopeptitler Parlatmak (Burnishing) Florit iyontoforezi</td><td><ul style="list-style-type: none">i. Cam iyonmer simanlarii. Kompozitleriii. Rezinleriv. Verniklerv. Örtücülervi. Metil metakrilat</td></tr></table>	a)Dentin Tübüllerinin Tıkanması	b) Dentin Örtücüler	<ul style="list-style-type: none">➤ İyonlar/Tuzlar:i. Kalsiyum hidroksitii. Ferröz oksitiii. Potasyum oksalativ. Sodyum monofluorofosfatv. Sodyum floritvi. Sodyum florit –Stannöz floritvii. Kombinasyonuviii. Stannöz floritix. Stronsiyum klorid➤ Protein Çökelticilerii. Gluteraldehid Formaldehitii. Gümüş nitrat Stronsiyum klorid heksahidrat Kazein fosfopeptitler Parlatmak (Burnishing) Florit iyontoforezi	<ul style="list-style-type: none">i. Cam iyonmer simanlarii. Kompozitleriii. Rezinleriv. Verniklerv. Örtücülervi. Metil metakrilat
a)Dentin Tübüllerinin Tıkanması	b) Dentin Örtücüler				
<ul style="list-style-type: none">➤ İyonlar/Tuzlar:i. Kalsiyum hidroksitii. Ferröz oksitiii. Potasyum oksalativ. Sodyum monofluorofosfatv. Sodyum floritvi. Sodyum florit –Stannöz floritvii. Kombinasyonuviii. Stannöz floritix. Stronsiyum klorid➤ Protein Çökelticilerii. Gluteraldehid Formaldehitii. Gümüş nitrat Stronsiyum klorid heksahidrat Kazein fosfopeptitler Parlatmak (Burnishing) Florit iyontoforezi	<ul style="list-style-type: none">i. Cam iyonmer simanlarii. Kompozitleriii. Rezinleriv. Verniklerv. Örtücülervi. Metil metakrilat				
4- Periodontal Plastik Cerrahi Uygulamaları					
5- Lazerler					
6- Hassasiyeti Olan Dişe Protetik Restorasyon Uygulaması					

2.2.4 Dentin Hassasiyeti Tedavi Stratejileri

2.2.4.1 Fiziksel ajanlar

Rezinler ve Adezivler

DH tedavisinde uzun zamandır rezin ve adezivler dentin tübüllerini örtmek için kullanılmaktadır [100]. Adeziv sistemlerin DH tedavisinde tercih edilmesinin sebebi uzun süreli etkileri nedeniyle. Amaç *smear* tabakasının ortadan kaldırılarak dentin tübüllerinde boşluklar yaratılması ve bu oluşan boşluklara rezinin penetre olmasıdır. Bu oluşan yapı DH tedavisinde etkili sonuçlar sağlar [101]. Uzun süreli etki gösteren bu yapı bozulduğu zaman semptomlar tekrardan ortaya çıkar. Resin ve adezivlerle yapılan tedavi çoğunlukla lokal olarak hissedilen DH şikayetlerinde kullanılır [4].

Lazerler

Lazerler DH'de umut verici tedavi yöntemlerinden biridir. Bu amaçla pek çok farklı lazer sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemler arasında He-Ne, GaAlAs (diyod), Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG ve CO₂ lazerler bulunmaktadır. Son yıllarda özellikle CO₂ ve Er:YAG lazerler DH tedavisinde kullanım alanı bulmuşlardır [102].CO₂ lazerin foto-termal etki ile dentin tübüllerini daralttığı ve tıkadığı bildirilmiştir [103].Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerler ise termomekanik ablasyona sahiptir ve su tarafından yüksek oranda emilirler [104–106] . GaAlAs (diyod) lazerlerin ise tersiyer dentin üretimini çoğaltarak etkili olabileceği düşünülmektedir [107].

Lazerlerin DH tedavisindeki başarıları lazerin cinsine ve kimyasal ajanlar ile kombine uygulamalara bağlı olarak %5 ile %100 arası değerlerde farklılık göstermektedir. Özellikle son on yılda lazerler DH tedavisinde uygulama alanı kazanmışlardır, kimyasal ajanlar ile kombine uygulamaları DH tedavisinde *in vitro* ve *in vivo* değerlendirmelerde başarılı sonuçlar vermektedir [54,102,108].

Periodontal Plastik Cerrahi Tedavi

DH tedavisinde öncelikli tedavi yöntemi olarak akıllara gelmesi de diğer hassasiyet ajanlarının etkisiz olduğu durumlarda kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda DH şikâyeti bulunan hastaların %68'inde diş eti çekilmesi olduğu tespit edilmiştir [70]. Periodontal plastik cerrahi tedavi teknikleri, kök yüzeyinin kapatılması ile birlikte, açığa çıkan tübüllerin kapanmasını sağlar ve DH için estetik kalıcı çözümler sunar.

2.2.4.2 Kimyasal ajanlar

Anti- enflamatuvar ajanlar

Kortikosteroidler

DH tedavisinde kullanılması için kortikosteroid gibi anti-enflamatuvar ajanlar denenmiştir. Dentine tatbik edildiği zaman tübüllerde daralma ve tıkanma gözlenmiştir [109]. Mjor [109], dentin yüzeyine steroid uygulamasının peritübüler dentin mineralizasyonunu arttırdığını tespit etmiştir. Dentin tübül lümeni daralmıştır, böylelikle dentin tübül sıvısı hareketi azalmıştır. Ancak ilgili literatürde etki mekanizmaları net olarak açıklanmamıştır [110].

Sinir duyarsızlaştırılması

Potasyum Oksalat

Potasyum oksalat etkisini kalsiyum iyonlarıyla tepkimeye girerek çözülmeyen kristaller oluşturması ve dentin tübüllerini tıkanması ile gösterir (94). Potasyum oksalat *smear* tabakasının üzerine uygulandığı zaman aside dirençli, *smear* tabakasının fonksiyonunu gören bir tabaka oluşturur [111].

Pillon ve ark. [96] tek uygulama %3'lük potasyum oksalat jelin DH'deki rolünü araştırdıkları çalışmalarında, periodontal tedaviyi takiben dentin yüzeyine tek seferlik uygulanan %3'lük potasyum oksalat jelin DH'de azalmaya neden olduğunu saptamışlardır. DH'deki anlamlı azalmanın ikinci ve cnde haftada da devam ettiği tespit edilmiştir. Ancak potasyum oksalatın sitotoksik etkileri nedeniyle kullanımı sınırlıdır [112].

Dentin tübüllerini tıkayan ya da örten ajanlar

Kalsiyum hidroksit

Kalsiyum hidroksitin DH tedavisinde faydalı etkileri olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur [113,114]. Kalsiyum hidroksit etki mekanizmasını peritübüler dentinde mineralizasyon yaparak ve sekonder dentin uyarımı ile gerçekleştirmektedir. Duyusal sinir aktivitesine direkt etkisi olmadığı söylenmektedir [85,97]. Periodontal tedaviyi takiben açığa çıkan kök yüzeylerine uygulanan kalsiyum hidroksit 1, 2, haftalarda ve 6. ayda hassasiyet giderme etkinliği açısından değerlendirilmiştir. Materyal uygulandıktan sonra 6 ay süreyle etkisini devam ettirdiği gözlemlenmiştir. Ancak alışma popülasyonunun %2'sinde hassasiyet Őikayetinin geçmediği rapor edilmiştir [113,115]. Kalsiyum hidroksit uygulanırken dikkatli olunmalıdır, yüksek miktarlarda yumuşak doku ile temas ettiğinde alkali pH'sı nedeni irritasyona sebep olabilir [113].

Sodyum florit

Lukomsky floriti ilk kez DH tedavisi için kullanmıştır daha sonra Hoyt ve arkadaşları yaptıkları çalışmada floritin tübülleri tıkayarak DH'nin tedavisinde başarılı sonuçlar verdiğini göstermişlerdir [116]. Çeşitli alışmalar açığı çıkan kök yüzeylerinde diş macunu veya topikal formdaki floritin DH'yi azaltmada etkili olduğunu bulmuştur [117,118]. NaF etkisini dentin tübüllerindeki kalsiyum iyonları ile tepkimeye girerek ve kalsiyum florit kristalleri oluşturarak gösterir. zlemeyen bu kristaller açık dentin tübüllerinde tıkanma sağlar [35]. Çökelen bu

kristallerin diş yüzeyine tutunma süresini artırmak için cilalar kullanılmıştır. Kumar ve Mehta dişlere %5'lik NaF cilası uygulamışlar ve uygulama yapılan dişlerin %33'ünde hızlı bir şekilde DH şikayetlerinde rahatlama tespit etmişlerdir [119]. Lan ve arkadaşları fırçalama ile NaF'nin yüzeyden uzaklaştığını ancak peritübüler bölgelerde kaldığını ve açık dentin tübül çaplarını daralttığını göstermişlerdir [120]. Bir diğer çalışmada florit cilasının başarılı sonuçlar verdiği ve etkisinin 24 haftaya kadar sürdüğu rapor edilmiştir [121].

Sodyum florit diş macunu veya topikal ajan olarak değişik konsantrasyonlarda kullanılmaktadır [118,122,123]. Sodyum florit sodyum monoflorafosfat'a göre daha etkili bulunmuştur [94]. Tek bir ajan DH tedavisinde etkili olmayabilir, her birey farklıdır, klinisyenler detaylı bir muayene sonrasında bireye özel yaklaşımda bulunmalıdır.

Kalay florit

Kalay florit sıvı solüsyon veya gliserin jel ile birleştirilerek kullanılabilir [124]. Kalay florit yüksek mineral yapısıyla tübül girişlerinde bir kalsifiye tıkaç oluşturur ve etkisini bu şekilde gösterir [125]. Ayrıca *in vitro* alışmalarda kalay floritin dentin yüzeyine çökeldiği ve açıkta olan dentin tübüllerini tıkadığı gösterilmiştir [126].

Flor iyontoforezi

Topikal floritin daha etkili olması için yapılan bir yöntemdir. Bu teknik genel olarak florür iyonlarının tübül içine penetrasyonlarını elektrik kullanarak artırmayı amaçlamaktadır [127]. Yapılan çalışmalarda %2'lik NaF iyontoferezinin, tek başına kullanılan %2'lik NaF solüsyonundan DH'yi azaltmada daha etkili olduğu bulunmuştur [128].

Formaldehit ve glutraldehit

Dentin hassasiyetinde glutraldehit ve formaldehitin tükürük proteinlerini çökeltme yeteneklerinden ötürü kullanılmıştır [4]. Glutraldehitin serum albümin ile reaksiyona girerek protein çökelttiği ve bu sayede tübüldeki sıvı akışını durduğu görülmüştür [129]. Buna karşın

formaldehitin bir etkisi bulunmamıştır [1]. Bu ajanlar çok kuvvetli fiksatifler olduğundan kullanırken diş dokularına zarar vermemek için çok dikkatli olunmalıdır [4].

Arginin kalsiyum karbonat içeren hassasiyet patı

Bu ajanın geliştirilmesindeki felsefe tükürüğün hassasiyeti gidermedeki doğal yolunun baz alınmasıdır [130], tükürükte mevcut bir amino asit olan arginin, kalsiyum karbonat ve fosfat ile birlikte çalışarak dentin tübüllerinde tıkkama oluşturur. Ağız içine uygulandığı zaman yükü artı olan arginin yükü negatif olan dentin yüzeyine doğru hareket eder. İlerleyen süreçte arginin tükürükte doğal olarak bulunan arginin deaminaz ile deamine edilir. Bunun sonucunda da amonyak açığa çıkar, yüksek alkelen pH'a sahip olan amonyak ağız içerisindeki pH'nın artmasına neden olur ve dentin yüzeyinde ve dentin tübüllerinde kalsiyum fosfat birikmesini destekler [131]. Bu ajanın temel bileşenleri fizyolojik pH'da (pH 6,5-7,5) pozitif yüke sahip aminoasit arginin, pH tamponu olarak kullanılan bikarbonat ve kalsiyum kaynağı olarak kullanılan kalsiyum karbonattır. Bu teknoloji Pro-Argin™ olarak adlandırılmıştır. Dentin tübüllerinde iyi bir kapama sağlayıp DH tedavisinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Arginin içerikli ajanın diğer ajanlara göre üstün olmasının iki sebepten dolayı olduğu düşünülmüş. Birinci olarak içerikte yer alan arginin ve kalsiyumun tükürüğün doğal yapısında bulunması daha sonra da ajanın içeriğinde yer alan arginin ve kalsiyum karbonatın etkisiyle dentin tabakasında ve dentin tübüllerinde dentini anımsatan kalsiyum ve fosfatta oluşan bir katman oluşturmasıdır [130,132].

Petrou ve arkadaşları argininin dentin tübüllerini kapamasını, dentin sıvısının hareketini durdurmasını, oluşan tıkkacın kimyasal içeriğini ve asit ataklarına dayanıklılığı ile pulpadaki basıncı incelemişlerdir [132]. Materyal dentinin açığa çıkmış olduğu bölgeye tatbik edildiğinde bölgede kalsiyum fosfat iyonları ve tükürükte bulunmakta olan glikoproteinler dentin yüzeyinde bir tabaka oluşturmuştur. Kalsiyum karbonatın açık dentin tübüllerine yönlendirilmesinde argininin görev aldığı ortaya çıkmıştır. Bu tabaka doğal bir şekilde oluştuğunda asit ataklarına ve fırçalamaya karşı dayanıksızdır fırçalama ve asit ataklarla kolayca ortadan kalkar. Hassasiyet giderici arginin kalsiyum karbonat içeren pat asit ataklarına karşı güçlendirici etkiye sahiptir [132].

1450 ppm flor ile kombine kullanılan bu macunların hassasiyeti belirgin derecede azalttığı ve dentin tübüllerinin arginin, kalsiyum-karbonat ve fosfatla tıkandığı 8 haftalık klinik bir çalışmayla tespit edilmiştir [133]. Uygulama olarak dişlerin günde 2 kez fırçalanması ve haftada 1 dakikalık topikal uygulamalar önerilmektedir [133].

Schiff ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada diş yüzeyi temizliği yapılan hastalara %8 arginin-kalsiyum karbonat içerikli hassasiyet patı ve başka içeriğe sahip hassasiyet patı uygulanmıştır. Uygulamayı takiben yapılan testlerde dokunma ve hava uyarana karşı arginin grubunda 4. haftada yapılan incelemede diğer gruba kıyasla DH'nin azalmasında istatistiksel olarak anlamlı üstünlük bulunmuştur. 12. haftada yapılan incelemede ise gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır [134].

Başka bir klinik çalışmada, kontrol grubu olarak belirlenen gruba profesyonel diş temizliği işlemi öncesinde polisaj patı uygulanmış, test grubuna ise %8 arginin kalsiyum karbonat içerikli pat uygulanmıştır. Araştırmadan çıkan sonuçlara göre test grubunda başlangıca göre hassasiyet şikayetlerinde anlamlı azalma görülmüştür ve kontrol grubu ile karşılaştırıldığında %8 arginin kalsiyum karbonat içerikli pat grubunun istatistiksel olarak anlamlı üstünlüğü tespit edilmiştir [135].

Argininin uzun dönem etkilerini araştıran az sayıda çalışma mevcuttur ve yapılan çalışmalar genellikle 3 aylık sonuçları içermektedir ve bu çalışmalarda da 3 ay sonunda etkilerin azalarak başlangıç seviyelerine kadar düştüğü görülmüştür [134,136,137]. Konu araştırmaya açıktır ve bu ajanla ilgili yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır [134].

Nano hidroksiapatit

Nano hidroksiapatit kalsiyum ve fosfat rezervuarı olarak rol oynar ve diş minesinin bu bileşikler ile doymasını sağlar, diş remineralizasyonunda rol oynar [138]. Ayrıca nanohidroksiapatidin

tükürkte kalsiyum konsantrasyonlarını da arttırdığı saptanmıştır (139). Bu bilgiler bu ajanın, dentin tübüllerini tıkamada kullanılabileceğini düşündürmüştür ve konu ile ilgili *in vitro* çalışmalar yapılmıştır [103,140–142].

Yapılan birçok çalışmada dentin tübül tıkamasında yüksek potansiyeli olan bir ajan olduğu görülmüştür [141–143].

Bennett ve arkadaşları nanohidroksiapatid, sodyum monoflorafosfat ve NovaMin içeren diş macunlarının dentin tübül tıkama kapasitesini TEM'de incelemiştir [141]. Nanohidroksiapatid ve NovaMin içeren diş macunları dentin tübüllerinin tıkanmasında sodyum monoflorofosfat grubuna göre daha başarılı bulunmuştur [141].

Huang ve arkadaşları [144,145] %10'luk nano hidroksi apatit solüsyonun çürük lezyonlarını remineralize edebildiği tespit edilmiştir ayrıca Nano hidroksi apatitin kalsiyum-fosfat rezervuarı olarak çalışıp demineralizasyonu azaltırken remineralizasyonu artırdığı ileri sürülmüştür.

Nano hidroksiapatit içeren hassasiyet ajanları güncel literatürde umut verici olarak ifade edilmektedir [51,140,141,146]. King ve arkadaşları [147], minede yapay çürük lezyonlarının remineralizasyonu üzerine n-HAp içeren ve 1100 ppm NaF içeren iki farklı diş macunun etkinliğini karşılaştırmıştır. 10 günlük pH döngüsündeki azalmalar incelendiğinde, %10'luk n-HAp içeren diş macunun 1100 ppm NaF içeren diş macunuyla benzer etkiyi gösterdiği sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, nano hidroksiapatitin DH tedavisinde etkinliği ile ilgili kesin bir sonuç bulunmamaktadır ve konu araştırmaya açıktır.

Kimyasal ajanların uygulama yöntemleri

Son yıllarda yapılan klinik çalışmalarda, DH tedavisinde kullanılan kimyasal ajanların farklı uygulama teknikleri ile uygulanması sonucunda hassasiyetin giderilmesinde pozitif sonuçlar elde edilebileceği öne sürülmüştür [43–45]. Tüm ağız fırçalamadan önce hassas bölgelere doğrudan hassasiyet giderici ajanın uygulanmasını araştıran çalışmalar, 'odaklı fırçalama' olarak adlandırılan, hassas dişleri önce belirli bir süre boyunca fırçalamanın veya diş macununu etkilenen dişlere parmakla masaj yaparak uygulamanın avantajını göstermiştir [45]. Creeth ve

arkadaşları [46] geleneksel tüm ağız fırçalama yöntemi ile bu yönteme ilave olarak hassasiyet giderici ajanın parmak ucu ile lokal olarak uygulanmasının, tek başına tüm ağız fırçalama yöntemine göre DH'de anlamlı azalma gösterdiğini bildirmişlerdir [47,48]. Odaklı fırçalama yöntemi araştırmaya açıktır, herhangi bir *in vitro* çalışmada bu yöntem kullanılmamıştır.

Dentin tübül penetrasyon derinliğinin lazer taramalı konfokal mikroskop ile incelenmesi

DH şikâyeti olan dişlerde geçirgenlik fazladır. DH için kullanılacak ajanların tübüllere iyi bir şekilde penetre olması tedavi başarısı açısından önemlidir. İyi bir şekilde sağlanan dentin penetrasyonu dentin sıvısının hareketinin azalmasında ve dentin geçirgenliğinin azalmasında etkili sonuçlar vermesi beklenmektedir [148–150].

Dentin tübüllerine penetrasyon derinliğinin incelenmesinde TEM sık kullanılan yöntemlerden biridir. Ancak TEM yönteminde numuneler işlemiden önce altınla kaplanmalıdır, bu süreçte kimi zaman numuneler zarar görebilir. Numunelerin incelenmesi sırasında yüksek büyütme yapılmaması örneğin genelinin incelenmesini engeller [151].

Dentin tübüllerine penetrasyon derinliğinin incelenmesinde artık yaygın olarak LTKM kullanılmaktadır. LTKM'nin kullanılmasının bize çeşitli faydaları vardır. Öncelikle, LTKM az miktarda bir büyütme ile numune yüzeyinin geniş bir alanının görülmesine imkân sağlar. LTKM'nin görüntü elde etmesi için numuneye zarar veren bir uygulama gerekmez ve numunelerin bütünlüğü daha iyi korunur. LTKM'de görüntülerin üst üste binmesi durumu çok az gözlenir. LTKM'de geniş alanların kolayca değerlendirilmesinde kullanılan floresans maddelerin katkısı da büyüktür [152].

LTKM ile opak, kalın, suni preparatlar da incelenebilir. Örnekler ince olmak zorunda değildir.

LTKM:

- i. Değişik düzlemlerden alınan kesitlerle örneklerin 3 boyutlu şekilde izlenilmesine imkân sunar.
- ii. Yüksek çözünürlük sağlar.

- iii. Görüntüleri saklayıp ölçüm yapılmasına olanak sağlar.
- iv. Optik kesitler sağlar.

Böylelikle nicel analizler yapılabilmektedir [153].

Literatür değerlendirildiğinde DH'nin tamamen ortadan kaldırılması veya kalıcı tedavi sağlanmasının hala mümkün olmadığı görülmüştür. Ayrıca çözüme ulaştırılamayan DH, mikrobiyal biofilm kontrolünü güçleştirerek, dişeti ve periodontal hastalıklar ile birlikte çürük riskini de arttırmaktadır [154]. Bu kapsamda, hastaların bireysel uygulamaları DH'nin önlenmesi için en basit ve birincil yöntemdir. DH'nin tedavisinde bireysel yöntemlerle kullanılan ajanların uygulama yolları farklılık gösterebilir. Son yıllarda yapılan klinik çalışmalarda, hassasiyetin giderilmesinde özellikle parmak ucu uygulaması ile odaklı fırçalama yöntemi de araştırılmaktadır. Tüm ağız fırçalamaya ilave olarak odaklı fırçalama yöntemi ile hassasiyet giderici ajanın lokal olarak uygulanması sonucunda, tek başına tüm ağız fırçalama yöntemine göre DH'de anlamlı azalma görüldüğünü bildiren klinik çalışmalar mevcuttur [43–45].

Literatürde konu ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, net olarak DH'nin tedavisinde kesin etkisi kanıtlanmış, ucuz, hasta tarafından ulaşılabilir ve uygulaması kolay bir ajan bulunmamaktadır. Bu nedenle, farklı hassasiyet giderici ajanların etkinliğinin değerlendirildiği *in-vitro* ve *in-vivo* çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu araştırmada dentin hassasiyetin önlenmesi ve tedavisinde önemli bir yere sahip olan farklı hassasiyet ajanları yeni bir yöntem olan odaklı fırçalama yöntemi ile uygulanacak ve sonrasında bu ajanların dentin tübüllerine penetre olabilme kabiliyetleri *in vitro* olarak LTKM ile araştırılacak ve ajanların birbirlerine üstünlükleri değerlendirilecektir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu *in vitro* çalışmada, çekim endikasyonu olan, 25-30 yaş aralığındaki hastalardan elde edilen 10 adet gömülü 3. molar dişi kullanıldı. Alt ve üst çeneden elde edilen dişlerin gruplara dağılımının eşit olmasına dikkat edildi. Diş çekim endikasyonu olan hastalar öncelikle çekilecek dişleri ile ilgili bilgilendirildi ve yapılacak çalışmanın detayları anlatıldı. Hasta onam formları imzalandıktan sonra diş çekimleri yapıldı. Çalışma protokolü Altınbaş Üniversitesi Etik Kurulu tarafından onaylandı (Onay Tarihi:17 Haziran 2021. Karar No:12).

3.1 ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

Çekilen dişler deney gününe kadar bakteri üremesini engellemek amacıyla timol kristalleri içeren distile su içerisinde + 4° de saklandı. (Şekil 3.1.1)



Şekil 3.1 Çekilen dişlerin +4°C'deki timolde saklanması.

Deney, diş çekimlerini takiben en fazla 3 ay sonra gerçekleştirildi. Deney materyalleri Altınbaş Üniversitesi Sert Doku Araştırma Laboratuvarında hazırlandı. 8 adet çekilmiş diştten yüksek

devirli elektrikli testere (IsoMet; Buechler Ltd., Lake Bluff, IL, Amerika Birleşik Devletleri) ile 3mm kalınlığında kesitler alındı (Şekil 3.1.).



Şekil. 3.2 Yüksek Devirli Elektrikli Testere Buehler Introduces IsoMet™ High Speed - An Advanced Precision Cutter.

İlk olarak mine-sement sınırından yatay bir kesi yapılarak kök ve kuron ayrıldı. Mine-sement sınırının 3 mm apikalinden, ilk kesiye paralel, yatay bir kesi daha yapıldı (Şekil 3.1.3).



Şekil 3.3 Hazırlanan kesitlerin görüntüleri

Daha sonra, 3 mm'lik parça, dişin uzun aksına paralel olacak şekilde, dikey bir kesi ile iki eşit parçaya ayrıldı ve toplamda 15 örnek elde edildi (Şekil 3.1.4).



Şekil 3.4 Hazırlanan dentin diskleri.

Örnekler üzerindeki sement tabakası elmas frezler ile yüksek devirli döner alet kullanılarak su soğutması altında uzaklaştırıldı (Şekil 3.1.5).



Şekil 3.5 Sement tabakasının elmas frezler ile kaldırılması

Dentin tübüllerini açığa çıkarmak için örneklerin yüzeyine 5 dakika süre ile %1'lik sitrik asit uygulanarak *smear* tabakası kaldırıldı, yüzeyler distile su ile yıkanıp kurutuldu. Elde edilen 15 adet dentin örneği 3 eşit gruba ayrıldı.

3.2 ÇALIŞMA GRUPLARI

Grup	Örnek sayısı	İşlem
I	5	Örneklere standart florürlü 1000 ppm florür içerikli macun uygulandı.
II	5	Örneklere %8 arginin-kalsiyum karbonat kombinasyonu içeren diş macunu uygulandı.
III	5	Örneklere nano-hidroksiapatit içeren diş macunu uygulandı.

Tablo 3.1 Çalışma grupları.



Şekil 3.6 Çalışmada kullanılan macunlar.

3.3 HASSASİYET AJANLARININ UYGULANMASI

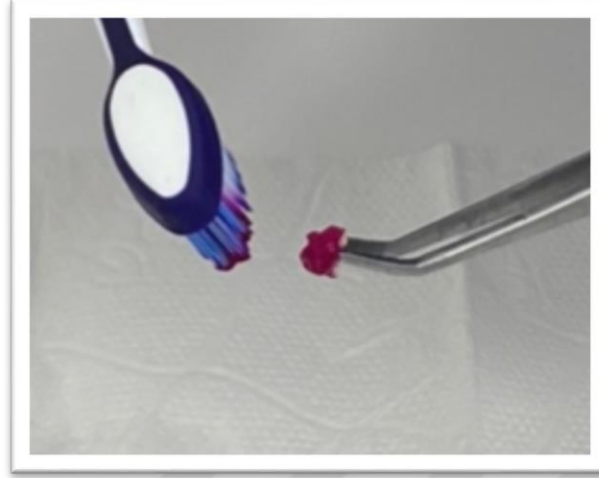
İlgili ajanlar, önce LTKM cihazında görüntülenebilmeleri için Rhodamine B izosiyanat paketinden çıkan mikro fırça ile 15 sn. karıştırıldı (Şekil 3.3.1). Hazırlanan ajanlar parmak ucuna bezelye büyüklüğünde alınarak 60 sn süre ile önce parmak ucu uygulaması yapıldı (Şekil 3.3.2), sonrasında aynı ajanlar 30 sn süre ile fırça uygulaması ile tekrar tatbik edildi (Şekil 3.3.3). Uygulama sonrası hava sıkılarak artık kalan ajanlar uzaklaştırıldı ve inceleme için örnekler 24 saat kurumaya bırakıldı.



Şekil 3.7 Ajanların Rhodamine B ile karıştırılması.



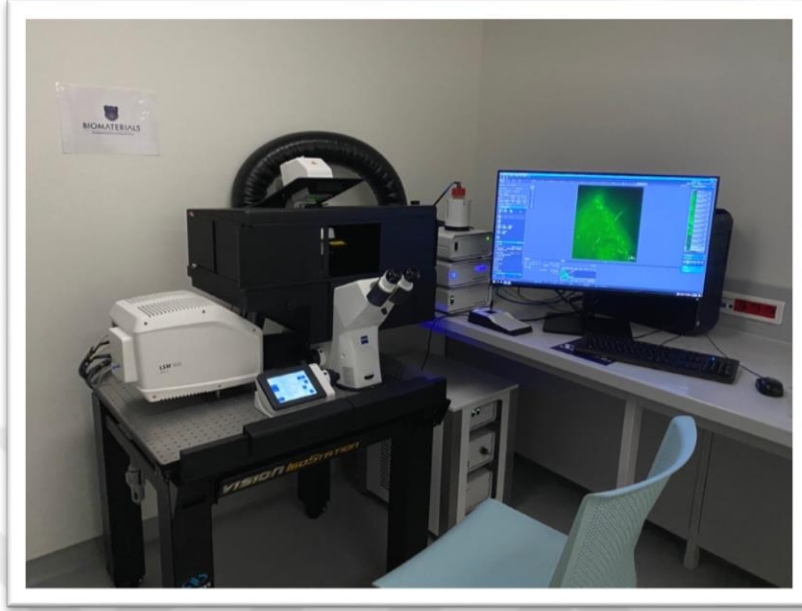
Şekil 3.8 İlgili ajanların parmak ucu yöntemi ile uygulanması.



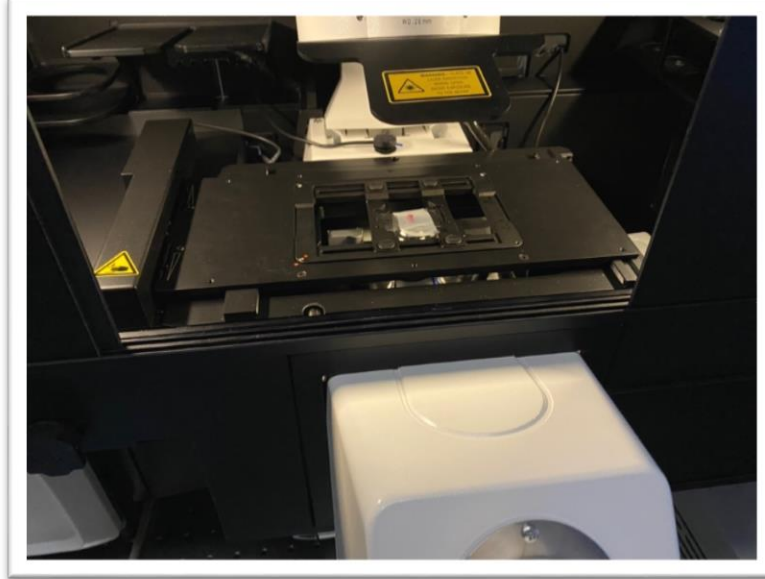
Şekil 3.9 Ajanların fırça ile tatbiki.

3.4 LTKM İNCELEMESİ

Uygulanan maddelerin tübül penetrasyonunun incelenmesi için LTKM cihazı kullanıldı. LTKM ile görüntü elde edebilmek için Rhodamine B izosiyanat (*ISOLAB chemicals*, Almanya) boyasından faydalanıldı. Görüntü temini için floresan ayarında *Zeiss LSM 900* lazer taramalı konfokal mikroskop cihazından faydalanıldı. Helyum Neon lazerinden ışık kaynağı olarak fayda sağlandı. Uyarma ışığının dalga boyu 543 nm, objektif olarak kullanılan *Plan-Neofluar 20X/0.5*'dir. Kaydedilen görüntünün boyutu 460,68 x 460,68 μ m ve çözünürlük 512 x 512 pikseldir. Tüm görüntülerin penetrasyon derinliği ölçümünde *Zeiss LSM Image Browser* programı kullanıldı. Bütün değerlendirmeler aynı araştırmacı tarafından yapıldı.



Şekil 3.10 Zeiss LSM 900 lazer taramalı konfokal mikroskop.



Şekil 3.11 Numunenin konfokal mikroskop içindeki görüntüsü.

3.5 İSTATİSTİKSEL İNCELEMELER

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 (IBM SPSS, Türkiye) programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov Smirnov ve Shapiro Wilks testleri ile değerlendirildi. Normal dağılım gösteren parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Oneway Anova testi ve farklılığa neden çıkan grubun tespitinde Tukey HSD testi kullanıldı. Normal dağılım göstermeyen parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi, farklılığa neden çıkan grubun tespitinde Dunn's test kullanıldı. G*Power programı kullanılarak yapılan Power analizi sonucunda penetrasyon değeri için effect size d (etki boyutu):1.098, standart sapması 4.6, Power:0.80 ve α :0.05 için tespit edilen örneklem sayısı her grup için minimum n=4 olarak saptandı. Anlamlılık $p < 0,05$ düzeyinde değerlendirildi.

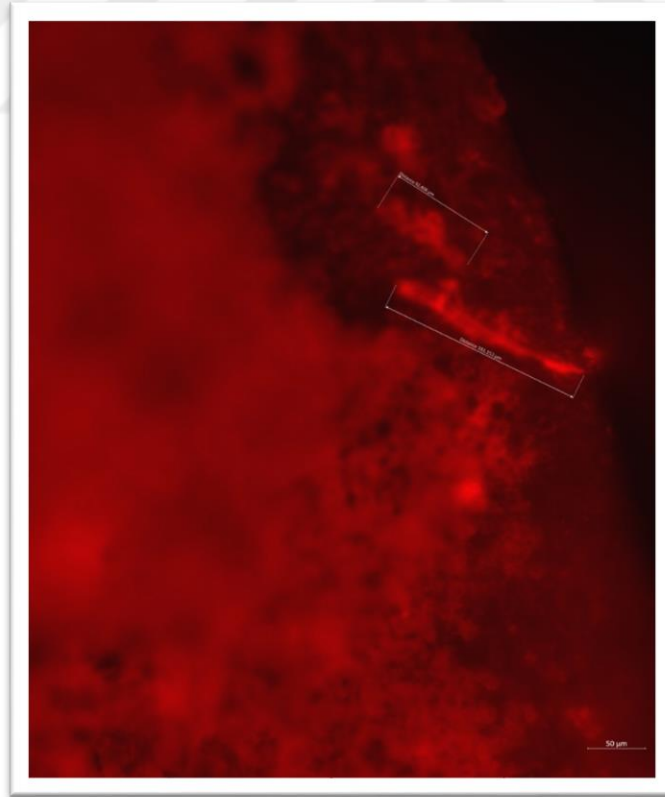
4. BULGULAR

4.1 LTKM GÖRÜNTÜLERİ

Uygulamalar yapıldıktan sonra Zeiss LSM Image Browser programı ile uygulanan ajanların penetrasyon derinlikleri ölçüldü. Örneklerden çıkan sonuçlardan ortak net mesafe uzunluğu olarak 50 µm belirlendi (51,52,155). Yanılsamaların önüne geçmek için her numunede en iyi gözükene 50 µm lik alanda ölçümler yapıldı.

4.1.1 Grup 1 (NaF Uygulaması)

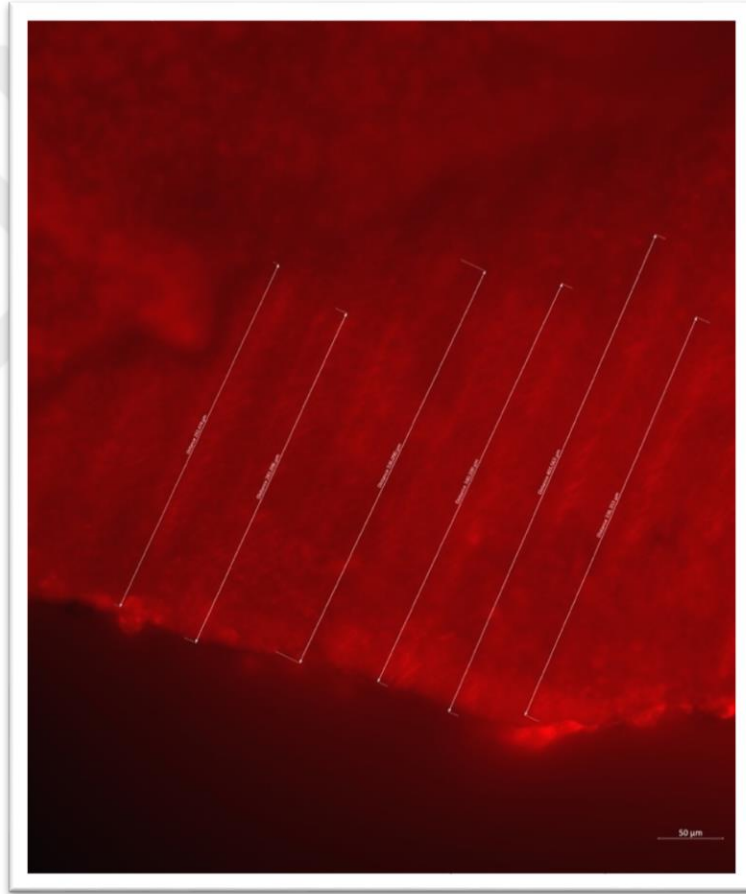
NaF içeren diş macunu uygulanan örneklerin LTKM görüntüleri incelendiğinde NaF'nin dentin tübüllerine penetre olduğu görülmektedir (Şekil 4.1.1.1).



Şekil 4.1 Uygulama sonrası dentin tübüllerine penetre olan NaF'nin penetrasyon derinlikleri ve ölçümleri.

4.1.2 Grup 2 (%8 Arginin-Kalsiyum Karbonat Uygulaması)

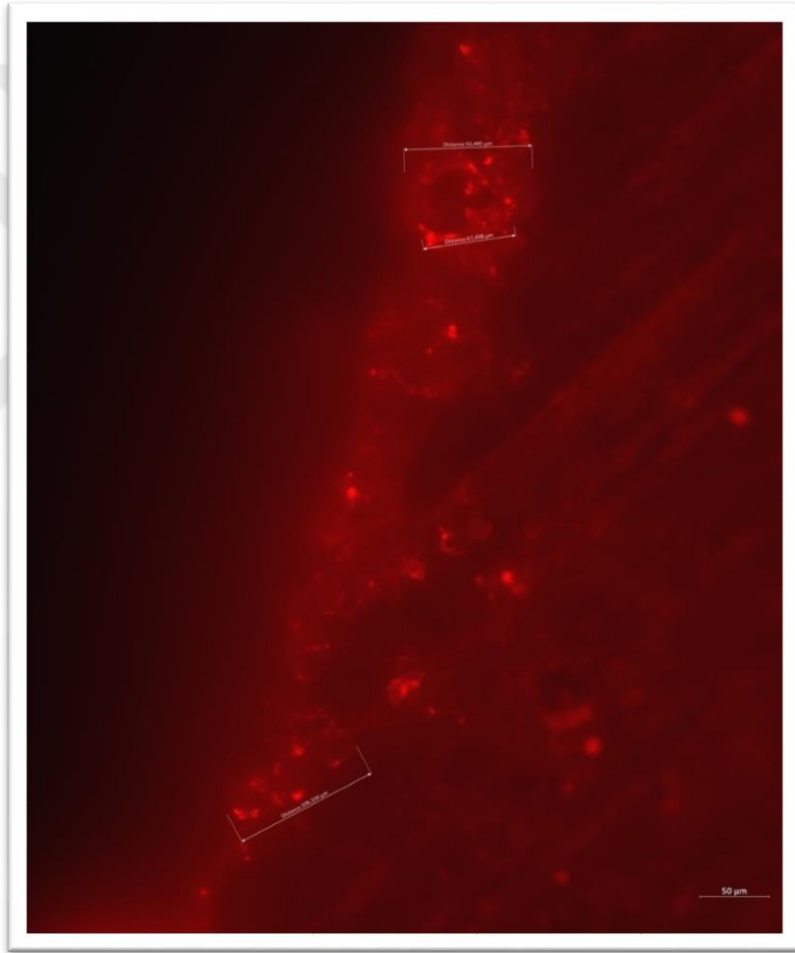
%8 Arginin – Kalsiyum karbonat içeren diş macunu uygulanan örneklerin LTKM görüntüleri incelendiğinde arginin dentin tübüllerine penetre olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2 Uygulama sonrası dentin tübüllerine penetre olan arginin'in penetrasyon derinlikleri ve ölçümleri.

4.1.3 Grup 3 (Nano Hidroksi Apatit Uygulaması)

Nano hidroksi apatit içeren diş macunu uygulanan örneklerin LTKM görüntüleri incelendiğinde nano hidroksi apatitin dentin tübüllerine penetre olduğu görülmüştür.



Şekil 4.3 Uygulama sonrası dentin tübüllerine penetre olan nano hidroksi apatit'in penetrasyon derinlikleri ve ölçümleri.

4.2 PENETRASYON DEĞERİ

Uygulanan ajanların dentin tübüllerine penetrasyonu LTKM incelemesi sonrasında *Zeiss LSM Image Browser* programı kullanılarak ölçüldü. Ajanların grup 1, 2 ve 3 için penetrasyon derinlik değerleri sırası ile $148.68 \pm 7.58 \mu\text{m}$, $322.52 \pm 14.47 \mu\text{m}$ ve $173.67 \pm 5.54 \mu\text{m}$ olarak bulunmuştur. Grup II'nin penetrasyon derinliği diğer gruplara nazaran istatistiksel olarak anlamlı yüksektir ($p=0.000$). Gruplara göre penetrasyon derinliği değerlerinin ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 4.1 Gruplara göre penetrasyon değerlerinin ortanca, ortalama ve standart sapma değerleri.

Grup	Penetrasyon Derinliği Ortalama \pm Std. Sapma
1	148.68 ± 7.58
2	322.52 ± 14.47
3	173.67 ± 5.54
p#**	0.000**

*Değerler ortalama standart sapma olarak verilmiştir.
** $p < 0.05$ değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.
One way Anova testi ile elde edilmiştir.*

Yapılan istatistiksel analizde 3 grup arasında farklılık olduğu tespit edilmiştir. Hangi grupların farklılık gösterdiğini saptamak amacıyla Bonferroni post-hoc testi yapılmıştır. Bunun sonucunda Grup 1 ve 2, Grup 1 ve 3, Grup 2 ve 3 arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu saptanmıştır ($p < 0.017$). Gruplar arası penetrasyon derinliği kıyaslamalarının ikili gruplar halinde değerlendirilmesi Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 4.2 Gruplar arası penetrasyon derinliği kıyaslamalarının ikili gruplar halinde değerlendirilmesi.

Gruplar	p#*
1-2	0.000*
1-3	0.006*
2-3	0.000*

** $p < 0.017$ değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.
Bonferroni post-hoc testi ile elde edilmiştir.*

Tablo 4.3 Gruplara göre penetrasyon değerlerinin ortanca, ortalama ve standart sapma değerleri ve gruplar arası penetrasyon derinliği kıyaslamalarının ikili gruplar halinde değerlendirilmesinin tek tabloda birlikte görünümü.

Grup	Penetrasyon Derinliği Ortalama \pm Std. Sapma	Gruplar	p###*
1	148.68 \pm 7.58	1-2	0.000*
2	322.52 \pm 14.47	1-3	0.006*
3	173.67 \pm 5.54	2-3	0.000*
P#**	0.000**		
<p><i>Değerler ortalama standart sapma olarak verilmiştir.</i> <i>**p<0.05 değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.</i> <i>#One way anova testi ile elde edilmiştir.</i></p>		<p><i>Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir.</i> <i>*p<0.017 değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.</i> <i>##Bonferroni post-hoc testi ile elde edilmiştir.</i></p>	

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

DH birtakım nedenlerle açığa çıkmış dentinin kimyasal, ozmotik, dokusal termal etkenlere maruz kalmasıyla meydana gelen; dişte olan herhangi bir kusurdan bağımsız olan, kısa süreli, yeri iyi tespit edilebilen keskin bir ağrı olarak tanımlanır [1,131]. DH şikâyeti olan dişlerde açığıdaki tübül sayısının ve çapının daha fazla olduğu tespit edilmiştir [1]. Hidrodinamik teorinin bize aktardığına göre DH'ye sebep olan çeşitli etkenlerin pulpaya taşınmasında dentin tübüllerinin görevi büyüktür [57]. Bu durumdan dolayı DH tedavisinde istenilen tübüllerin kısmen ya da tamamen tıkanmasıdır. Bu yaratılan etkinin uzun süre kalması ve ağız içi değişkenlerden minimum etkilenmesi istenilmektedir. İdeale yakın etkisi uzun sürecek ve başarılı bir tedavi sağlayacak tedavi biçimini bulmak için araştırmalar sürmektedir.

DH toplumda yaygın görülen bir problemdir. Çalışılan popülasyonlarda genellikle popülasyonun %8-35'inde DH şikâyeti bulunmaktadır [68]. Bir diğer araştırmada periodontal hastalığa sahip bireylerde %72,5 ile %98 değerleri arasında değişen DH şikâyeti tespit edilmiştir. Genel diş hekimliği kliniğine başvuran hastalar ile periodontoloji kliniğine başvuran hastalar DH görülme sıklığı açısından değerlendirildiğinde, periodontitisli bireylerde (%60,3), periodontal sağlıklı bireylere göre (%42,4) daha yüksek oranda DH şikâyeti tespit edilmiştir [76]. DH'nin en yaygın sebebi diş eti çekilmesi ve bunu takiben dentin tübüllerinin ağız ortamıyla ilişkili hale gelmesidir [69]. DH şikâyeti bulunan dişler incelendiğinde %68'inde diş eti çekilmesi tespit edilmiştir, sadece %25'lik bir kısmında atrizyon, erezyon veya abrazyon görülmüştür [70].

Grossman'a göre ideal hassasiyet giderici ajanda bulunması gerekenler; pulpal irritasyondan uzak durmalı, uygulaması kolay olmalı, ajanı uygulama işlemi ağrısız olmalı, uzun süre etkili olmalı, dişi boyamamalıdır [93]. Çeşitli tedavi yöntemleri DH tedavisinde farklı başarılarla kullanılmıştır ancak günümüze değin altın standart bir tedavi yöntemi bulunamamıştır [156].

DH teorileri arasında en kabul görmüş olan teori hidrodinamik teoridir. Bu teoriye göre dentin tübüllerindeki sıvının hareketi pulpanın dış sınırında yer alan sinir liflerini uyarır bu uyarı sonucunda da kısa keskin bir ağrı oluşur. Dentin tübüllerinde bulunan sıvının hareketine ozmotik, termal, kimyasal gibi uyarılar sebep olabilir [57]. Dentin tübüllerinin tıkanması bu sıvının hareketini engelleyip DH semptomlarını giderebilir [149]. DH'nin tedavisinde izlenecek yöntemler tübüllerin tıkanması ve sinir blokajı sağlanmasıdır [157].

DH ile ilgili yapılan bir derlemede klinik çalışmalarda ciddi anlamda plasebo etkisi ile karşılaşmıştır [158–161]. Laboratuvar çalışmalarında hasta faktörü elimine edildiği için daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir. Laboratuvar çalışmalarında dentinin morfolojik detayları, kullanılan ajanların tübül tıkanma etkileri veya tübüller üzerindeki örtücü etkileri incelenebilir [49]. Bu çalışmada gömülü 20 yaş dişlerinden elde edilen dentin disklerine hassasiyet giderici macunlar uygulanarak LTKM ile bu macunların tübüllere penetrasyon derinlikleri incelenmiş ve literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Dentin tübül çapının ve sayısının etkilendiği faktörler arasında yaş ve dentin sklerozu sayılabilir [60,62]. Dentin tübüllerinin ağız ortamından etkilenmemesi için ağız ortamıyla bağlantısı olmayan gömülü 20 yaş dişleri çalışmada kullanılmıştır. DH ile ilgili daha önce yapılan çalışmalarda da benzer olarak çok köklü dişler kullanılmıştır [102,162,163]. Yaptığımız çalışmada dişlerden elde edilen diskler mine sement sınırından ve mine sement sınırının 3mm apikaline paralel olacak şekilde hazırlandı. Dentinin yapısal farklılıklarından kaçınmak için dişlerin 1/3 servikal bölgesinden standart örnekler hazırlandı. Örneklerin bu şekilde hazırlanması DH'nin %93 oranında servikal bölgede yoğunlaşması ile açıklanabilir [70].

Bu çalışmada, 8 adet yeni çekilmiş ve çürük bulundurmeyen, apikal erişkinliğe ulaşmış 3. molar dişlerinden faydalanıldı. Diş seçimlerinin alt ve üst çeneden yakın sayılarda olmasına özen gösterildi. Çekim sırasında kırık ve çatlak meydana gelen dişler araştırmaya dahil edilmedi. Gömülü diş kullanılması ile dentinin ağız ortamıyla teması sonucunda dentin tübül çaplarında meydana gelecek değişikliklerin önüne geçildi ve yapılacak çalışmada belli bir standart ve

homojenlik sağlanmasına çalışıldı.

Çalışma sırasında dişlerin sterilizasyonu oldukça önem taşımaktadır. Bu konu için gerekli dikkat ve özen gösterilmezse çapraz enfeksiyon riski ortaya çıkabilir. Sterilizasyon için tavsiye edilen ürünler; sodyum hipoklorit, gluteraldehit, formaldehit, kloramin T, distile su ve timoldür [164]. Bu çalışmada timol solüsyonu kullanıldı. Timolün tercih edilmesinin sebebi dişlerin mevcut sertliğinin muhafaza edilmesi ve mikro organizmaların çoğalmasının önüne geçilmesidir [165].

In vitro deneylerde kullanılacak olan örnekler hazırlanırken örneklerle çeşitli kesim işlemleri uygulanır. İşlem esnasında dentin yüzeyinde mineral parçaları ve kollajen içerikli bir *smear* tabakası meydana gelir [166]. Bu *smear* tabakası dentin tübüllerindeki açıklıkları tıkar, tıkanmanın önüne geçmek için preparatlara çeşitli işlemler yapılır. Dentin yüzeyine yapılan asitlendirme işleminden sonra farklı derecelerde kalsifikasyonlar görülmüştür (167). Bu işlem için tercih edilen materyaller; %37 fosforik asit [168], %1 sitrik asit [169], ve %6 [170] lık sitrik asittir. Dentin hassasiyetine sahip dişin tübül açıklığına yakın sonuçlar için en çok tercih edilen ajan %1 sitrik asit ve kök yüzeyi düzleştirme işlemidir [171]. Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada da %1'lik sitrik asit solüsyonu kullanılmıştır ve bu ajan dentin disklerine 5 dk süreyle uygulanmıştır.

Son yıllarda yapılan klinik çalışmalarda, DH tedavisinde kullanılan kimyasal ajanların farklı uygulama teknikleri ile uygulanması sonucunda hassasiyetin giderilmesinde pozitif sonuçlar elde edilebileceği öne sürülmüştür [43–46]. Tüm ağız fırçalamadan önce hassas bölgelere doğrudan hassasiyet giderici ajanın uygulanmasını araştıran çalışmalar, 'odaklı fırçalama' olarak adlandırılan, hassas dişleri önce belirli bir süre boyunca fırçalamanın veya diş macununu etkilenen dişlere parmakla masaj yaparak uygulamanın avantajını göstermiştir [45]. Creeth ve arkadaşları [46] geleneksel tüm ağız fırçalama yöntemi ile bu yönteme ilave olarak hassasiyet giderici ajanın parmak ucu ile lokal olarak uygulanmasının, tek başına tüm ağız fırçalama yöntemine göre DH'de anlamlı azalma gösterdiğini bildirmişlerdir [47,48]. Odaklı fırçalama yöntemi araştırmaya açıktır, herhangi bir *in vitro* çalışmada bu yöntem kullanılmamıştır. Çalışmamız bu anlamda literatüre katkı sağlayacaktır.

LTKM biyoloji ve malzeme bilimlerinde başarılı görüntüler veren bir yöntemdir. Bu mikroskop türü ışık mikroskobu ve elektron mikroskobunun ara formu niteliğindedir. TEM ile elde edilen görüntüleri, TEM'deki örnek hazırlama zorluklarının büyük kısmı olmadan elde edebilir. LTKM'nin optik mikroskoplara üstünlüğü optik mikroskoplarda sadece odak noktasında net görüntü elde edilirken, LTKM de floresan niteliğinden dolayı odak noktası dışındaki alanlarda da başarılı ve 3D görüntü elde edilir [172]. Cihazın floresan ve floresans olmayan olmak üzere iki modu vardır. Yapmış olduğumuz çalışmada floresans özellikli boya tatbik edilmiş olan numuneler, floresans mod kullanılarak, LTKM'de incelenmiş ve ajanların tübüllere penetrasyon derinlikleri tespit edilmiştir. Numuneler LTKM yerine TEM ile incelendiğinde çeşitli sorunlar ile karşılaşılabilir. Örneğin TEM için numunelerin ikiye ayrılması gereklidir, yine görüntü elde edilebilmesi için gerekli iletken madde örnek üzerine sürülmelidir. Ayrıca işlemler sırasında kesici alet ile numunenin kesilmesi gerektiği için numune kırılıp zarar görebilir. Tüm bu faktörler araştırma sonuçlarının hatalı olarak ortaya çıkmasına neden olabilir. Tüm bu nedenlerden dolayı, bu çalışmada *in vitro* olarak örneklerin değerlendirilmesinde LTKM yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmada LTKM floresans modda kullanılmıştır. LTKM; floresans modda, floresans Rhodamine B izotiyosiyanat uygulanmış maddelerin dentin tübülleri içerisindeki penetrasyon derinliği hakkında detaylı bilgi verir [146]. LTKM kullanılan ve farklı ajanların *in vitro* penetrasyon derinliğinin incelendiği az sayıda çalışma bulunmaktadır [51,52,146,155,169].

Bizim çalışmamızda NaF içerikli, arginin kalsiyum karbonat içerikli ve nano hidroksiapatit içerikli hassasiyet giderici macunlar kullanılmıştır. Bu ajanlar Rhodamine B izotiyosiyanat boyası (ISOLAB chemicals, Almanya) uygulanmış, floresans modda çalışma yapılmıştır. Grup I'nin $148.68 \pm 7.58 \mu\text{m}$, grup II'nin $322.52 \pm 14.47 \mu\text{m}$, grup III'ün $173.67 \pm 5.54 \mu\text{m}$ kadar penetre olduğu tespit edilmiştir.

Petrou ve ark. argininin dentin tübüllerindeki tübül tıkama etkisini değerlendirdikleri *in vitro* çalışmada arginin ve kalsiyum karbonatın dentin tübülleri içerisinde çökeldiğini saptamıştır.

Kunam ve arkadaşları [51], tavuk yumurta kabuğundan elde ettikleri nano hidroksiapatit tozunun tek başına ve %2 NaF kombinasyonu ile tübül tıkama ve penetrasyon derinliğini TEM ve LTKM’de incelemişlerdir. Tüm deneysel ajanlar değişen derecelerde ve derinlikte dentin tübüllerini tıkamıştır. Nano hidroksiapatit tozu ve %2 NaF kombinasyonu dentin tübüllerini tümüyle tıkarırken, penetrasyon derinliği tek başına nano hidroksiapatit tozu ve %2 NaF uygulamasından daha fazladır. %2 NaF, nano hidroksiapatit tozu ve nano hidroksiapatit tozu ve %2 NaF kombinasyonu uygulamaları sonucu elde edilen penetrasyon derinlikleri sırasıyla $154.09 \pm 25.16 \mu\text{m}$, $260.21 \pm 22.96 \mu\text{m}$ ve 356.66 ± 24.51 ’dir.

Bizim çalışmamızdaki NaF diş macunu ve nano hidroksiapatit gruplarındaki x20 büyütmedeki penetrasyon derinlikleri sırasıyla $148.68 \pm 7.58 \mu\text{m}$ ve $173.67 \pm 5.54 \mu\text{m}$ ’dir. Bizim çalışmamızdaki NaF diş macunu grubuna ait değerler Kunam ve arkadaşlarının [51] çalışması ile uyumludur. Benzer şekilde bizim çalışmamızda da nano hidroksiapatit grubu NaF grubundan daha iyi sonuçlar vermiştir ($p=0.006$). Bizim çalışmamızdaki nano hidroksiapatit penetrasyon derinliği değerleri Kunam ve arkadaşlarının çalışmasındaki penetrasyon derinliğinden daha düşüktür. Bu farklılık bizim çalışmamızda kullanılan nano hidroksiapatit macununun partikül büyüklüğünün daha yüksek olması ve kullandığımız macunun içeriğinde bulunan silika esaslı aşındırıcılardan kaynaklı olduğu düşünülebilir.

NaF grubunun penetrasyon derinliğinin hem bizim çalışmamızda hem de Kunam ve arkadaşlarının [51] çalışmasında daha düşük olması, NaF’nin etki göstermek için oluşturduğu kalsiyum florit kristallerinin küçük boyutlu olması ve tübül tıkamada yeterince etkin olmaması ile açıklanabilir.

Tosun ve arkadaşları [169], %5 NaF cilasının tek başına ve Nd:YAG lazer ile birlikte kullanıldığında dentin tübüllerine penetrasyon derinliğini LTKM ile ve tübül tıkama kapasitesini TEM ile analiz etmişlerdir (169). Çalışma 5 gruptan oluşmaktadır. A (NaF), B (NaF+Nd:YAG lazer), C (tedavi yok), D (NaF) ve E (NaF+Nd:YAG lazer). A, B ve C grupları TEM ile analiz edilirken, D ve E grupları LTKM ile analiz edilmiştir. Tek başına NaF uygulanan gruptaki penetrasyon derinliği NaF+Nd:YAG lazer uygulanan gruptan daha fazladır. LTKM’de,

x10 büyütme penetrasyon değerleri NaF ve NaF+Nd:YAG lazer gruplarında sırasıyla 13.37 ± 3.25 ve $8.12 \pm 1.73 \mu\text{m}$ olarak rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızdaki NaF diş macunu grubundaki x20 büyütmedeki penetrasyon derinliği $148.68 \pm 7.58 \mu\text{m}$ 'dir. Bizim çalışmamızda NaF diş macununun penetrasyon derinliği daha fazladır. Bu sonuç parmak ucu tekniği ve ilave 30 sn fırçalama tekniğinin kullanılması ile açıklanabilir. Tosun ve arkadaşları [169] NaF cilayı sadece sürerek uygularken, bizim çalışmamızda NaF diş macunu çift aşamalı olarak odaklı fırçalama yöntemi ile uygulanmıştır.

Rajguru ve arkadaşları [146] NovaMin ve arginin içeren iki farklı diş macununun tübül tıkanma kapasitesini *in vitro* olarak LTKM ile değerlendirmişlerdir [146]. Kırk dentin disk örneği rastgele iki gruba ayrıldıktan sonra I (Novamin)ve II(Arginin)), bu gruplar tekrar alt gruplara ayrılmıştır (IA, IIA (diş macunu), (IB, IIB (diş macunu+sitrik asit)). IIA grubundaki ortalama tübül tıkanma yüzdesi ($72.25\% \pm 10.57\%$) IA ($49.9\% \pm 12.96\%$) grubundan istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek bulunmuştur. Tübül tıkanma yüzdesi açısından IB ($43.15\% \pm 12.43\%$) ve IIB ($42.55\% \pm 8.65\%$) grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. IIA grubundaki tübül tıkanma yüzdesi ($72.25 \pm 10.57\%$) IIB grubundan ($42.55\% \pm 8.65\%$) istatistiksel anlamlı olarak daha fazladır. Bu çalışmada penetrasyon derinliği ölçülmemiştir. Sonuçları direkt çalışmamız ile karşılaştırmak doğru değildir. Rajguru ve arkadaşları [146] arginin içeren diş macununun NovaMin diş macununa kıyasla tübül tıkanmasında daha başarılı olduğunu saptamışlardır. NovaMin diş macunu sitrik asit atağına arginin içeren diş macunundan daha dayanıklıdır.

Lavender ve arkadaşları [53], %8 arginin içerikli Pro-Arginin diş macununun tübül tıkanma etkisini TEM ile ve uygulanan macunun dentin tübülleri içerisine penetrasyonunu LTKM ile *in vitro* olarak incelemişlerdir [53]. Ayrıca elektron spektroskopisi ile dentin tübül girişlerinde oluşan tıkanın kimyasal analizini yapmışlardır. Sonuç olarak, dentin tübüllerinin arginin içerikli diş macunu ile tedaviden sonra tamamen tıkanmış ve argininin kalsiyum karbonatı açık dentin tübülüne yönlendirdiğini ve burada tıkaç oluşturduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar dentin yüzey tortusunun yüksek düzeyde kalsiyum, fosfor, oksijen ve karbonat içerdiğini tespit etmişlerdir.

Petrou ve Arkadaşları [132], %8 arginin içeren üç farklı ürünü değerlendirdikleri çalışmada LTKM ile grup I'de %8 arginin ve 1450 ppm florür içeren kalsiyum karbonat bazlı diş macunu, grup II'de %8 arginin ve 1450 ppm florür içeren dikalsiyum fosfat dihidrat diş macunu, grup III'de %8 arginin, kalsiyum karbonat bazlı ve profilaksi sınıfı silika içeren profilaksi macunu kullanılarak oluşan tübül tıkanıklığının mekanizmasını incelemişlerdir. LTKM ile hem arginin hem de kalsiyum karbonatın tübül tıkanıklığı için gerekli olup olmadığı, argininin tıkalı dentindeki yeri ve tübül tıkanıklığının asit ataklarına karşı direnci incelenmiştir [132]. Çalışmanın sonuçlarına göre %8 arginin kalsiyum karbonat diş macunu veya %8 arginin kalsiyum karbonat hassasiyet giderici diş macunu uygulanan numuneler incelendiğinde herhangi bir mekanik etki olmaksızın macunlar 5 kere uygulandığında tübüllerde tamamen tıkama olduğu görülmüştür. Bu iki diş macunun benzer şekilde davrandığı ve bu çalışmada floritin tübül tıkamada bir etkisi olmadığı görülmüştür. Buna karşın arginin ve florit içermeyen kalsiyum karbonat kontrol diş macunu ve nötr pH'a sahip %8 arginin dikalsiyum kontrol diş macunu ile herhangi bir tıkama gözlenmemiştir. Çalışmanın sonucuna göre arginin kalsiyum karbonat teknolojisi tübüleri hızlı ve komple tıkamada oldukça başarılı bulunmuştur. Ayrıca dentin örneklerinin asite maruz kalmasından sonra da tübüllerin tıkalı kalmaya devam ettiğini tespit edilmiştir. Bu sonuç bize kullanılan ajanın asitli gıdaların tüketiminden sonra da etkisini gösterebileceğini ifade etmektedir.

Arginin ile ilgili literatürdeki bu çalışmalar [53,132,146] bizim çalışmamızla tam paralellik göstermemektedir. Bu çalışmalarda ajanın tübül tıkama etkisinden bahsedilmiş ve bununla ilgili sonuçlara yer verilmiştir. Çalışmamızda %8 arginin kalsiyum karbonatın LTKM ile incelenmesi ve penetrasyon derinlik değerlerinin ölçümü yapılmıştır. Çalışmamız bu yönüyle diğer çalışmalardan ayrılarak daha sonra yapılacak çalışmalara öncü olacaktır.

Dentin hassasiyetinin önlenmesi ve tedavisinde önemli yere sahip olan sodyum florit, %8 arginin ve kalsiyum karbonat ve nano hidroksiapatit içeren 3 farklı hassasiyet giderici diş macununun odaklı fırçalama yöntemi ile uygulandığında dentin tübüllerine penetre olabilme etkilerinin LTKM kullanılarak değerlendirildiği *in vitro* çalışmamızın sınırları dahilinde,

uygulanan tüm hassasiyet giderici ajanların dentin tübüllerine farklı oranda penetre olabildikleri saptandı. Gruplar arası penetrasyon derinliği kıyaslamalarının ikili gruplar halinde değerlendirilmesinde %8 arginin kalsiyumkarbonat kombinasyonu içeren diş macunun diğer macunlardan anlamlı şekilde daha derine penetre olduğu tespit edildi ($p<0.017$). Bu çalışma uzun dönem klinik takipli çalışmalara öncü niteliğindedir.



REFERANSLAR

- [1] Absi, E. G., Addy, M., & Adams, D. (1987). Dentine hypersensitivity: a study of the patency of dentinal tubules in sensitive and non-sensitive cervical dentine. *Journal of clinical periodontology*, 14(5), 280-284.
- [2] Rees, J. S. (2000). The prevalence of dentine hypersensitivity in general dental practice in the UK. *Journal of clinical periodontology*, 27(11), 860-865.
- [3] Gillam, D. G., Seo, H. S., Bulman, J. S., & Newman, H. N. (1999). Perceptions of dentine hypersensitivity in a general practice population. *Journal of oral rehabilitation*, 26(9), 710-714.
- [4] Bartold, P. M. (2006). Dentinal hypersensitivity: a review. *Australian dental journal*, 51(3), 212-218.
- [5] Ye, W., Feng, X. P., & Li, R. (2012). The prevalence of dentine hypersensitivity in Chinese adults. *Journal of oral rehabilitation*, 39(3), 182-187.
- [6] Fischer, C., Fischer, R. G., & Wennberg, A. (1992). Prevalence and distribution of cervical dentine hypersensitivity in a population in Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of dentistry*, 20(5), 272-276.
- [7] Holland, G. R. (1994). Morphological features of dentine and pulp related to dentine sensitivity. *Archives of oral biology*, 39, S3-S11.
- [8] Carda, C., & Peydro, A. (2006). Ultrastructural patterns of human dentinal tubules, odontoblasts processes and nerve fibres. *Tissue and Cell*, 38(2), 141-150.
- [9] Rapp, R., Avery, J. K., & Strachan, D. S. (1967). The distribution of nerves in human primary teeth This study was supported in part by USPHS research grant DE 01604 from the National Institute of Dental Research, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland and grant 695 of the H. Rackham Fund of the University of Michigan.
- [10] Anderson, D. J., Curwen, M. P., & Howard, L. V. (1958). The sensitivity of human dentin. *Journal of Dental Research*, 37(4), 669-677.
- [11] Johnson, G., & Brännström, M. (1974). The sensitivity of dentin changes in relation to conditions at exposed tubule apertures. *Acta Odontologica Scandinavica*, 32(1), 29-38.

- [12] Marya, C. M., Jain, S., Nagpal, R., Kataria, S., Taneja, P., & Mavi, S. (2021). Comparative Efficacy of Cow Milk, KNO₃, and Warm Saline Rinses in Treating Dentin Hypersensitivity Following Nonsurgical Periodontal Treatment: A Randomized Controlled Trial. *Cureus*, 13(1).
- [13] Pashley, D. H. (1992). Dentin permeability and dentin sensitivity. *Proceedings of the Finnish Dental Society. Suomen Hammaslaakariseuran toimituksia*, 88, 31-37.
- [14] Pinto, S. C. S., Batitucci, R. G., Pinheiro, M. C., Zandim, D. L., Spin-Neto, R., & Sampaio, J. E. C. (2010). Effect of an acid diet allied to sonic toothbrushing on root dentin permeability: an in vitro study. *Brazilian dental journal*, 21, 390-395.
- [15] Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2004). Resin bonding to cervical sclerotic dentin: a review. *Journal of Dentistry*, 32(3), 173-196.
- [16] Addy, M. (2005). Tooth brushing, tooth wear and dentine hypersensitivity—are they associated?. *International dental journal*, 55, 261-267.
- [17] Qeli, E., Toti, Ç., Odorici, A., Blasi, E., Tragaj, E., Tepedino, M., ... & Meto, A. (2022). Effectiveness of Two Different Fluoride-Based Agents in the Treatment of Dentin Hypersensitivity: A Prospective Clinical Trial. *Materials*, 15(3), 1266.
- [18] West, N. X., & Moran, J. M. (2008). Home-use preventive and therapeutic oral products. *Periodontology 2000*, 48(1), 7-9.
- [19] Orchardson, R., & Gillam, D. G. (2006). Managing dentin hypersensitivity. *The Journal of the American Dental Association*, 137(7), 990-998.
- [20] Eisenburger, M., Shellis, R. P., & Addy, M. (2003). Comparative study of wear of enamel induced by alternating and simultaneous combinations of abrasion and erosion in vitro. *Caries research*, 37(6), 450-455.
- [21] Chabanski, M. B., Gillam, D. G., Bulman, J. S., & Newman, H. N. (1996). Prevalence of cervical dentine sensitivity in a population of patients referred to a specialist Periodontology Department. *Journal of clinical periodontology*, 23(11), 989-992.
- [22] Dowell, P., Addy, M., & Dummer, P. (1985). Dentine hypersensitivity: aetiology, differential diagnosis and management. *British dental journal*, 158(3), 92-96.
- [23] Williamson, A., & Hoggart, B. (2005). Pain: a review of three commonly used pain rating scales. *Journal of clinical nursing*, 14(7), 798-804.

- [24] Ricarte, J. M., Matoses, V. F., Llácer, V. F., Fernández, A. F., & Moreno, B. M. (2008). Dentinal sensitivity: concept and methodology for its objective evaluation. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 13(3), 201-206.
- [25] Addy, M., & West, N. X. (2013). The role of toothpaste in the aetiology and treatment of dentine hypersensitivity. *Toothpastes*, 23, 75-87.
- [26] Demia, M., Delméb, K. I., & De Moor, R. J. Hypersensitive Teeth: Conventional vs Laser Treatment. Part II: Laser Treatment of Dentin Hypersensitivity.
- [27] Douglas de Oliveira, D. W., Marques, D. P., Aguiar-Cantuária, I. C., Flecha, O. D., & Gonçalves, P. F. (2013). Effect of surgical defect coverage on cervical dentin hypersensitivity and quality of life. *Journal of periodontology*, 84(6), 768-775.
- [28] Madruga, M. D. M., Silva, A. F. D., Rosa, W. L. D. O. D., Piva, E., & Lund, R. G. (2017). Evaluation of dentin hypersensitivity treatment with glass ionomer cements: A randomized clinical trial. *Brazilian oral research*, 31.
- [29] West, N. X., Seong, J., & Davies, M. (2015). Management of dentine hypersensitivity: efficacy of professionally and self-administered agents. *Journal of Clinical Periodontology*, 42, S256-S302.
- [30] Wang, L., Magalhães, A. C., Francisconi-Dos-Rios, L. F., Calabria, M. P., Araújo, D. F. G., Buzalaf, M. A. R., ... & Pereira, J. C. (2016). Treatment of dentin hypersensitivity using nano-hydroxyapatite pastes: a randomized three-month clinical trial. *Operative dentistry*, 41(4), E93-E101.
- [31] Moraschini, V., da Costa, L. S., & Dos Santos, G. O. (2018). Effectiveness for dentin hypersensitivity treatment of non-carious cervical lesions: a meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 22(2), 617-631.
- [32] Hu, M. L., Zheng, G., Lin, H., Yang, M., Zhang, Y. D., & Han, J. M. (2019). Network meta-analysis on the effect of desensitizing toothpastes on dentine hypersensitivity. *Journal of Dentistry*, 88, 103170.
- [33] Ajcharanukul, O., Kraivaphan, P., Wanachantararak, S., Vongsavan, N., & Matthews, B. (2007). Effects of potassium ions on dentine sensitivity in man. *Archives of Oral Biology*, 52(7), 632-639.

- [34] Martins, C. C., Firmino, R. T., Riva, J. J., Ge, L., Carrasco-Labra, A., Brignardello-Petersen, R., ... & Schünemann, H. J. (2020). Desensitizing toothpastes for dentin hypersensitivity: a network meta-analysis. *Journal of dental research*, 99(5), 514-522.
- [35] Ehrligh, J., Hochman, N., Gedalia, I., & Tal, M. (1975). Residual fluoride concentrations and scanning electron microscopic examination of root surfaces of human teeth after topical application of fluoride in vivo. *Journal of Dental Research*, 54(4), 897-900.
- [36] Tal, M., Oron, M., Gedalia, I., & Ehrlich, J. (1976). X-ray diffraction and scanning electron microscope investigations of fluoride-treated dentine in man. *Archives of oral biology*, 21(5), 285-290.
- [37] Cummins, D. (2009). Dentin hypersensitivity: from diagnosis to a breakthrough therapy for everyday sensitivity relief. *Journal of Clinical Dentistry*, 20(1), 1.
- [38] Browning, W. D., Cho, S. D., & Deschepper, E. J. (2012). Effect of a nano-hydroxyapatite paste on bleaching-related tooth sensitivity. *Journal of Esthetic and restorative Dentistry*, 24(4), 268-276.
- [39] Watanabe, J., & Akashi, M. (2007). Formation of hydroxyapatite provides a tunable protein reservoir within porous polyester membranes by an improved soaking process. *Biomacromolecules*, 8(7), 2288-2293.
- [40] Eliades, G., Mantzourani, M., Labella, R., Mutti, B., & Sharma, D. (2013). Interactions of dentine desensitisers with human dentine: morphology and composition. *Journal of Dentistry*, 41, S28-S39.
- [41] Davies, M., Paice, E. M., Jones, S. B., Leary, S., Curtis, A. R., & West, N. X. (2011). Efficacy of desensitizing dentifrices to occlude dentinal tubules. *European journal of oral sciences*, 119(6), 497-503.
- [42] João-Souza, S. H., Sakae, L. O., Lussi, A., Aranha, A. C. C., Hara, A., Baumann, T., ... & Carvalho, T. S. (2020). Toothpaste factors related to dentine tubule occlusion and dentine protection against erosion and abrasion. *Clinical oral investigations*, 24(6), 2051-2060.
- [43] He, T., Barker, M. L., Qaqish, J., & Sharma, N. (2011). Fast onset sensitivity relief of a 0.454% stannous fluoride dentifrice. *The Journal of clinical dentistry*, 22(2), 46-50.

- [44] Creeth, J., Maclure, R., Seong, J., Gomez-Pereira, P., Budhawant, C., Sufi, F., ... & West, N. (2019). Three randomized studies of dentine hypersensitivity reduction after short-term SnF2 toothpaste use. *Journal of clinical periodontology*, 46(11), 1105-1115.
- [45] Chansamat, R., Chansamart, R., & Samnieng, P. (2020). Comparison the Cost-Effectiveness of Reducing Dentin Hypersensitivity Between Brushing and Massage with Desensitizing Toothpaste Method and Dentinal Tubule Sealant Application Method. *Journal of International Dental and Medical Research*, 13(1), 236-240.
- [46] Creeth, J. E., Goyal, C., Qaqish, J., Maclure, R., & Holt, J. S. (2021). Efficacy of an occluding toothpaste on dentinal hypersensitivity over 14 days. *BDJ open*, 7(1), 1-8.
- [47] He, T., Dunavent, J. M., Fiedler, S. K., & Baker, R. A. (2010). A randomized clinical study to assess the extrinsic staining profiles of stannous-and triclosan-containing dentifrices. *American Journal of Dentistry*, 23, 22B-26B.
- [48] He, T., Chang, J., Cheng, R., Li, X., Sun, L., & Biesbrock, A. R. (2011). Clinical evaluation of the fast onset and sustained sensitivity relief of a 0.454% stannous fluoride dentifrice compared to an 8.0% arginine-calcium carbonate-sodium monofluorophosphate dentifrice. *American Journal of Dentistry*, 24(6), 336-340.
- [49] Mordan, N. J., Barber, P. M., & Gillam, D. G. (1997). The dentine disc. A review of its applicability as a model for the in vitro testing of dentine hypersensitivity. *Journal of oral rehabilitation*, 24(2), 148-156.
- [50] Pioch, T., Stotz, S., Staehle, H. J., & Duschner, H. (1997). Applications of confocal laser scanning microscopy to dental bonding. *Advances in dental research*, 11(4), 453-461.
- [51] Kunam, D., Manimaran, S., Sampath, V., & Sekar, M. (2016). 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. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 19(3), 239.
- [52] Pei, D., Meng, Y., Li, Y., Liu, J., & Lu, Y. (2019). Influence of nano-hydroxyapatite containing desensitizing toothpastes on the sealing ability of dentinal tubules and bonding performance of self-etch adhesives. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 91, 38-44.

- [53] Lavender, S. A., Petrou, I., Heu, R., Stranick, M. A., Cummins, D., Kilpatrick-Liverman, L., & Santarpia III, R. P. (2010). Mode of action studies of a new desensitizing dentifrice containing 8.0% arginine, a high cleaning calcium carbonate system and 1450 ppm fluoride. *American journal of dentistry*, 23(Special Issue), 14A-19A.
- [54] Uslu, Y. S., & Donmez, N. (2020). The effects on dentin tubules of two desensitising agents in combination with Nd: YAG laser: An in vitro analysis (CLSM and SEM). *Optics & Laser Technology*, 129, 106225.
- [55] Rosa, R. R. M., Calazans, F. K. S., Nogueira, R. D., Lancellotti, A. C. R. A., Goncalves, L. D. S., & Geraldo-Martins, V. R. (2016). Effects of different desensitizing treatments on root dentin permeability. *Brazilian oral research*, 30.
- [56] Linde, A., & Goldberg, M. (1993). Dentinogenesis. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 4(5), 679-728.
- [57] Brännström, M., Lindén, L. Å., & Åström, A. (1967). The hydrodynamics of the dental tubule and of pulp fluid. *Caries research*, 1(4), 310-317.
- [58] Roberson, T., Heymann, H. O., & Swift Jr, E. J. (2006). *Sturdevant's art and science of operative dentistry*. Elsevier Health Sciences.
- [59] Hargreaves, K. M., Goodis, H. E., & Tay, F. R. (Eds.). (2012). *Seltzer and Bender's dental pulp*. Quintessence Pub..
- [60] Garberoglio, R., & Brännström, M. (1976). Scanning electron microscopic investigation of human dentinal tubules. *Archives of oral biology*, 21(6), 355-362.
- [61] Cohen, S., & Burns, R. (2016). Cohen's Pathways of the Pulp Expert Consult.
- [62] Schilke, R., Lisson, J. A., Bauß, O., & Geurtsen, W. (2000). Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Archives of oral biology*, 45(5), 355-361.
- [63] Lang, N. P., & Lindhe, J. (Eds.). (2015). *Clinical periodontology and implant dentistry*, 2 Volume Set. John Wiley & Sons.
- [64] Bosshardt, D. D., & Selvig, K. A. (1997). Dental cementum: the dynamic tissue covering of the root. *Periodontology 2000*, 13(1), 41-75.

- [65] Ahlquist, M., Franzén, O., Coffey, J., & Pashley, D. (1994). Dental pain evoked by hydrostatic pressures applied to exposed dentin in man: a test of the hydrodynamic theory of dentin sensitivity. *Journal of endodontics*, 20(3), 130-134.
- [66] Brannstrom, M. (1984). Smear layer: pathological and treatment considerations.
- [67] Van Loveren, C., Schmidlin, P. R., Martens, L. C., & Amaechi, B. T. (2018). Dentin hypersensitivity management. *Clinical Dentistry Reviewed*, 2(1), 1-10.
- [68] Addy, M. (2000). Dentine hypersensitivity: definition, prevalence, distribution and aetiology. *Tooth wear and sensitivity: Clinical advances in restorative dentistry*. London: Martin Dunitz, 2000, 239-248.
- [69] Drisko, C. H. (2002). Dentine hypersensitivity—dental hygiene and periodontal considerations. *International dental journal*, 52(S5P2), 385-393.
- [70] Orchardson, R., & Collins, W. J. (1987). Clinical features of hypersensitive teeth. *British dental journal*, 162(7), 253-256.
- [71] Kawasaki, A., Ishikawa, K., Suge, T., Shimizu, H., Suzuki, K., Matsuo, T., & Ebisu, S. (2001). Effects of plaque control on the patency and occlusion of dentine tubules in situ. *Journal of oral rehabilitation*, 28(5), 439-449.
- [72] Cox, C. F. (1994). Etiology and treatment of root hypersensitivity. *American journal of dentistry*, 7(5), 266-270.
- [73] Love, R. M., & Jenkinson, H. F. (2002). Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. *Critical reviews in oral biology & medicine*, 13(2), 171-183.
- [74] Demi, M., Delmé, K. I., & De Moor, R. J. (2009). Hypersensitive Teeth: Conventional vs Laser Treatment Part I: Conventional Treatment of Dentin Hypersensitivity. *Journal of Oral Laser Applications*, 9(1).
- [75] Gillam, D. G., Newman, H. N., Bulman, J. S., & Davies, E. H. (1992). Dentifrice abrasivity and cervical dentinal hypersensitivity. Results 12 weeks following cessation of 8 weeks' supervised use. *Journal of periodontology*, 63(1), 7-12.
- [76] Taani, S. Q., & Awartani, F. (2002). Clinical evaluation of cervical dentin sensitivity (CDS) in patients attending general dental clinics (GDC) and periodontal specialty clinics (PSC). *Journal of clinical periodontology*, 29(2), 118-122.

- [77] Adriaens, P. A., De Boever, J. A., & Loesche, W. J. (1988). Bacterial invasion in root cementum and radicular dentin of periodontally diseased teeth in humans.
- [78] Chabanski, M. B., Gillam, D. G., Bulman, J. S., & Newman, H. N. (1997). Clinical evaluation of cervical dentine sensitivity in a population of patients referred to a specialist periodontology department: a pilot study. *Journal of oral rehabilitation*, 24(9), 666-672.
- [79] Gillam, D. G., Chabanski, M. B., Bulman, J. S., & Newman, H. N. (1995). Self-reporting of tooth sensitivity in a selected population of patients. *Journal of Dental Research*, 74, 448.
- [80] Flynn, J., Galloway, R., & Orchardson, R. (1985). The incidence of 'hypersensitive' teeth in the West of Scotland. *Journal of Dentistry*, 13(3), 230-236.
- [81] Chowdhary, Z., Gupta, P., Kaur, J., Garg, Y., & Swarup, N. (2019). Multifaceted assessment of dentine hypersensitivity, evaluation of demographic prevalence along with associated factors: A cross-sectional study. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 23(1), 64.
- [82] Nazir, M. A., Almas, K., Majeed, M. I., Majeed, A., & Ahmed, S. Z. (2018). A cross sectional study of dentin hypersensitivity among dental students and interns. *Journal of International Dental and Medical Research*, 11(2), 376-382.
- [83] Addy, M., Mostafa, P., & Newcombe, R. G. (1987). Dentine hypersensitivity: the distribution of recession, sensitivity and plaque. *Journal of Dentistry*, 15(6), 242-248.
- [84] West, N. X. (2008). Dentine hypersensitivity: preventive and therapeutic approaches to treatment. *Periodontology 2000*, 48(1), 31-41.
- [85] Berman, L. H. (1985). Dentinal sensation and hypersensitivity: a review of mechanisms and treatment alternatives. *Journal of periodontology*, 56(4), 216-222.
- [86] Addy, M. (2002). Dentine hypersensitivity: New perspectives on an old problem. *International Dental Journal*, 52(S5P2), 367-375.
- [87] Brännström, M. (1963). Dentin sensitivity and aspiration of odontoblasts. *The Journal of the American Dental Association*, 66(3), 366-370.
- [88] Brannstrom, M., Johnson, G., & Nordenvall, K. J. (1979). Transmission and control of dentinal pain: resin impregnation for the desensitization of dentin. *The Journal of the American Dental Association*, 99(4), 612-618.

- [89] West, N. X., Lussi, A., Seong, J., & Hellwig, E. (2013). Dentin hypersensitivity: pain mechanisms and aetiology of exposed cervical dentin. *Clinical oral investigations*, 17(1), 9-19.
- [90] Vongsavan, N., & Matthews, B. (1992). Fluid flow through cat dentine in vivo. *Archives of Oral Biology*, 37(3), 175-185.
- [91] Holland, G., Narhi, M. N., Addy, M., Gangarosa, L., & Orchardson, R. (1997). Guidelines for the design and conduct of clinical trials on dentine hypersensitivity. *Journal of clinical periodontology*, 24(11), 808-813.
- [92] Lin, P. Y., Cheng, Y. W., Chu, C. Y., Chien, K. L., Lin, C. P., & Tu, Y. K. (2013). In-office treatment for dentin hypersensitivity: a systematic review and network meta-analysis. *Journal of clinical periodontology*, 40(1), 53-64.
- [93] Grossman, L. I. (1935). A systematic method for the treatment of hypersensitive dentin. *The Journal of the American Dental Association (1922)*, 22(4), 592-602.
- [94] Greenhill, J. D., & Pashley, D. H. (1981). The effects of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin in vitro. *Journal of Dental Research*, 60(3), 686-698.
- [95] Lone, A., & Finger, W. J. (2002). Clinical evaluation of the role of glutardialdehyde in a one-bottle adhesive. *American journal of dentistry*, 15(5), 330-334.
- [96] Pillon, F. L., Romani, I. G., & Schmidt, É. R. (2004). Effect of a 3% potassium oxalate topical application on dentinal hypersensitivity after subgingival scaling and root planing. *Journal of periodontology*, 75(11), 1461-1464.
- [97] Trowbridge, H., Edwall, L., & Panopoulos, P. (1982). Effect of zinc oxide-eugenol and calcium hydroxide on intradental nerve activity. *Journal of endodontics*, 8(9), 403-406.
- [98] Singal, P., Gupta, R., & Pandit, N. (2005). 2% sodium fluoride-iontophoresis compared to a commercially available desensitizing agent. *Journal of periodontology*, 76(3), 351-357.
- [99] Demi, M., Delmé, K. I., & De Moor, R. J. (2009). Hypersensitive Teeth: Conventional vs Laser Treatment Part I: Conventional Treatment of Dentin Hypersensitivity. *Journal of Oral Laser Applications*, 9(1).
- [100] Bra, M., & Johnson, G. (1974). Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. *The Journal of prosthetic dentistry*, 31(4), 422-430.

- [101] Miglani, S., Aggarwal, V., & Ahuja, B. (2010). Dentin hypersensitivity: Recent trends in management. *Journal of conservative dentistry: JCD*, 13(4), 218.
- [102] Cakar, G., Kuru, B., Ipci, S. D., Aksoy, Z. M., Okar, I., & Yilmaz, S. (2008). Effect of Er: YAG and CO2 lasers with and without sodium fluoride gel on dentinal tubules: a scanning electron microscope examination. *Photomedicine and laser surgery*, 26(6), 565-571.
- [103] Al-Maliky, M. A., Mahmood, A. S., Al-Karadaghi, T. S., Kurzmann, C., Laky, M., Franz, A., & Moritz, A. (2014). The effects of CO2 laser with or without nanohydroxyapatite paste in the occlusion of dentinal tubules. *The Scientific World Journal*, 2014.
- [104] Sgolastra, F., Petrucci, A., Severino, M., Gatto, R., & Monaco, A. (2013). Lasers for the treatment of dentin hypersensitivity: a meta-analysis. *Journal of dental research*, 92(6), 492-499.
- [105] Braun, A., Jepsen, S., Deimling, D., & Ratka-Krüger, P. (2010). Subjective intensity of pain during supportive periodontal treatment using a sonic scaler or an Er: YAG laser. *Journal of clinical periodontology*, 37(4), 340-345.
- [106] Yilmaz, H. G., Kurtulmus-Yilmaz, S., Cengiz, E., Bayindir, H., & Aykac, Y. (2011). Clinical evaluation of Er, Cr: YSGG and GaAlAs laser therapy for treating dentine hypersensitivity: A randomized controlled clinical trial. *Journal of dentistry*, 39(3), 249-254.
- [107] Ladalardo, T. C. C. G. P., Pinheiro, A., Campos, R. A. D. C., Brugnera Júnior, A., Zanin, F., Albernaz, P. L. M., & Weckx, L. L. M. (2004). Laser therapy in the treatment of dentine hypersensitivity. *Brazilian dental journal*, 15, 144-150.
- [108] Kimura, Y., Wilder-Smith, P., Yonaga, K., & Matsumoto, K. (2000). Treatment of dentine hypersensitivity by lasers: a review. *Journal of Clinical Periodontology: Review article*, 27(10), 715-721.
- [109] Mjör, I. A. (1967). Histologic studies of human coronal dentine following the insertion of various materials in experimentally prepared cavities. *Archives of Oral Biology*, 12(4), 441-IN3.
- [110] Krauser, J. T. (1986). Hypersensitive teeth. Part II: Treatment. *The Journal of prosthetic dentistry*, 56(3), 307-311.
- [111] Pashley, D. H., & Galloway, S. E. (1985). The effects of oxalate treatment on the smear layer of ground surfaces of human dentine. *Archives of Oral Biology*, 30(10), 731-737.

- [112] Guo, C., & McMartin, K. E. (2005). The cytotoxicity of oxalate, metabolite of ethylene glycol, is due to calcium oxalate monohydrate formation. *Toxicology*, 208(3), 347-355.
- [113] Levin, M. P., Yearwood, L. L., & Carpenter, W. N. (1973). The desensitizing effect of calcium hydroxide and magnesium hydroxide on hypersensitive dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 35(5), 741-746.
- [114] McFall Jr, W. T. (1986). A review of the active agents available for treatment of dentinal hypersensitivity. *Dental Traumatology*, 2(4), 141-149.
- [115] JORKJEND, L., & TRONSTAD, L. (1972). Treatment of hypersensitive root surfaces by calcium hydroxide. *European Journal of Oral Sciences*, 80(3), 264-266.
- [116] Hoyt, W. H., & Bibby, B. G. (1943). Use of sodium fluoride for desensitizing dentin. *The Journal of the American Dental Association*, 30(17), 1372-1376.
- [117] Gedalia, I., Brayer, L., Kalter, N., Richter, M., & Stabholz, A. (1978). The effect of fluoride and strontium application on dentin: in vivo and in vitro studies. *Journal of Periodontology*, 49(5), 269-272.
- [118] Kerns, D. G., Scheidt, M. J., Pashley, D. H., Horner, J. A., Strong, S. L., & Van Dyke, T. E. (1991). Dentinal tubule occlusion and root hypersensitivity. *Journal of periodontology*, 62(7), 421-428.
- [119] Kumar, N. G., & Mehta, D. S. (2005). 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. *Journal of periodontology*, 76(7), 1140-1147.
- [120] Lan, W. H., Liu, H. C., & Lin, C. P. (1999). The combined occluding effect of sodium fluoride varnish and Nd: YAG laser irradiation on human dentinal tubules. *Journal of Endodontics*, 25(6), 424-426.
- [121] Ritter, A. V., de Dias, W. L., Miguez, P., Caplan, D. J., & Swift Jr, E. J. (2006). Treating cervical dentin hypersensitivity with fluoride varnish. *The Journal of the American Dental Association*, 137(7), 1013-1020.
- [122] Minkov, B., Marmari, I., Gedalia, I., & Garfunkel, A. (1975). The effectiveness of sodium fluoride treatment with and without iontophoresis on the reduction of hypersensitive dentin. *Journal of periodontology*, 46(4), 246-249.

- [123] Gedalia, I., Brayer, L., Kalter, N., Richter, M., & Stabholz, A. (1978). The effect of fluoride and strontium application on dentin: in vivo and in vitro studies. *Journal of Periodontology*, 49(5), 269-272.
- [124] Miller, J. T. (1969). Use of a water-free stannous fluoride-containing gel in the control of dental hypersensitivity. *J Periodontol*, 40, 490-493.
- [125] Fuhseth, R. (1970). A study of experimentally exposed and fluoride treated dental cementum in pigs. *Acta Odontologica Scandinavica*, 28(6), 833-850.
- [126] Addy, M., & Dowell, P. (1983). Dentine hypersensitivity-A review: Clinical and in vitro evaluation of treatment agents. *Journal of clinical periodontology*, 10(4), 351-363.
- [127] Manning, M. M. (1961). New approach to desensitization of cervical dentin. *Dent Surv*, 37, 731.
- [128] Kern, D. A., McQuade, M. J., Scheidt, M. J., Hanson, B., & Van Dyke, T. E. (1989). Effectiveness of sodium fluoride on tooth hypersensitivity with and without iontophoresis. *Journal of periodontology*, 60(7), 386-389.
- [129] Lone, A., & Finger, W. J. (2002). Clinical evaluation of the role of glutardialdehyde in a one-bottle adhesive. *American journal of dentistry*, 15(5), 330-334.
- [130] Kleinberg, I. (2002). SensiStat. A new saliva-based composition for simple and effective treatment of dentinal sensitivity pain. *Dentistry today*, 21(12), 42-47.
- [131] van Loveren, C., Schmidlin, P. R., Martens, L. C., & Amaechi, B. T. (2018). Dentin hypersensitivity management. *Clinical Dentistry Reviewed*, 2(1), 1-10.
- [132] Petrou, I., Heu, R., Stranick, M., Lavender, S., Zaidel, L., Cummins, D., ... & Gimzewski, J. K. (2009). A breakthrough therapy for dentin hypersensitivity: how dental products containing 8% arginine and calcium carbonate work to deliver effective relief of sensitive teeth. *Journal of Clinical Dentistry*, 20(1), 23.
- [133] Cummins, D. (2010). Recent advances in dentin hypersensitivity: clinically proven treatments for instant and lasting sensitivity relief. *American Journal of Dentistry*, 23, 3A-13A.
- [134] Schiff, T., Delgado, E. V. A. R. I. S. T. O., Zhang, Y. P., Cummins, D. I. A. N. E., DeVizio, W., & Mateo, L. R. (2009). Clinical evaluation of the efficacy of an in-office desensitizing paste containing 8% arginine and calcium carbonate in providing instant and lasting relief of dentin hypersensitivity. *American journal of dentistry*, 22(Special No A), 8A-15A.

- [135] Hamlin, D., Phelan Williams, K., Delgado, E. V. A. R. I. S. T. O., Zhang, Y. P., DeVizio, W., & Mateo, L. R. (2009). Clinical evaluation of the efficacy of a desensitizing paste containing 8% arginine and calcium carbonate for the in-office relief of dentin hypersensitivity associated with dental prophylaxis. *American Journal of Dentistry*, 22(Special No. A), 16A-20A.
- [136] Kapferer, I., Pflug, C., Kisielowsky, I., Giesinger, J., Beier, U. S., & Dumfahrt, H. (2013). Instant dentin hypersensitivity relief of a single topical application of an in-office desensitizing paste containing 8% arginine and calcium carbonate: a split-mouth, randomized-controlled study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 71(3-4), 994-999.
- [137] Hall, C., Mason, S., & Cooke, J. (2017). Exploratory randomised controlled clinical study to evaluate the comparative efficacy of two occluding toothpastes—a 5% calcium sodium phosphosilicate toothpaste and an 8% arginine/calcium carbonate toothpaste—for the longer-term relief of dentine hypersensitivity. *Journal of Dentistry*, 60, 36-43.
- [138] Hannig, M., & Hannig, C. (2012). Nanotechnology and its role in caries therapy. *Advances in dental research*, 24(2), 53-57.
- [139] Schäfer, F., Beasley, T., & Abraham, P. (2009). In vivo delivery of fluoride and calcium from toothpaste containing 2% hydroxyapatite. *International dental journal*, 59(6), 321-324.
- [140] Kulal, R., Jayanti, I., Sambashivaiah, S., & Bilchodmath, S. (2016). An in-vitro comparison of nano hydroxyapatite, novamin and proargin desensitizing toothpastes-A SEM Study. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 10(10), ZC51.
- [141] Amaechi, B. T., Mathews, S. M., Ramalingam, K., & Mensinkai, P. K. (2015). Evaluation of nanohydroxyapatite-containing toothpaste for occluding dentin tubules. *Am J Dent*, 28(1), 33-39.
- [142] Ohta, K., Kawamata, H., Ishizaki, T., & Hayman, R. (2007). Occlusion of dentinal tubules by nano-hydroxyapatite. *J Dent Res*, 86, 21-24.
- [143] Kawamata, H., Ohta, K., Saito, T., & Hayman, R. (2008). Potassium nitrate enhances occlusion of dentinal tubules by nano-hydroxyapatite. *Journal of Dental Research*, 86.
- [144] Huang, S. B., Gao, S. S., & Yu, H. Y. (2009). Effect of nano-hydroxyapatite concentration on remineralization of initial enamel lesion in vitro. *Biomedical materials*, 4(3), 034104.
- [145] Huang, S., Gao, S., Cheng, L., & Yu, H. (2011). Remineralization potential of nano-hydroxyapatite on initial enamel lesions: an in vitro study. *Caries research*, 45(5), 460-468.

- [146] Rajguru, S. A., Padhye, A. M., & Gupta, H. S. (2017). Effects of two desensitizing dentifrices on dentinal tubule occlusion with citric acid challenge: Confocal laser scanning microscopy study. *Indian Journal of Dental Research*, 28(4), 450.
- [147] King, N. M., Itthagarun, A., & Cheung, M. (2006). Remineralization by nanohydroxyapatite-containing dentifrice: A pH cycling study using slurry. *J Dent Res*, 85, 000-000.
- [148] Rimondini, L., Baroni, C., & Carrassi, A. (1995). Ultrastructure of hypersensitive and non-sensitive dentine: A study on replica models. *Journal of clinical periodontology*, 22(12), 899-902.
- [149] Pashley, D. H. (1986). Dentin permeability, dentin sensitivity, and treatment through tubule occlusion. *Journal of endodontics*, 12(10), 465-474.
- [150] Pashley, D. H. (1994). Dentine permeability and its role in the pathobiology of dentine sensitivity. *Archives of oral biology*, 39, S73-S80.
- [151] Okşan, T., Aktener, B. O., Şen, B. H., & Tezel, H. (1993). The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. *International Endodontic Journal*, 26(5), 301-305.
- [152] Sungur, D. D., Aksel, H., & Purali, N. (2017). Effect of a low surface tension vehicle on the dentinal tubule penetration of calcium hydroxide and triple antibiotic paste. *Journal of endodontics*, 43(3), 452-455.
- [153] García-Herraiz, A. (2012). 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*, 569-81.
- [154] West, N., Seong, J., & Davies, M. (2014). Dentine hypersensitivity. *Erosive Tooth Wear*, 25, 108-122.
- [155] Prati, C., Gillam, D. G., & Gandolfi, M. G. (2015). Advances in in vitro testing techniques for dentine hypersensitivity. In *Dentine Hypersensitivity* (pp. 71-83). Springer, Cham.
- [156] Porto, I. C., Andrade, A. K., & Montes, M. A. (2009). Diagnosis and treatment of dentinal hypersensitivity. *Journal of oral science*, 51(3), 323-332.
- [157] Pradeep, A. R., & Sharma, A. (2010). Comparison of clinical efficacy of a dentifrice containing calcium sodium phosphosilicate to a dentifrice containing potassium nitrate and to a

placebo on dentinal hypersensitivity: a randomized clinical trial. *Journal of periodontology*, 81(8), 1167-1173.

[158] Rösing, C. K., Fiorini, T., Liberman, D. N., & Cavagni, J. (2009). Dentine hypersensitivity: analysis of self-care products. *Brazilian oral research*, 23, 56-63.

[159] Kienle, G. S., & Kiene, H. (1997). The powerful placebo effect: fact or fiction?. *Journal of clinical epidemiology*, 50(12), 1311-1318.

[160] Assis, J. S. D., Rodrigues, L. K. A., Fonteles, C. S. R., Colares, R. C. R., Souza, A. M. B. D., & Santiago, S. L. (2011). Dentin hypersensitivity after treatment with desensitizing agents: a randomized, double-blind, split-mouth clinical trial. *Brazilian dental journal*, 22, 157-161.

[161] Addy, M., West, N. X., Barlow, A., & Smith, S. (2007). Dentine hypersensitivity: is there both stimulus and placebo responses in clinical trials?. *International journal of dental hygiene*, 5(1), 53-59.

[162] Lan, W. H., & Liu, H. C. (1995). Sealing of human dentinal tubules by Nd: YAG laser. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 13(5), 329-333.

[163] Hsu, P. J., Chen, J. H., Chuang, F. H., & Roan, R. T. (2006). The combined occluding effects of fluoride-containing dentin desensitizer and Nd-Yag laser irradiation on human dentinal tubules: an in vitro study. *The Kaohsiung journal of medical sciences*, 22(1), 24-29.

[164] Ziskind, D., Gleitman, J., Rotstein, I., & Friedman, M. (2003). Evaluation of cetylpyridinium chloride for infection control in storage solution. *Journal of oral rehabilitation*, 30(5), 477-481.

[165] Shellis, R. P., Ganss, C., Ren, Y., Zero, D. T., & Lussi, A. (2011). Methodology and models in erosion research: discussion and conclusions. *Caries research*, 45(Suppl. 1), 69-77.

[166] Markowitz, K., & Pashley, D. H. (2008). Discovering new treatments for sensitive teeth: the long path from biology to therapy. *Journal of oral rehabilitation*, 35(4), 300-315.

[167] Isik, A. G., Tarim, B., Hafez, A. A., Yalçın, F. S., Onan, U., & Cox, C. F. (2000). A comparative scanning electron microscopic study on the characteristics of demineralized dentin root surface using different tetracycline HCl concentrations and application times. *Journal of Periodontology*, 71(2), 219-225.

- [168] Varoni, E. M., Zuccheri, T., Carletta, A., Palazzo, B., Cochis, A., Colonna, M., & Rimondini, L. (2017). In vitro efficacy of a novel potassium oxalate hydrogel for dentin hypersensitivity. *European Journal of Oral Sciences*, 125(2), 151-159.
- [169] Tosun, S., Culha, E., Aydin, U., & Ozsevik, A. S. (2016). The combined occluding effect of sodium fluoride varnish and Nd: YAG laser irradiation on dentinal tubules—A CLSM and SEM study. *Scanning*, 38(6), 619-624.
- [170] Sharma, D., Hong, C. X., & Heipp, P. S. (2013). A novel potassium oxalate-containing tooth-desensitising mouthrinse: a comparative in vitro study. *Journal of Dentistry*, 41, S18-S27.
- [171] Öncü, E., Karabekiroğlu, S., & Ünlü, N. (2017). Effects of different desensitizers and lasers on dentine tubules: An in-vitro analysis. *Microscopy research and technique*, 80(7), 737-744.
- [172] Watson, T. F. (1991). Applications of confocal scanning optical microscopy to dentistry. *British dental journal*, 171(9), 287-291