



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**ÇEŞİTLİ HASSASİYET GİDERİCİLERİN
DENTİN GEÇİRGENLİĞİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Nasibe Aycan YILMAZ

**Samsun
Mart-2015**



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
RESTORATİF DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**ÇEŞİTLİ HASSASİYET GİDERİCİLERİN
DENTİN GEÇİRGENLİĞİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Nasibe Aycan YILMAZ

Danışman

Prof. Dr. Ertan ERTAŞ

Samsun

Mart-2015

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Nasibe Aycan YILMAZ tarafından Prof. Dr. Ertan ERTAŞ danışmanlığında hazırlanan “Çeşitli Hassasiyet Gidericilerin Dentin Geçirgenliğine Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 09/ 03/ 2015 tarihinde yapılan sınav ile Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalında DOKTORA Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ertan ERTAŞ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Alp Erdin KOYUTÜRK, Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Hasan ORUÇOĞLU, Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Eda GÜLER, Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ebru USLU CENDER, Ordu Üniversitesi

ONAY:

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

09/ 03/ 2015

Doç. Dr. Aydın HİM
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tez çalışmam boyunca sabırlı ve ılımlı tavırlarıyla bana her konuda yol gösteren, her zaman yanımda olan ve bugünlere gelmemi sağlayan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ertan ERTAŞ'a;

Tez konusunu kararlaştırdığımız günden bu yana desteğini esirgemeyen ve bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazını kullanma konusundaki bilgi ve tecrübelerini içtenlikle paylaşan AİBÜ Dişhekimliği Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Hasan ORUÇOĞLU'na; verdiği moral desteği ve samimi telkinleriyle takıldığım her anda toparlanmamı sağlayan Sayın Doç. Dr. Eda GÜLER'e; tezime olan katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Alp Erdin KOYUTÜRK'e ve Yrd. Doç. Dr. Ebru USLU CENDER'e;

Çalışmamın SEM analizlerinin KİTAM Laboratuvarında gerçekleştirilmesini sağlayan Sayın Biyolog Yunus GEDİK ve Prof. Dr. Ömer Andaç'a; istatistik analizinin yapılmasında yardımcı olan OMÜ Tıp Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Sevgi CANBAZ ve OMÜ Ziraat Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Vedat CEYHAN'a; çalışmamda kullanılan çeşitli solüsyon ve malzemelerin temininde yardımcı olan OMÜ Kimya Fakültesi Araş. Gör. Okan UÇARLI ve Doç. Dr. İclal BULUT'a; OMÜ Veteriner Fakültesi Öğretim Üyeleri Sayın Prof. Dr. Abdurrahman AKSOY, Doç. Dr. Yavuz Kürşad DAŞ ve Doç. Dr. Metin ÇENESİZ'e;

Doktora eğitimim boyunca gösterdikleri anlayış ve destekleri için Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalındaki hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma;

Doktora eğitimime başvurmam konusunda beni cesaretlendiren, destek ve sevgisiyle daima yoluma ışık tutan değerli dostum Larry INDELICATO'ya;

Hayatımda ve tez çalışmam boyunca yaşadığım her zorlukta yanımda olan sevgili abim Mak. Yük. Müh. İlker YILMAZ'a; hayattaki duruşunu örnek aldığım, bütün hayatını çocuklarına adayan ve dünyanın en fedakar annesi olan Fadime ACAR'a

Sonsuz Teşekkürlerimi Sunarım ...

Tez çalışmamı; koşulsuz sevgi, iyilik ve insanlık gibi manevi değerlerin, bu hayatta ulaşılabilecek tüm diploma ve statülerden daha üstün olduğunu bana öğreten anneannem Esmâ ACAR ve dedem Mustafa ACAR'a ithaf ediyorum.

* Bu tez çalışması, 114S019 proje numarası ile TÜBİTAK Sağlık Bilimleri Araştırma Destek Grubu tarafından desteklenmiştir.

ÖZET

ÇEŞİTLİ HASSASİYET GİDERİCİLERİN DENTİN GEÇİRGENLİĞİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Amaç: Bu çalışmanın amacı; beş farklı dentin hassasiyet gidericinin, dentin geçirgenliği ve tübül tıkaçıcılığı üzerindeki etkilerini ve bu etkilerin kalıcılığını *in vitro* olarak değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Sığır kesici dişlerinden elde edilen 100 adet dentin diskinin geçirgenlik değerlerinde meydana gelen kantitatif değişiklikler; hassasiyet gidericiler (Gluma Powergel (GPG), Bifluorid 12 (BIFLUORID), Gluma Self Etch Bond (GSE), D/Sense Crystal (D/SENSE) ve Nupro Novaminli Profilaksi Patı (NUPRO)) uygulandıktan sonra, 1 dk boyunca %6'lık sitrik asit uygulandıktan sonra veya yapay tükürükte 24 saat bekletildikten sonra bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazıyla ölçüldü. Dentin yüzeyindeki ve tübüllerdeki değişiklikler SEM analizi ile değerlendirildi. Verilerin istatistiksel analizi yapıldı.

Bulgular: Hassasiyet gidericiler uygulandıktan sonra, tüm gruplarda dentin geçirgenliğinde istatistiksel olarak anlamlı azalma gözlemlendi ancak sadece GSE ve NUPRO grupları arasındaki farkın anlamlı olduğu tespit edildi ($p<0,05$). Sitrik asit uygulandıktan sonra ve yapay tükürükte bekletildikten sonra, tüm gruplarda dentin geçirgenliğinde anlamlı bir artış olduğu gözlemlendi ($p<0,05$). Sitrik asit alt grupları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilirken ($p>0,05$); yapay tükürük alt gruplarından sadece D/SENSE ve BIFLUORID grupları arasındaki fark anlamlı bulundu ($p<0,05$). SEM analizinde; dentin yüzeylerinde ve tübüllerinde uygulanan hassasiyet gidericiye göre değişen morfolojik değişiklikler gözlemlendi.

Sonuç: Çalışmada kullanılan tüm hassasiyet gidericiler dentin geçirgenliğini azaltmada etkili olmakla birlikte bu etkinlikleri; asit ortamda ve yapay tükürükte azalmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dentin hassasiyeti, dentin geçirgenliği, bilgisayarlı sıvı filtrasyonu, SEM

Nasibe Aycan YILMAZ, Doktora Tezi
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Mart 2015

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECTS OF VARIOUS DENTIN DESENSITIZERS ON DENTIN PERMEABILITY

Aim: The aim of this study was to evaluate the efficacy and durability of five different dentin desensitizers on dentin permeability and tubule occlusion *in vitro*.

Materials and Method: The quantitative changes in dentin permeability of 100 dentin discs obtained from bovine incisors were measured after desensitizer (Gluma Desensitizer Powergel (GPG), Bifluorid 12 (BIFLUORID), Gluma Self Etch Bond (GSE), D/Sense Crystal (D/SENSE) and Nupro Sensodyne Prophylaxis Paste with Novamin (NUPRO)) application, following 6% citric acid challenge for 1 min or immersion in artificial saliva for 24 hours via computerised fluid filtration device. Qualitative SEM analyses were carried out to evaluate the morphological changes of the dentin surface and dentin tubules. The data were analyzed statistically.

Results: Dentin permeability was decreased statistically significantly after desensitizer application in all groups. Nevertheless, only GSE and NUPRO groups were observed statistically different ($p < 0.05$). Dentin permeability was increased significantly after citric acid challenge and immersion in artificial saliva ($p < 0.05$). Citric acid subgroups were not statistically different ($p > 0.05$). Of all the artificial saliva subgroups; only D/SENSE and BIFLUORID were observed as statistically different ($p < 0.05$). Morphological changes related with the desensitizer applied were observed on the dentin surface and within the tubules by SEM analysis.

Conclusion: All studied desensitizers had decreasing effect on dentin permeability. Somehow the efficacy of the desensitizers was decreased after immersion in artificial saliva and acid challenge.

Keywords: Dentin sensitivity, dentin permeability, computerised fluid filtration, SEM.

Nasibe Aycan YILMAZ, PhD Thesis

Ondokuz Mayıs University, Samsun, March 2015

SİMGE VE KISALTMALAR

A	: Açık Dentin Yüzey Alanı
ACP	: Amorf Kalsiyum Fosfat
AİBÜ	: Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Ark.	: Arkadaşları
A- β	: A-beta
A- δ	: A-delta
Au/Pd	: Altın/Paladyum
BIFLUORID	: Bifluorid 12
BSA	: Sığır Serum Albümini
Ca ⁺²	: Kalsiyum İyonu
Ca(OH) ₂	: Kalsiyum Hidroksit
CaF ₂	: Kalsiyum Florid
cmH ₂ O	: Santimetre Su
CPP-ACP	: Kazein Fosfopeptid Amorf Kalsiyum Fosfat
Da	: Dalton
dk	: Dakika
D/SENSE	: D/Sense Crystal
EDTA	: Etilendiamin Tetra Asetik Asit
EDX	: Enerji Dağılımlı X-ışınları Analizi
Fap	: Floroapatit
FBS	: Fetal Sığır Serumumu
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)
GPG	: Gluma Desensitizer Powergel
GSE	: Gluma Self Etch Bond
HCA	: Hidroksi Karbonat Apatit
HCl	: Hidroklorik Asit
HEMA	: Hidroksi Etil Metakrilat
I	: Tübül Uzunluğu
Ig G	: Immünoglobulin G
Jv	: Sıvı akış oranı

K ⁺	: Potasyum İyonu
kDa	: Kilodalton
K ₂ HPO ₄	: Potasyum Hidrojen Fosfat
KİTAM	: Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma Uygulama Merkezi
kPa	: Kilopascal
KSCN	: Potasyum Tiyosiyanat
LED	: Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
Lp	: Hidrolik İletkenlik Değeri
mL	: Mililitre
mm	: Milimetre
mm ²	: Milimetrekare
Na ⁺	: Sodyum İyonu
NaCl	: Sodyum Klorür
NaF	: Sodyum Florid
NaHCO ₃	: Sodyum Bikarbonat
Na ₂ HPO ₄	: Disodyum Hidrojen Fosfat
NUPRO	: Nupro Sensodyne Prophylaxis Paste with Novamin
OMÜ	: Ondokuz Mayıs Üniversitesi
PBS	: Fosfat Tamponlu Salin
PO ₄ ⁻³	: Fosfat İyonu
psi	: İnç kare başına pounds (Pounds per Square Inch) basınç birimi
r	: Tübül Çapı
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope)
SiC	: Silikon Karbid
Si-OH	: Silisyum Hidroksil
sn	: Saniye
SPSS	: Sosyal Bilimler için İstatistik Paketi (Statistical Package for Social Sciences)
t	: Zaman
UDMA	: Üretan Dimetakrilat
V	: Sıvı Akış Oranı
4-META	: 4-Metakriloksi Etil Trimellitat Anhidrit

\pm SD	: Standart Sapma Oranları
%	: Yüzde
$^{\circ}$ C	: Derece Santigrat
μ L	: Mikrolitre
μ m	: Mikrometre
Δ P	: Hidrostatik basınç
η	: Viskozite
<	: Küçüktür
>	: Büyüktür
=	: Eşittir



İÇİNDEKİLER	
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR	vii
İÇİNDEKİLER	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Dentin	3
2.2. Dentin Geçirgenliği	4
2.2.1. Dentin Geçirgenliğinde Etkili Olan Faktörler	6
2.2.2. Doğal Hassasiyet Giderme Mekanizması	8
2.3. Dentin Hassasiyeti	9
2.3.1. Tanım	9
2.3.2. Dentin Hassasiyeti Oluşum Teorileri	9
2.3.3. Dentin Hassasiyetinin Oluşması	12
2.3.4. Dentin Hassasiyetinin Epidemiyolojisi	13
2.3.5. Dentin Hassasiyeti Klinik Teşhisi ve Ayırıcı Tanısı	14
2.3.6. Etiyolojik Faktörler	15
2.4. Dentin Hassasiyetinin Tedavisi	17
2.4.1. Tedavi Sınıflandırması ve Tedavi Seçeneğine Karar Verme	17
2.4.2. Hassasiyet Gidericilerin Etkinliğini Değerlendiren Çalışmalar	25
3. GEREÇ ve YÖNTEM	33
3.1. Çalışmada Kullanılan Cihaz ve Ekipmanlar	33
3.2. Dentin Geçirgenliğinin Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Cihazı ile Ölçülmesi	33
3.2.1. Dentin Disklerinin Hazırlanması	35
3.2.2. Standart Smear Tabakasının Oluşturulması	36
3.2.3. Dentin Disklerinin Parçalı Disk Geçirgenlik Apereyine Uyumlanması	37
3.2.4. Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Cihazının Hazırlanması	38
3.2.5. Smear Tabakanın Kaldırılması	39
3.2.6. Grupların Oluşturulması	40
3.2.7. Hassasiyet Gidericilerin Uygulanması ve Lp 3 Ölçümleri	41

3.2.8. Hassasiyet Gidericilerin Asite ve Tükürüğe Dayanıklılıklarının Ölçülmesi	43
3.3. SEM Analizi	45
3.4. İstatistik Analizi	48
4. BULGULAR	49
4.1. Dentin Geçirgenliğinin Ölçümü İle Elde Edilen Bulgular	49
4.2. SEM İncelemesi İle Elde Edilen Bulgular	52
4.2.1. Smear(+) Kontrol Grubu	52
4.2.2. Smear(-) Kontrol Grubu	52
4.2.3. GPG Tedavi Grubu	53
4.2.4. GPG Sitrik Asit Grubu	54
4.2.5. GPG Yapay Tükürük Grubu	55
4.2.6. BIFLUORID Tedavi Grubu	56
4.2.7. BIFLUORID Sitrik Asit Grubu	57
4.2.8. BIFLUORID Yapay Tükürük Grubu	58
4.2.9. GSE Tedavi Grubu	59
4.2.10. GSE Sitrik Asit Grubu	60
4.2.11. GSE Yapay Tükürük Grubu	61
4.2.12. D/SENSE Tedavi Grubu	62
4.2.13. D/SENSE Sitrik Asit Grubu	63
4.2.14. D/SENSE Yapay Tükürük Grubu	64
4.2.15. NUPRO Tedavi Grubu	65
4.2.16. NUPRO Sitrik Asit Grubu	66
4.2.17. NUPRO Yapay Tükürük Grubu	67
5. TARTIŞMA	68
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	92
KAYNAKLAR	94
EK. Tez Çalışmasının 114S019 proje numarası ile TÜBİTAK Sağlık Bilimleri Araştırma Destek Grubu tarafından Desteklendiğini Gösteren Belge	113
ÖZGEÇMİŞ	114

1. GİRİŞ

Dentin hassasiyeti (DH); dişte herhangi bir dental defekt veya patoloji olmadığı halde kimyasal, ısısız, dokunsal, ozmotik veya buharlaştırıcı uyaranlara cevap olarak ortama açılmış dentin yüzeylerinde oluşan, kısa süreli, keskin bir ağrı olarak tanımlanır (Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003; Gernhardt, 2013).

Dentin hassasiyeti; dişhekimi klinik pratiğinde çok sık karşılaşılan ve farklı toplumlarda yetişkin popülasyonunda % 8-57 arasında değişen oranlarda görülen ağrılı klinik bir durumdur (Dababneh ve ark., 1999). Gelişmiş ülkelerde ağız sağlığına verilen önemin ve ortalama yaşam ömrünün artmasıyla birlikte, doğal dişlerin ağızda kalma süreleri ve dolayısıyla DH görülme sıklığı da artmıştır (Bartold, 2006). DH, hastaya yemek yerken, birşey içerken hatta nefes alırken rahatsızlık vermenin yanısıra, ağrı hissinden dolayı hastayı ilgili dişleri fırçalamaktan alıkoyarak oral hijyen işlemlerinin yerine getirilmesinde de güçlükler neden olabilmektedir. Hastalar duydukları rahatsızlık nedeniyle; ağız bakımını ihmal etme, beslenme alışkanlıklarını değiştirme gibi davranış değişiklikleri gösterirler. Bu da hastada ilave çürük ve periodontal rahatsızlıklar gelişmesine yol açabildiğinden DH, dişhekimi tarafından önemle ele alınması gereken bir durumdur (Porto ve ark., 2009; Gernhardt, 2013).

Dentin hassasiyetini açıklamaya yönelik olası mekanizmalar içerisinde bugün hala geçerliliğini koruyan ve tüm dünyada kabul gören teori, Brännström ve Aström'un 1967 yılında ortaya koydukları 'Hidrokinamik Teori'dir. Bu teoriye göre, diş gelen her türlü uyarı dentin tübülleri içerisindeki dentin sıvısının hidrokinamik hareketi ile pulpaya iletilmektedir. Dış uyaranlar dentin tübüllerinde sıvı hareketine neden olarak dentin tübüllerindeki ve pulpadaki sinir uçlarını aktive eder ve DH'ne neden olur (Borges ve ark., 2012).

Dentin hassasiyeti tedavisinde iki yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; dentin tübüllerini mekanik olarak tıkayan ya da örten dolayısıyla dentin geçirgenliğini ve tübüllerdeki sıvı akışını azaltan hassasiyet gidericilerin kullanılmasıdır. İkinci tedavi yaklaşımı ise sinir iletimini bloke eden kimyasalların kullanımına dayanmaktadır. Hassasiyet gidericiler uygulanma şekillerine göre; hastaların evde kendileri uyguladıkları veya klinikte dişhekimi tarafından uygulanan profesyonel hassasiyet gidericiler olarak gruplandırılabilirler (Borges ve ark., 2012). DH'nin tedavisinde

kullanılan çok fazla sayıda hassasiyet giderici bulunmasına rağmen, bu ağırlı durumu anında ve kalıcı olarak ortadan kaldıracak ideal bir hassasiyet giderici henüz mevcut değildir (Gernhardt, 2013).

Bu çalışmada; dentin geçirgenliğini azaltarak DH'ni gidermede kullanılan beş farklı hassasiyet giderici incelenmiştir. Çalışmaya; gluteraldehit içerikli Gluma Desensitizer Powergel (GPG), florid içerikli Bifluorid 12 (BIFLUORID), rezin içerikli Gluma Self Etch Bond (GSE), oksalat içerikli D/Sense Crystal (D/SENSE) ve novamin içerikli Nupro Sensodyne Profilaksi Patı (NUPRO)'dan oluşan 5 grup dahil edilmiştir. Hassasiyet gidericilerin sıgır dişlerinden elde edilen dentin disklerine uygulanmalarını takiben dentin geçirgenliğine etkileri, Oruçoğlu ve ark. tarafından geliştirilmiş bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı kullanılarak *in vitro* ortamda değerlendirilmiş ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu hassasiyet gidericiler, ağız dakine benzer asit ortamda ve yapay tükürük içinde bekletilerek etkilerinin kalıcılığı değerlendirilmiştir. Hassasiyet gidericilerin dentin yüzeyinde ve dentin tübüllerinde oluşturduğu morfolojik değişiklikler ise SEM analizi ile değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada oluşturulan hipotezler şu şekildedir:

Hipotez 1: Çalışmada yer alan 5 farklı hassasiyet gidericinin uygulandığı dentin disklerinin ortalama geçirgenlik değerlerinde gruplar arasında farklılık yoktur.

Hipotez 2: Çalışmada yer alan hassasiyet gidericilerin uygulandığı dentin disklerinin; sitrik asit uygulanması öncesi ve sonrası ortalama geçirgenlik değerleri arasında farklılık yoktur.

Hipotez 3: Çalışmada yer alan hassasiyet gidericilerin uygulandığı dentin disklerinin yapay tükürükte bekletilme öncesi ve sonrası ortalama geçirgenlik değerleri arasında farklılık yoktur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Dentin

Dişin esas kütesini meydana getiren dentinin mikroyapısı ve özellikleri; restoratif dişhekimliğinde gerçekleştirilen işlemlerin hemen hemen hepsi üzerinde etkisi bulunan önemli bir belirleyicidir (Marshall Jr ve ark., 1997).

Dentin poröz yapıda biyolojik bir kompozittir. Kısmen mineralize olan kollajen matriks (intertübüler dentin) içerisinde, yüksek derecede mineralize peritübüler dentinle çevrili dentin tübüleri yer alır. Peritübüler dentin hacimce % 95 mineral içerirken intertübüler dentindeki mineral oranı hacimce % 30'dur. Dentin tübüleri içerisinde, plazmaya oldukça benzerlik gösteren ve "dentin lenfi" olarak da adlandırılan dentin sıvısı yer almaktadır. Dentin sıvısının kompozisyonu tam olarak bilinmemekle birlikte; *in vitro* ve *in vivo* ortamda yapılan çeşitli araştırmalar sonucunda albumin, immünoglobulin G (Ig G) ve fibrinojen gibi plazma proteinleri içerdiği tespit edilmiştir (Knutsson ve ark., 1994; Izumi ve ark., 1998; Love ve Jenkinson, 2002). Dentin sıvısı ayrıca yüksek oranda sodyum iyonu (Na^+) ve düşük oranda potasyum iyonu (K^+) iyonu içermekte olup kalsiyum (Ca^{+2}) ve fosfat (PO_4^{-3}) açısından doygunudur (Pashley, 1986). Dentin sıvısının kompozisyonu normalde odontoblastların kontrolü altındadır. Ancak dentinin açığa çıkması ya da çürük oluşumu gibi durumlar ortaya çıktığında kompozisyonu değişebilmektedir (Pashley, 2002).

Dentinin toplam hacminin % 50'sini, toplam ağırlığının ise % 70'ini oluşturan mineral fazı; genel olarak hidroksiapatit kristallerinden meydana gelir. Hacimce % 30'unu, ağırlıkça % 20'sini oluşturan organik fazda; yaklaşık % 93 oranda tip I kollajenler, geri kalan kısımda kollajen olmayan proteinler ve diğer organik bileşenler bulunmaktadır (Marshall Jr ve ark., 1997; Mjör, 2009).

Dentinin su içeriği değişken olup, derin dentin dokusunda yüzeysel dentine oranla yaklaşık 20 kat daha fazladır. Bu durum özellikle adeziv restorasyon işlemlerinde dentine bağlanmada riskli bir durum yaratmaktadır (Pashley, 2002; Tjäderhane ve ark., 2009).

Kron ve kökün dış yüzey alanı pulpa odasından daha dar olduğundan pulpaya ilerleme esnasında odontoblastlar birbirine doğru yaklaşmak zorunda kalır ve dolayısıyla oluşturdukları dentin tübüleri de dentinin farklı bölgelerinde farklı oranlarda görülür. Mine-dentin birleşiminden pulpaya yaklaştıkça tübül sayısı

artmaktadır. Mine-dentin birleşimine yakın yaklaşık 15000-20000/mm² olan tübül oranı, pulpa yakınında yaklaşık 45000-60000/mm² civarındadır. Dentin tübüleri kron dentininde pulpadan mineye doğru, kök dentininde ise pulpadan semente doğru tüm dentin boyunca silindirik şekilde uzanırlar (Pashley, 2002).

Tübül iç yüzeyinde peritübüler dentin birikimi arttıkça tübül çapı daraldığından; her bir dentin tübülünün en büyük boyutu pulpaya yakın bölgede, en küçük boyutu ise kuronda mine-dentin birleşiminde, kökte sement-dentin birleşimindedir. Kron dentininde, mine dentin birleşimine yakın yüzeyel dentinde ortalama tübül çapı yaklaşık 0,8 µm iken pulpaya yakın derin dentinde yaklaşık 2,5 µm'dir. Peritübüler dentinin kalınlığının yaşla birlikte giderek artması, dentin tübül çapının azalmasına ve sonuçta tıkanmasına neden olur (Marshall Jr ve ark., 1997).

2.2. Dentin Geçirgenliği

Geçirgenlik diğer adıyla permeabilite; sıvı, iyon, bakteri ya da çok küçük partiküllerin geçişine olanak verme durumudur. Standart koşullar altında vücut veya doku boyunca bir maddenin geçiş kolaylığı veya difüzyon oranı olarak da tanımlanabilir (Ghazali, 2003; Mjör, 2009).

Biyolojik bariyerler boyunca gerçekleşen difüzyon ve hidrolik iletkenlik olmak üzere başlıca 2 tip geçiş tanımlanmıştır. Bu iki olay dentinde aynı yerde yani dentin kanalı içerisinde meydana gelir. Hidrolik iletkenlik oranı tübül çapının dördüncü kuvvetiyle orantılıyken; difüzyon oranı tübül çapının karesi ile orantılı şekilde değişmektedir (Merchant ve ark., 1977). Difüzyon diğer adıyla pasif taşınma, partiküllerin sıvı ortamda yüksek konsantrasyonlu alandan düşük konsantrasyonlu alana doğru pasif olarak hareket etmesidir. Dentin boyunca gerçekleşen difüzyon, oldukça yavaş seyreden bir süreçtir. Pashley ve Matthews (1993); yaklaşık 1-2 mm kalınlığındaki dentin disklerinde difüzyon oluşabilmesi için, (molekülün boyutuna bağlı olarak değişmekle birlikte) 30-120 dk kadar süre geçmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Dentinin difüzyon özelliklerinin bilinmesi, ilaç vb. yabancı maddelerin dentine geçişini anlamak açısından önemlidir (Ghazali, 2003).

Dentin ve pulpa, pulpodentin kompleksi diye adlandırılan ve biyolojik olarak devamlılık arz eden bir doku kompleksi olarak kabul edilirler (Pashley, 2002). Fizyolojik olarak dentin, zararlı maddelerin pulpaya serbest difüzyonuna karşı koruyucu bir bariyer oluşturur (Fogel ve ark., 1988). Ancak, mine-dentin birleşimi ve sement-

dentin birleşiminden pulpaya kadar uzanan ve difüzyon kanalları gibi davranan mikroskobik boyutta milyonlarca tübül nedeniyle zayıf bir difüzyon bariyeridir (Pashley, 1996; 2002).

Pulpal doku basıncı yaklaşık 15 cmH₂O (1,47 kPa) değerindedir ve bu değer ağız ortamındaki atmosferik basınçtan daha yüksektir. Buna rağmen normal, örtülü dentinde mine ve sementin oluşturduğu hidrostatik rezistans sayesinde dışarıya doğru bir sıvı akışı gerçekleşmemektedir (Ciucchi ve ark., 1995). Dentinden ağız ortamına doğru sıvı akışı; ancak dentinin periferal örtüsünü oluşturan minede veya sementte (çürük, erozyon, abrazyon, atrizyon, fraktür, restoratif işlem vb. herhangi bir nedenle) kayıp meydana gelmesi durumunda açığa çıkan dentinde gözlenebilmektedir (Pashley, 1996). Dentin tübülleri içerisindeki bu sıvı akışı; birçok araştırma ile *in vivo* ve *in vitro* olarak tespit edilmiştir (Maita ve ark., 1991; Vongsavan ve Matthews, 1991; 1992a; Pashley ve Matthews, 1993; Pashley ve ark., 1996; Vongsavan ve ark., 2000).

Dentin tübülleri herhangi bir nedenle açıldığında; ağız ortamı ve pulpa arasında madde taşınmasına imkan sağlayan sıvı dolu bir ortam olarak rol oynarlar. Tübüllerin içindeki bu sıvı ortamda; endotoksin, egzotoksin gibi bakteri yan ürünleri diffüze olup pulpal reaksiyonlara neden olabilirler. Pulpadan dışa doğru süregelen dentin sıvısı akışının, zararlı maddelerin pulpaya ulaşmasını engellemede dolayısıyla pulpanın savunmasında önemli bir rolü vardır. Dentin sıvısındaki moleküllerin; hem bakteri ve ürünleri ile direkt etkileşerek hem de dentin geçirgenliğini azaltmak suretiyle konakçı savunmasında rol aldıkları düşünülmektedir (Love ve Jenkinson, 2002). Pulpal kan akımı ve dentin sıvısının birbirlerinin devamı olduğu ve pulpal kan akımının yabancı materyalleri hücreler arası ortamdan uzaklaştırmadaki etkinliği, açığa çıkmış dentinde radyoaktif izleme metodu ile ispatlanmıştır (Pashley, 1996; 2002).

Pulpa, zararlı kimyasal uyaranlara kısa dönemde akut enflamatuvar bir yanıt oluşturarak cevap vermektedir. Bu akut enflamatuvar cevapta öncelikle kapiller geçirgenlik artar ve daha sonra vasküler ortamdan tübül içindeki dentin sıvısına yüksek oranda plazma proteinleri sızar (Pashley, 1986; 1996; Love ve Jenkinson, 2002). Stenvik ve ark. (1972); enflamasyonlu pulpa dokusundaki doku basıncının 15 cmH₂O (1,47 kPa) normal değerinden, 40–50 cmH₂O (3,92–4,90 kPa) değerine yükseldiğini tespit etmişlerdir. Lokal doku basıncının artmasıyla pulpadan dışa doğru akan dentin

sıvısı miktarı da artmakta ve bu sayede bakteri ürünlerinin pulpaya invazyonu engellenmeye çalışılmaktadır (Maita ve ark., 1991; Vongsavan ve Matthews, 1994).

Pulpa dokusunun irritasyon etkenlerine karşı uzun dönemde oluşturduğu biyolojik yanıt; bariyer niteliğindeki tersiyer dentini oluşturarak pulpodentin kompleksinin geçirgenliğini azaltmaktır (Pashley, 1996; 2002). Dentin tübülleri, odontoblast uzantılarının ve doku sıvılarının kalıntılarını içerirler ve yaşla birlikte miktarı artan peritübüler dentinle ya da mineral depozitleri ile tıkanabilirler. Dentin tübüllerinin minerallerle kısmen veya tamamen tıkanması durumunda dentin sklerozundan bahsedilir. Sklerotik dentinde tübüllerin içinde biriken bu mineral depozitleri; çürük nedeniyle, restoratif işlemlerin sonucunda ya da ağız ortamına açılma nedeniyle oluşabilirler ve tübül lümeninin çapını daraltırlar (Mjör, 2009). Tübüllerin mineral depozisyonu ile tamamen tıkanması söz konusu olduğunda, dentin geçirgen olmayan ve transparan görünümlü bir hale gelir (Marshall ve ark., 2000; Çelik ve ark., 2009). Sklerotik dentinde minerallerle tıkanmış tübüller bakteriyel invazyona karşı fiziksel bir bariyer oluşturur (Love ve Jenkinson, 2002).

2.2.1. Dentin Geçirgenliğinde Etkili Olan Faktörler

Dentin, tübüler yapısı nedeniyle oldukça poröz yapıda olup mikroskopik bir süngere benzetilmiştir (Pashley ve ark., 2002). Dentinin birim alandaki tübül sayısı ve tübül boyutu, dentinin her yerinde aynı olmadığından dentinin geçirgenlik özellikleri de bölgesel olarak farklılıklar gösterir. Dentin tübüllerinin artan çaplarına ve artan sayısına bağlı olarak pulpaya doğru gittikçe geçirgenlik artar. Dolayısıyla derin dentinde geçirgenlik her zaman yüzeysel dentinden daha fazladır. Oklüzal dentinde geçirgenlik, pulpa ile direkt ilişkili tübüllerin yer aldığı pulpa boynuzlarının üzerinde daha fazla; dentinin merkezinde daha azdır (Pashley ve ark., 1987; Fogel ve ark., 1988; Pashley, 2002).

Dentin kalınlığı boyunca meydana gelen sıvı akış oranı, Şekil 1’de görülen Poiseuille-Hagen eşitliği ile açıklanabilmektedir (Michelich ve ark., 1978):

$$V = \frac{\Delta P r^4}{8 \eta l}$$

Şekil 1. Poiseuille-Hagen eşitliği

Bu eşitlikteki V , sıvı akış oranını ifade eder ve birimi $\mu L dk^{-1}$ dır. Eşitlikte yer alan ΔP , hidrostatik basınç farkını; η , viskoziteyi; l , tübüllerin uzunluğunu; r ise

tübül çapını temsil eder. Poiseuille eşitliğine göre; tübüllerdeki sıvı akış oranı, tübül çapının dördüncü kuvvetiyle doğru orantılıdır. Tübül çapı, anatomik tübül çapını değil fonksiyonel tübül çapını ifade etmektedir. Fonksiyonel tübül çapı, tübüllerdeki sıvı akışını etkileyen tüm değişkenler içerisinde en önemli parametredir ve fonksiyonel tübül çapındaki çok küçük değişiklikler bile tübül içindeki sıvı akış oranında büyük değişikliklere yol açmaktadır (Michelich ve ark., 1978; Fogel ve ark., 1988). Michelich ve ark. (1978), dentin tübüllerinin fonksiyonel çaplarının, gerçek anatomik çaplarına göre daha dar olduğunu belirtmiştir. Dentin tübüllerinin mikroskobik çapı mine-dentin sınırında yaklaşık 0,5-0,9 µm olarak belirlenmesine rağmen; hidrodinamik olarak çapları sanki 0,1 µm gibi fonksiyon görürler (Pashley, 2002; Ghazali, 2003). Poiseuille eşitliğine göre; tübüllerdeki sıvı akış oranı aynı zamanda tübül uzunluğu ile yani dentin kalınlığı ile ilişkilidir. Dentin kalınlığı arttıkça geçirgenlik azalmaktadır (Reeder ve ark., 1978; Fogel ve ark., 1988).

Dentinin farklı yerlerinde farklı morfolojik özellikler bulunmasının yanında, mevcut morfolojisinde de patolojik ve fizyolojik nedenlerle ya da zamanla (yaşla) birlikte değişiklikler meydana gelmektedir. Artan yaşla birlikte peritübüler dentin kalınlığı artar, tübül çapı daralır ve geçirgenlik azalır (Pashley, 2002).

Dentin boyunca sıvı geçişi; pulpa dokusunun mevcudiyetine (dişlerin vitalitesine) göre de değişmektedir. Dişlerin pulpası çıkarıldığında, odontoblastların çoğunluğunun dentine tutunmuş şekilde kaldığını, odontoblastların hücre gövdeleri uzaklaşmış olsa bile prototoplazmik uzantılarının tübül içerisinde bulunduğu tespit edilmiştir (Pashley ve ark., 1978a). Çekilmiş dişlerde muhtemelen 1 hafta içerisinde bu organik doku artıkları otolize uğrayarak yok olmakta ve tübül içi direncin azalmasıyla birlikte dentin geçirgenliği artış göstermektedir (Pashley ve ark., 1978a).

Dentin geçirgenliğinde molekül boyutu da önemlidir. Dentinin geçirgenliği, su gibi küçük moleküller için yüksek; albumin ve Ig'ler gibi büyük moleküller için düşüktür. Ayrıca, molekül ağırlığı 10^6 Da'nın üzerinde olan endotoksin gibi moleküller için de düşük geçirgenlik değerleri bildirilmiştir (Pashley, 2002).

Smear Tabaka

Pashley ve ark. (1978a); canlı bir dişte yüzey direnci, tübül içi direnç ve pulpal direnç olmak üzere başlıca 3 faktörün dentin tübülleri içindeki sıvı akışına karşı direnç oluşturduğunu bildirmişlerdir. Bunların içinde en önemlisi smear tabakası tarafından

oluşturulan yüzey direncidir ve toplam direncin % 86'sından sorumlu olduğu kabul edilir (Pashley, 2013).

Dentin yüzeyleri kesilerek ya da aşındırılarak prepare edildiğinde, yüzeyde oluşan smear tabaka doğal bir kavite örtücüsü gibi davranır (Ahlquist ve ark., 1994). Parçalanmış dentin partikülleri, organik ve inorganik debristen oluşan smear tabaka ile tübüllerin üzeri örtülmekte ve tübüllerin içine giren smear tıkaçları ile tübül ağzları tıkanmaktadır (Love ve Jenkinson, 2002; Mjör, 2009). Yaklaşık 1-5 μm kalınlığında olan smear tabakasının dentin geçirgenliğini önemli ölçüde azalttığı birçok çalışmayla doğrulanmıştır (Ahlquist ve ark., 1994; Prati, 1994; Greenspan ve ark., 1998).

Pashley (1986); dentin geçirgenliğinin artması halinde, mikrobiyal ürünlerin tübüller aracılığıyla plaktan pulpaya doğru yavaş ve devamlı surette diffüze olacağını bildirmiştir. Pulpaya geçen mikrobiyal ürünlerin miktarı, dentinin kalınlığına, yüzey alanına, smear tabaka mevcudiyetine ve mikrobiyal ürünlerin potansiyeline bağlıdır. Hem kuron hem kök dentininde smear tabaka mevcut olduğunda, bakteriyel invazyonun daha zor gerçekleştiği ve dentin smear tabakası ile örtülü olduğunda, pulpada daha düşük şiddette enflamasyon görüldüğü bildirilmiştir (Love ve Jenkinson, 2002). Ancak; kuron veya kök dentini ağız ortamına açıldığında dentin yüzeyleri oral mikroorganizmalar tarafından kısa sürede kolonize olmaktadır. Bu sayede mikroorganizmalar, smear tabaka ve tıkaçlarını çözerek bakteriyel ürünlerinin pulpaya ulaşmasını sağlayan giriş yollarını arttırmaları (Pashley, 2013). Bakterilerin oluşturduğu biofilm tabakasının, smear tabakayı 7-10 gün içerisinde çözebilecek derecede organik asit üretebildiği rapor edilmiştir (Pashley, 1991; 1996; 2013; Carrilho ve ark., 2007).

2.2.2. Doğal Hassasiyet Giderme Mekanizması

Dentin geçirgenliğinin spontan olarak azalabildiği ilk defa Lundy ve Stanley (1969) tarafından farkedilmiştir. Daha sonra yapılan birçok çalışma ile, dentin geçirgenliğinin spontan olarak azalmasını sağlayan doğal hassasiyet giderme mekanizmaları detaylı olarak incelenmeye devam edilmiştir. Herhangi bir terapötik tedavi uygulanmamış dentinde, geçirgenliğin spontan olarak azalması dentinde meydana gelen fizyolojik ve patolojik kaynaklı şu değişikliklerden kaynaklanmış olabilir (Pashley, 1986; 2013):

- İrritasyon dentininin oluşumu
- Peritübüler dentinin kalınlığında zamanla artış meydana gelmesi

- Tübüllerin içinde, kaynağını tükürükten alan minerallerin birikmesi
- Tübüllerin içinde, kaynağını dentin sıvısından alan kristallerin birikmesi
- Tübüllerin içinde kollajen tıkaçlarının oluşumu
- Tübüllerin içine büyük çaplı plazma proteinlerinin sızması
- Tübüllerin bakterilerle invazyonu
- Çürük kristallerinin oluşumu
- Hassas dentin yüzeyinde diş taşı birikmesi sonucu tübüllerin örtülmesi

2.3. Dentin Hassasiyeti

2.3.1. Tanım

Uluslararası literatürde kabul edilen ve yaygın şekilde kullanılan tanımına göre DH; ortama açılmış dentin yüzeylerinde termal, buharlaştırıcı, dokunsal, ozmotik veya kimyasal dış uyaranlara cevap olarak oluşan, başka herhangi bir dental defekt, patoloji veya hastalık ile açıklanamayan kısa süreli ve keskin bir ağrıdır. DH, gerçek bir hastalıktan ziyade bir semptomlar kompleksi olarak kabul edilir (Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003; Gernhardt, 2013).

Dentin hassasiyeti, yemek yerken birşey içerken hatta nefes alırken rahatsızlık vermenin yanında, ağrı hissi nedeniyle hastayı ilgili dişleri fırçalamaktan alıkoyarak ağız bakım işlemlerinin yerine getirilmesinde güçlükler neden olmaktadır. Bu durum hastada ilave dental problemler gelişmesine yol açabilmektedir. DH'nin, hastaların yaşam kalitesini olumsuz etkilemesine son dönemde yapılan bazı araştırmalarda da dikkat çekilmiştir (Bekes ve Hirsch, 2013; Sixou, 2013). Dolayısıyla DH, dişhekimliği klinik pratiğinde önemle ele alınması gereken bir durumdur (Porto ve ark., 2009; Akatsuka ve ark., 2012).

2.3.2. Dentin Hassasiyeti Oluşum Teorileri

Pulpa çeşitli uyaranlara tek şekilde; ağrıyla cevap verir. Ancak ağrı uyaranını dentin boyunca ileten mekanizma henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Dental ağrının iletimini ve DH'nin oluşumunu açıklamak için bugüne kadar 3 teori ileri sürülmüştür. Bunlar; direkt innervasyon teorisi, odontoblast reseptör teorisi ve hidrodinamik teoridir (Yu ve Abbott, 2007; Davari ve ark., 2013).

Direkt İnnervasyon Teorisi

Direkt innervasyon teorisi; pulpadan dentine geçen sinir liflerinin mine dentin birleşimine kadar uzandığını ve mekanik uyarıyı ağrı olarak direkt pulpaya ilettiğini savunur. Ancak, yüzey dentininde sinir mevcudiyetini destekleyecek kanıt bulunamamıştır (West, 2008). Raschkow ve intratübüler sinirler diş tamamen sürene kadar gelişimini tamamlayamaz ancak yeni süren bir diş de hassas olabilmektedir. Ayrıca dentin yüzeyine bradikinin gibi ağrı oluşturuucu maddeler uygulandığında ağrı oluşmamakta ya da lokal anestezi solüsyonlarla dentin yıkandığında ağrı olmamaktadır. Bu nedenlerle direkt innervasyon teorisi günümüzde geçerliliğini yitirmiştir (Miglani ve ark., 2010; Davari ve ark., 2013).

Odontoblast Reseptör Teorisi

Odontoblast reseptör teorisine göre; odontoblastlar ağrı reseptörü gibi davranıp uyarıları sinaptik bağlantılarla pulpal sinirlere iletirler. Ancak, odontoblastların hücrel matriksleri nöral impulsları üretecek özellikte değildir ve uyarılabilir hücreler olarak kabul edilmezler. Odontoblastlar ve pulpal sinirler arasında herhangi bir sinaps tespit edilememiştir ve aralarında kimyasal bir iletimden bahsedilemez. Dolayısıyla bu teori de geçerliliğini yitirmiştir (West, 2008; Davari ve ark., 2013).

Hidrokinamik Teori

Dentin hassasiyetini açıklamaya yönelik tüm mekanizmalar içerisinde bugün hala geçerliliğini koruyan ve tüm dünyada kabul gören teori, Brännström ve Aström (1964) tarafından ileri sürülen 'Hidrokinamik Teori'dir. Bu teoriye göre her türlü uyarı dentin tübülleri içerisindeki dentin sıvısının hidrokinamik hareketi ile pulpaya iletilmektedir. Dış uyarılar dentin tübüllerinde sıvı hareketine neden olarak dentin-pulpa kompleksindeki sinir uçlarını aktive eder ve DH'ne neden olur. Ancak DH oluşabilmesi için; dentin yüzeyinin açığa çıkması ve ayrıca dentin tübüllerinin hem pulpal tarafta hem de ağız ortamına doğru açık olması gereklidir (Brännström ve Aström, 1964; Cunha-Cruz ve ark., 2010; Gernhardt, 2013).

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve boya penetrasyon çalışmaları ile hassas dentinin özelliklerini incelemek mümkün olmuştur. Hassasiyet gösteren dişlerde hassasiyet görülmeyen dişlere oranla 8 kat daha fazla ve 2 kat daha geniş dentin tübülü bulunduğu ve tübüllerin çoğunlukla açık olduğu tespit edilmiştir (Absi ve ark., 1987;

1989). Ayrıca hassas dentin yüzeylerindeki smear tabakası, hassas olmayan dentin yüzeylerindeki smear tabakasına oranla daha ince ve daha az kalsifiye niteliktedir (Rimondini ve ark., 1995; Miglani ve ark., 2010).

Dentindeki açık ve geniş tübül sayısının artması; dentin boyunca sıvı geçirgenliğini, uyarı iletimini ve oluşacak ağrı cevabını da arttıracaktır (Bamise ve Esan, 2011; Mantzourani ve Sharma, 2013).

Tübül çapı hidrolik iletkenliği belirlemede anahtar faktör olarak kabul edilir ve tübül çapını azaltmak suretiyle dentinin geçirgenliği azaltılabilmektedir (Markowitz ve Pashley, 2008). Poiseuille kanununa göre dentin tübülleri içindeki sıvı akış oranı, tübül çapının dördüncü kuvveti ile orantılı olduğundan; tübül çapının yarıya düşmesi, sıvı akış oranının 16 kat azalmasına neden olur. Bu durum, özellikle tübülleri daraltarak ya da tıkayarak etki göstermeyi amaçlayan tedavi yöntem ve materyalleri açısından önemlidir (Dababneh ve ark., 1999; Pinto ve ark., 2010; Davari ve ark., 2013). Ishihata ve ark. (2011b); etkili bir hassasiyet giderici tedavide tübüllerin tamamen tıkanmasının ve geçirgenliğin tamamen ortadan kaldırılmasının önkoşul olmadığını, sıvı iletiminin azaltılmasının yeterli olduğunu vurgulamışlardır.

Terapötik ajanlarla, fizyolojik veya patolojik nedenlerle dentin tübüllerinin kısmen ya da tamamen tıkanması; tübül içindeki sıvı akışında azalma yaratarak DH semptomlarının azalmasında rol oynamaktadır (Porto ve ark., 2009).

Dentin tübülleri içerisindeki sıvı akışının tam olarak nasıl bir mekanizmayla pulpal sinirleri uyardığı henüz anlaşılamamıştır. Matthews ve Vongsavan (1994), yaptıkları hayvan deneylerinin sonucunda, uyarılara karşı bir mekanoreseptör yanıtın oluştuğunu ileri sürmüşlerdir. Uyarının türüne göre pulpaya doğru ya da tersi yönde gerçekleşebilen tübül içi sıvı hareketi; pulpa-dentin kompleksindeki sinir liflerinin mekanik deformasyonuna ve dolayısıyla uyarılmasına neden olmakta ve sonuçta ağrı oluşmaktadır (Matthews ve Vongsavan, 1994).

Dentin tübüllerinin içerisinde geniş myelinli A-delta ($A-\delta$) ve A-beta ($A-\beta$) sinir lifleri ile daha küçük boyuttaki miyelinsiz C sinir lifleri yer alır. DH'de hissedilen ağrı duyusunun iletiminden sorumlu olan A lifleridir. A liflerinin tamamına yakını pulpanın koronal kısmının periferinde bulunur ve pulpa boynuzları bölgesinde yoğunlaşmışlardır. A lifleri; periferde konumlanmaları, uyarılabilirlik eşiklerinin düşük olması ve hızlı iletim sağlama özellikleri sayesinde, pulpal doku hasarı olmaksızın

oluşan dış uyaranlara, hızlı başlayan ve kısa süren keskin bir yanıt verir. C lifleri ise uyarılabilirlik eşiklerinin yüksek olması nedeniyle; pulpal doku hasarı ve pulpal enflamasyon gibi durumlarla ilişkili olarak uyarılırlar ve yavaş başlayan, künt ve rahatsız edici bir yanıt oluştururlar (Yu ve Abbott, 2007; West, 2008; Bamise ve Esan, 2011).

Ortama açılan tübüllerde dışa doğru gerçekleşen yavaş orandaki sıvı akışı tüm tübül içeriğini günde 10 kez yenilemeye yetecek düzeydedir (Johnson ve ark., 1973; Pashley, 1986). Ancak bu sıvı akışı; pulpal mekanoreseptörleri aktive etmeyecek düzeyde, çok yavaş oranda gerçekleşir. Bu basınç farkını değiştirecek herhangi bir uyarın, tübül içi sıvı hareketini arttırarak ağrıya neden olabilmektedir (Pashley, 1986; Borges ve ark., 2012).

2.3.3. Dentin Hassasiyetinin Oluşması

Dababneh ve ark. (1999); DH'nin meydana gelişini 2 aşamaya ayırmıştır. Normalde dentin; koronal bölgede mine ile, kök bölgesinde ise sement ile örtülüdür. Herhangi bir nedenle mine ve/veya sement aşındığında, dentin açığa çıkar. Dentinin açığa çıktığı ilk aşama 'lezyon lokalizasyonu' olarak adlandırılır. Lezyon lokalizasyonu çoğunlukla mine ve dişetine gelen abrazyon ve eroziv etkilerin sonucunda oluşmakta ve genellikle bukkal servikal alanlarda başlamaktadır. Erozyon, abrazyon, atrizyon ve abfraksiyon lezyonları dentinin açığa çıkmasına neden olan sert doku aşınmalarıdır (Mantzourani ve Sharma, 2013). Klinik bulgular dentinin açığa çıkmasında; sement kaybının da eşlik ettiği dişeti çekilmelerinin, servikal mine kayıplarına oranla çok daha fazla oranda sorumlu tutulabileceğine işaret etmektedir. Diş eti çekilmesi yani yumuşak doku kaybı meydana geldiğinde; kök dentinini örten ince sement tabakası hızlıca ve kolaylıkla aşınır (Dababneh ve ark., 1999; Bamise ve ark., 2008).

Açığa çıkmış her dentin yüzeyinde hassasiyet oluşmaz. Açığa çıkan dentinin hassas olabilmesi için smear tabakasının ve smear tıkaçlarının uzaklaşması gereklidir. Dentin tübüllerinin açıldığı bu ikinci aşama 'lezyon başlangıcı' aşamasıdır. Bu aşamada dentin tübülleri aracılığıyla pulpa da dış ortamla ilişkilendirilmiş olur. Abrazyon ve eroziv faktörler tübüllerin üzerindeki smear tabakayı ve smear tıkaçlarını uzaklaştırmada etkilidir. Fakat klinik çalışmalar göstermiştir ki; mekanik faktörlere asidik yiyecek ve içeceklerin sık oranda tüketilmesi eşlik ettiğinde yani abrazyon ve erozyon kombine

olduğunda durum daha da şiddetlenmektedir (Dababneh ve ark., 1999; Borges ve ark., 2012).

2.3.4. Dentin Hassasiyetinin Epidemiyolojisi

Gelişmiş ülkelerde ağız sağlığına verilen önemin ve ortalama yaşam ömrünün artmasıyla birlikte doğal dişlerin ağızda kalma süreleri ve dolayısıyla da DH görülme sıklığı artmıştır (Bartold, 2006).

Dentin hassasiyeti, dişhekimi klinik pratiğinde çok sık karşılaşılan ve farklı toplumlarda yetişkin popülasyonunda % 8-57 arasında değişen oranlarda görülen ağrılı bir klinik durumdur (Dababneh ve ark., 1999). DH'nin prevalansı periodontal tedavi gören hastalarda daha fazla, yaklaşık % 60-98 oranında bildirilmiştir (Chabanski ve ark., 1996; Taani ve Awartani, 2001; Porto ve ark., 2009). Periodontal tedaviyi takiben diş eti çekilmesi, sement kaybı gibi durumlar sıklıkla oluşabilmektedir. DH, genellikle periodontal tedavi tamamlandıktan sonraki 8 haftada kademeli olarak azalmakla birlikte; aylarca hatta yıllarca da sürebileceği bildirilmiştir (Haugen ve Johansen, 1988; Markowitz ve Pashley, 2008).

Dentin hassasiyeti en fazla 20-40 yaş aralığında görülmekle birlikte 3. dekadın sonlarına doğru bu oran en üst düzeye ulaşmaktadır (Dababneh ve ark., 1999). Yaşlı bireylerde kök dentininin açığa çıkmasına daha sık rastlanmasına rağmen DH genç bireylere oranla daha nadir görülmektedir. Sekonder dentin oluşumu, tübüllerin içerisinde mineral birikmesi, tübül sayısında azalma gibi durumların yaşla birlikte artması; pulpanın hücresel, vasküler ve nöral kapasitesinin yaşla birlikte azalması; dentinin geçirgenliğini azaltır ve dolayısıyla yaşlı bireylerde DH oluşumuna daha nadir rastlanır (Ahlquist ve ark., 1994; Borges ve ark., 2012).

Genel olarak, DH'nin bayanlarda erkeklere oranla biraz daha fazla görüldüğü rapor edilmiştir. Bu farklılıkta, bayanların dental hijyene daha fazla önem vermelerinin, ağrıya karşı daha duyarlı davranmalarının ve diş hekimine daha sık başvurularının rol oynayabileceği düşünülmektedir (Holland ve ark., 1997; Gillam ve ark., 2002; Porto ve ark., 2009; Amarasena ve ark., 2010).

Dentin hassasiyetinden en çok etkilenen dişler genellikle kanin ve birinci premolar dişler; en az etkilenen dişler ise molar dişlerdir. DH, dişlerin fırça travmasından en fazla etkilenen bukkal servikal yüzeylerinde daha sıklıkla görülmektedir. Ayrıca gelişimsel olarak yaklaşık % 10 oranında görülebilen bir

durumda; dişin kole bölgesinde mine ve sement karşılaşmayıp dentini örtülememekte ve dentin ağız ortamında açıkta kalabilmektedir. Bu durumda DH görölme olasılığı artmaktadır (Addy, 1990; Borges ve ark., 2012). Ancak DH'nin, herhangi bir dişin herhangi bir yüzeyinde de ortaya çıkması mümkündür (Absi ve ark., 1987; Dababneh ve ark., 1999; Kawasaki ve ark., 2001).

Zayıf oral hijyenin, dolayısıyla mikrobiyal dental plağın DH oluşumundaki etkisi hala tartışmalı bir konudur (Borges ve ark., 2012). Orchardson ve Gillam (2006), DH'nin başlamasında dental plağın önemli bir rolünün bulunmadığını savunmuşlardır. DH'nin en çok görüldüğu kanin ve 1. premolarların, ağızda en düşük plak skor değerlerine sahip dişler olması ve DH görülen hastaların genel olarak dişlerini aşırı şekilde temizleyen bireyler olmaları; plağın tek başına hassasiyeti başlatabilecek düzeyde bir ağrı uyararı oluşturamayacağını göstermektedir (Davari ve ark., 2013). Zayıf oral hijyen; diş eti çekilmesi, ataşman kaybı ve kökün açığa çıkması gibi DH'e sebebiyet veren periodontal hastalıklara yol açabilmektedir. Periodontal hastalıkların yanında hatalı oral hijyen uygulamaları da diş eti çekilmesine ve dolayısıyla DH'e neden olmaktadır (Walters, 2005).

2.3.5. Dentin Hassasiyeti Klinik Teşhisi ve Ayırıcı Tanısı

Dikkatli bir klinik muayene ve ayrıntılı bir anamneze dayanan, DH tanımındaki klinik özelliklerle uyumlu olan doğru teşhisin konması önemlidir. DH teşhisi; ancak ağrıya neden olabilecek diğer tüm nedenler elimine edildikten ve ayırıcı teşhis yapıldıktan sonra konulabilir. Çürük, pulpitis, çatlak diş, palatogingival oluk, başarısız restorasyonlardaki marjinal sızıntı, beyazlatma tedavisi sonrası hassasiyet gibi pek çok durum ağrı oluşturarak DH'ni taklit edebildiğinden ayırıcı teşhisin yapılması oldukça önemlidir (Orchardson ve Gillam, 2006; Cummins, 2010; Miglani ve ark. 2010).

Hastanın tıbbi dental hikayesini alırken; DH başlama zamanı, ağrının şiddeti ve süresi, semptomları arttıran ya da azaltan faktörler mutlaka sorulmalıdır (Davari ve ark., 2013). Klinik muayenede, dişlerdeki hassasiyetin derecesini tespit etmek amacıyla; ilgili diş yüzeyine hava uygulanması (buharlaştırıcı uyararı), sond gezdirilmesi (dokunsal uyararı), soğuk uygulanması, hipertonic çözelti emdirilmiş pamuk pelet bekletilmesi (ozmotik uyararı) gibi uygulamalarla ağrı uyararıları taklit edilir. Ağrının derecesi hafif, orta, şiddetli ağrı şeklinde kalitatif parametrelerle ya da görsel analog skalası (VAS) kullanılarak kantitatif parametrelerle belirlenebilir (Orchardson ve

Gillam, 2006). Ayrıca, palpasyon (pulpal ya da periodontal nedenlerin tespitinde), tahta çubuk/pamuk rulo ısırma testi ve transillüminasyon (çatlak diş ya da kırık tespitinde) gibi diagnostik testler de ayırıcı teşhiste yardımcıdır (Gillam ve Orchardson, 2006; Davari ve ark., 2013).

Açığa çıkmış tübüller genellikle tüm dentin yüzeyi boyunca yer almamakta, düzensiz şekilde dağılım göstermektedirler. Dentinde açığa çıkmış tübüllerin bulunduğu kısım, sondla muayenede ağrılı yanıt oluşmasına neden olur. Diş yüzeyinde sondla yapılan muayene tübül içindeki dentin sıvısının pulpaya doğru hareketine neden olurken, hava spreyi yardımıyla oluşturulan buharlaştırıcı uyaran ise dentin sıvısının pulpadan dışarıya doğru hareket etmesine neden olur (Absi ve ark., 1987; Petersson, 2013).

Sıcak uyaranlar ortama açılan dentin tübüllerindeki dentin sıvısının pulpaya doğru hareket etmesine, soğuk uyaranlar ise pulpadan dışı doğru hareketine neden olur. Pulpadan dışı doğru gerçekleşen sıvı hareketi, pulpaya doğru olan sıvı hareketine kıyasla çok daha şiddetli bir yanıt oluşturmaktadır (Vongsavan ve Matthews, 1992b). Soğuk uyaranların, sıcak uyaranlara nazaran hastalarda daha fazla rahatsızlık yaratması ve DH görülen hastaların yaklaşık % 75'inde soğuk hassasiyeti şikayeti bulunması da bunu doğrular niteliktedir (Porto ve ark., 2009; Miglani ve ark.,2010).

Hipertonik solüsyonlar (örn. şekerli gıda alımı), dentin sıvısının tübül içinde pulpadan dışarıya doğru hareket etmesine neden olur. Bu hareket yeterince hızlı olduğunda, A-delta sinir lifleri uyarılarak keskin ve lokalize DH oluşur. Şekerli gıdalar ağız sıvılarında çözüldüğünde, saniyeler içinde hipertonik ortam oluşur ve yaklaşık 1200 psi değerine kadar ulaşabilen şiddette osmotik basınç yaratırlar (Pashley, 1986).

Klinik muayenede bir restorasyonun kenar uyumu ve sızdırmazlığını anlamada bu özellikten yararlanılabilmektedir. Sükrozdan veya kalsiyum kloridden doygun bir pamuk pelet restorasyon sınırlarında gezdirildiğinde; restorasyonda mikrosızıntıya sebebiyet veren defektler mevcutsa, ozmotik olarak indüklenen tübül içi sıvı hareketi hastada ani ve geçici bir hassasiyet yaratacaktır (Pashley, 1986).

2.3.6. Etiyolojik Faktörler

Dentin hassasiyetine neden olabilecek etiyolojik faktörlerin teşhisi ve ortadan kaldırılması; DH tedavisinde dişhekimlerince sıklıkla ihmal edilen bir aşamadır.

Etiyolojik faktörler; hatalı diş fırçalama, prematur oklüzal kontaklar, diş eti çekilmesi ya da asitli yiyecek ve içeceklerden zengin diyet olabilir (Davari ve ark., 2013).

Hatalı diş fırçalama nedenleri; sert kıllı fırçanın kullanılması, dişlere aşırı kuvvet uygulayarak fırçalama, servikal bölgelere fırçanın hiç değdirilmemesi ya da aşındırarak şekilde abartılı fırçalama yapılması şeklinde sıralanabilir. Hastanın muayeneye gelirken diş fırçasını yanında getirmesi istenmeli ve hastaya doğru diş fırçalama tekniği öğretilmelidir (Miglani ve ark., 2010; Davari ve ark., 2013).

Hastanın diyet ve oral hijyen alışkanlıkları (diş fırçalama zamanı, süresi, sıklığı; fırçalama tekniği, fırçasını değiştirme sıklığı, tahmini olarak fırçalama sırasında uyguladığı kuvvet) ayrıntılı şekilde öğrenilmelidir. Hastanın diyeti bir süre takip edilmeli; asidik yiyecek ve içeceklerin alınma sıklığı ve süresi değerlendirilmeli; diyet alışkanlıkları erozyon oluşmasına imkan tanımayacak şekilde düzenlenmelidir. Doğru şekilde doğru zamanda uygulanacak oral hijyen uygulamalarıyla, abrazyon ve erozyonun kombinasyonunun önüne geçilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca hastalar abraziv içerikli diş macunlarını kullanmamaları ve asidik içecek veya yiyecekler tüketildikten sonra en az 1 saat süreyle dişlerini fırçalamamaları hususunda bilgilendirilmelidirler (Miglani ve ark., 2010; Davari ve ark., 2013).

Dentin hassasiyetinin başlaması ve ilerlemesinde eroziv maddelerin etkili olduğu çalışmalarla kanıtlanmıştır. Eroziv maddeler, mine ve dentinde smear tabakası ve tıkaçlarını kaldırabilmekte, dentin tübüllerini açabilmektedirler (Eisenburger ve Addy, 2002). Erozyon, dış kaynaklı veya iç kaynaklı asitlerden dolayı oluşabilir. Dış kaynaklı erozyon, diyet ve çevresel nedenlere bağlı olarak oluşurken; iç kaynaklı erozyon ise dişlerin mide asidine maruz kalması sonucunda oluşmaktadır. Diyet erozyonuna neden olan içecek ve yiyecekler arasında; turuncgiller, şarap, sirke, meyve suyu, turşu, gazlı içecekler yer alır. Kırmızı ve beyaz şarap, narenciye suyu, elma suyu ve yoğurdun, dentin smear tabakasını birkaç dakika içinde hızlıca çözebildiği bildirilmiştir. Akü üretim tesisinde çalışmak, şarap tadıcılığı yapmak gibi mesleksi (çevresel) faktörler de erozyona neden olmaktadır (Eisenburger ve Addy, 2002; Miglani ve ark., 2010). İç kaynaklı asit içeren eroziv ajanlar; çoğunlukla yeme bozukluğu olan hastalarda reflü ya da gastrointestinal regürjitasyon yoluyla ağız ortamına ulaşırlar. Alta yatan hastalığın tedavisi için bir uzman doktor ile konsültasyon gereklidir (Miglani ve ark., 2010; Davari ve ark., 2013).

2.4. Dentin Hassasiyetinin Tedavisi

2.4.1. Tedavi Sınıflandırması ve Tedavi Seçeneğine Karar Verme

Grossman (1935)'in ileri sürdüğü ve günümüzde halen geçerli olan kriterlere göre ideal bir hassasiyet giderici; etkisi hemen başlayan ve uzun süren, ağrısız ve kolay uygulanabilen, dişleri renklendirmeyen, pulpaya zararsız bir materyal olmalıdır. DH'nin tedavisinde uygulanan çok sayıda hassasiyet giderici bulunmasına rağmen, bu özelliklerin tamamını kapsayacak ve altın standart olarak kabul edilebilecek ideal bir hassasiyet giderici ya da tedavi yöntemi henüz mevcut değildir (Gernhardt, 2013).

Dentin hassasiyeti tedavilerini preventif (koruyucu) ve terapötik (iyileştirici) tedaviler olarak ikiye ayırmak mümkündür. Koruyucu tedaviler; hassasiyet oluşumunda etkili olan risklerin ve etiyolojik faktörlerin azaltılmasını, oral hijyen eğitimi, oklüzyon ve diyet düzenlemelerini kapsar (West, 2008). Terapötik tedavi yöntemleri; uygulanma şekillerine göre, evde hasta tarafından uygulanan ve klinikte dişhekimi tarafından uygulanan (profesyonel) tedaviler olmak üzere 2'ye ayrılır. Evde hasta tarafından uygulanan tedavilerde, reçetesiz satılan nispeten ekonomik ürünler kullanılır (Saylor ve Overman, 2011). Hassasiyet azaltıcı etki gösterebilmeleri için yaklaşık 2-4 hafta süreyle düzenli kullanım gerektirmeleri profesyonel tedavilere göre dezavantajdır (Lynch ve ark., 2012; Sharma ve ark., 2012; Talioti ve ark., 2014).

Tedavi yöntemine karar verirken hassasiyetin şiddeti ve etkilenen diş sayısına dikkat edilmelidir (Orchardson ve Gillam, 2006). Hafif-orta şiddette ve yaygın diş hassasiyetlerinde ilk tedavi seçeneği evde uygulanan tedaviler (yumuşak kıllı diş fırçaları ile birlikte kullanılan hassasiyet giderici diş macunları, gargaralar vb.) olmalıdır. Hastaya evde başlatılan tedavide 2-4 hafta sonunda ağrıda rahatlama ve azalma olmadığında, klinikte dişhekimi tarafından uygulanan tedavi ile devam edilmelidir (Porto ve ark., 2009; Miglani ve ark., 2010; Davari ve ark., 2013).

2-3 dişli ilgilendiren lokalize ve daha şiddetli hassasiyetlerde ise ilk seçenek olarak dişhekimi tarafından klinikte uygulanan tedavilere başlanmalı (Orchardson ve Gillam, 2006; Davari ve ark., 2013) ve öncelikle invaziv olmayan yöntemler (topikal hassasiyet gidericiler, rezinler, vernikler vb.) tercih edilmelidir (Duran ve ark., 2005; Bartold, 2006; Porto ve ark., 2009).

Hassasiyet gidericilerin sınıflandırılması uygulanma şekillerinden başka ayrıca etki mekanizmalarına göre yapılabilmektedir (Bartold, 2006; Orchardson ve Gillam,

2006; West, 2008; Miglani ve ark., 2010). Hassasiyet gidericiler, DH tedavisinde etkili oldukları mekanizmaya göre 2'ye ayrılır:

1) Sinir duyarsızlaştırması yoluyla uyarının sinir uçları tarafından algılanmasını engelleyen hassasiyet gidericiler

2) Dentin tübüllerini tıkamak, fonksiyonel çaplarını azaltmak ya da tübül ağzlarını örtmek suretiyle dentin tübülleri içindeki sıvının hareketinin kısıtlanmasını sağlayan hassasiyet gidericiler

Evde Uygulanan Tedaviler

Diş Macunları

2003 yılında DH ile ilgili olarak Kanada'da yayınlanan bildiride; DH oluşumunun önlenmesi ve ilk basamak, invaziv olmayan tedavisi amacıyla, hastalara günde 2 kere hassasiyet giderici özellikle floridli diş macunlarının kullanılması önerilmiştir (Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003). Literatürde; predispozan faktörlerin ortadan kaldırılmasını takiben kullanılan hassasiyet giderici diş macunlarının DH'i gidermede etkili olduğunu kanıtlayan klinik çalışmalar mevcuttur (Nagata ve ark., 1994; Seong ve ark., 2013). Ancak düşük florid konsantrasyonuna sahip diş macunlarının tek başlarına kullanıldıklarında dentin tübüllerini tıkamada ve dolayısıyla DH semptomlarını azaltmada yetersiz kaldığı bildirilmiştir (Plagmann ve ark., 1997; Petersson, 2013).

Piyasaya ilk sürülen hassasiyet giderici diş macunlarının içeriğinde, tübülleri tıkayarak etki gösteren stronsiyum tuzları ve florid yer almıştır (Davari ve ark., 2013). Hassasiyet giderici diş macunlarının içeriğinde ayrıca; çinko, kalay gibi çeşitli metal iyonları ve alüminyum, silika, kalsiyum karbonat gibi abraziv bileşenler de yer almakta ve bu bileşenler dentin tübüllerinin kısmen ya da tamamen tıkanmasını sağlamaktadırlar (Petersson, 2013).

Günümüzde kullanılan hassasiyet giderici diş macunlarının çoğu potasyum klorid, potasyum sitrat, potasyum nitrat gibi potasyum tuzlarını içerir (Cummins, 2010; Lynch ve ark., 2012). % 5 oranında potasyum nitrat içeren diş macunları 1980'den beri kullanılmaktadır (Tarbet ve ark., 1980). Potasyum tuzlarının, dentin tübülleri boyunca ilerleyip sinir iletimini bloke ederek sinir liflerinin uyarılabilirliğini ve dolayısıyla ağrıyı azalttığı düşünülmektedir (Peacock ve Orchardson, 1995; Miglani ve ark., 2010; Saylor ve Overman, 2011). Potasyum tuzları içeren diş macunlarının etkinliği, devamlı

kullanımlarını takiben genellikle 4-8. haftalarda gözlenebilmektedir (Addy, 2002; Yassen ve ark., 2011). Potasyum içerikli diş macunlarının etkinliğini kanıtlayan pek çok klinik çalışma (Schiff ve ark., 2000a; Schiff ve ark., 2000b; Sowinski ve ark., 2000; Sowinski ve ark., 2001; Wara-Aswapati ve ark., 2005) bulunmakla birlikte; yapılan bir meta analizde (Poulsen ve ark., 2006) bu bulgular desteklenmemiştir.

Yakın dönemde, arginin ve kalsiyum karbonat içerikli diş macunları ve klinikte uygulanan profesyonel ürünler piyasaya sürülmüştür. % 8 arginin, kalsiyum karbonat ve 1450 ppm florid içeren diş macununun, alkali ortam oluşturduğu ve kaynağını tükürükten alan kalsiyum ve fosfatın dentin yüzeyine ve tübüllerin içerisine çökmesini kolaylaştırdığı bildirilmiştir (Cummins, 2009).

Ayrıca son dönemde, diş macunlarının içeriğine amorf kalsiyum fosfat (ACP), kazein fosfopeptid amorf kalsiyum fosfat (CPP-ACP), kalsiyum sodyum fosfosilikat (novamin) gibi bioaktif materyallerin ilave edilmesiyle remineralize edici ve hassasiyet giderici diş macunları ortaya çıkmıştır (Wolff, 2009; Pinheiro ve ark., 2010; Saylor ve Overman, 2011).

Dentin hassasiyeti görülen hastalara, hassasiyet giderici diş macunlarını yumuşak kıllı fırçalarla birlikte kullanmaları ve macunun etkinliğini maksimum oranda sürdürebilmesi için mümkün olduğunca az su kullanarak fırçalama yapmaları önerilmelidir (Miglani ve ark., 2010).

Gargaralar

Florid içerikli hassasiyet giderici gargaraların kompozisyonunda sıklıkla sodyum florid (NaF) yer alır. Yaklaşık % 0,2 konsantrasyonda NaF içeren gargaraların hassasiyet giderici olarak etkili olduğu kabul edilir (Pereira ve Chava, 2001).

Florid içermeyen hassasiyet giderici gargaralar ise; aktif ajan olarak stronsiyum tuzları, potasyum tuzları, sodyum klorid ve sodyum bikarbonat ihtiva eder (Duke ve ark., 1992). Sodyum klorid ve sodyum bikarbonat, oral mukozayı irrite etmeyen hatta oral mukozanın devamlılığının korunmasına yardımcı olan izotonik bir solüsyon oluşturur (Thompson, 1992). % 0,2 NaF ve % 3 potasyum nitrat kombinasyonu içeren gargaraların DH'ni azaltıcı terapötik etkileri mevcuttur (Pereira ve Chava, 2001; Sharma ve ark., 2012).

Son dönemde % 0,8 arginin, PVM/MA kopolimeri, pirofosfat tuzları ve % 0,05 NaF içeren yeni bir gargara piyasaya sürülmüştür. *In vitro* ortamda arginin/kopolimer

kompleksinin açılmış dentin tübüllerini tıkayıp dentin geçirgenliğini azalttığı rapor edilmiştir (Yassen ve ark., 2011; Markowitz, 2013).

Klinikte Dişhekimi Tarafından Uygulanan Profesyonel Tedaviler

Sinir Duyarsızlaştırması Yoluyla Etki Gösteren Hassasiyet Gidericiler

Dentin hassasiyeti tedavisinde sinir duyarsızlaştırması yoluyla etki gösteren ve klinikte dişhekimi tarafından uygulanan hassasiyet gidericiler aktif madde olarak potasyum tuzları içerir. Bu amaçla en çok kullanılan aktif içerik olan potasyum nitrat, klinikte aköz solüsyon ve jel şeklinde iki formda uygulanabilmektedir. (Chu ve Lo, 2010; Miglani ve ark., 2010; Saylor ve Overman, 2011).

Dentin Geçirgenliğini Azaltarak Etki Gösteren Hassasiyet Gidericiler

Klinikte DH'nin tedavisinde kullanılan pek çok hassasiyet gidericinin dentin geçirgenliğini azaltmada da etkili olması hidrodinamik teoriyi desteklemektedir. Dentin yüzeyine uygulanan bir tedavinin, dentin tübüllerindeki sıvı akışında azalmaya sebep olması durumunda teorik olarak bu tedavinin DH'ni gidermede etkili olduğu kabul edilir (Pereira ve ark., 2002; Sauro ve ark., 2010).

Dentin tübüllerini örten ya da tübüllerin içerisinde çökelti oluşturarak tıkayan materyaller aracılığıyla dentin geçirgenliğinin azaltılması; DH giderilmesinde sıklıkla tercih edilen mekanik tedavi yaklaşımıdır (Orchardson ve Gillam, 2006; Wolff, 2009).

Dentin tübüllerini tıkayan ajanlar; hasta tarafından evde kullanılan diş macunlarının içeriğine dahil edilebildiği gibi; dişhekimi kliniğinde kullanılan profesyonel ürünler aracılığıyla da uygulanabilmektedir Mello ve ark. (2013). Bazı araştırmacılar, klinikte dişhekimi tarafından uygulanan profesyonel tedavi yaklaşımının son dönemde daha fazla tercih edildiğini bildirmişlerdir (Yassen ve ark., 2011).

Florid Bileşikleri

Floridin hassasiyet giderici olarak kullanılabileceği ilk kez 1941 yılında gündeme gelmiştir (Lukomsky, 1941). Floridin hassasiyeti giderme amacıyla uygulanması; genellikle diş macunu, gargara, jel, vernik gibi taşıyıcılar aracılığıyla olmaktadır (Strohmenger ve Brambilla, 2001; Petersson, 2013) ve pek çok ülkede topikal jel tedavilerinin yerini verniklerin aldığı bildirilmiştir (Bawden, 1998; Chu ve Lo, 2005; Maas ve ark., 2013).

Sodyum florid (NaF); DH tedavisinde en çok kullanılan tedavi ajanlarından biridir (Orchardson ve Gillam, 2006; Calabria ve ark., 2014). Diş yüzeyinde kalsiyum florid (CaF₂) kristalleri çökelterek dentin tübüllerinin girişini örten mekanik bir bariyer gibi davranır (Pereira ve ark., 2005). NaF kristallerinin tükürükte çözünmesi ve mekanik olarak tübüllerin içinden kolaylıkla uzaklaşabilmesi nedeniyle; % 2 konsantrasyonda NaF içeren ve klinikte uygulanan topikal jelin formülasyonuna asit eklenmiş ve bu şekilde ortaya çıkan asidüle sodyum florid uygulamasıyla, dentin tübüllerinin daha derininde çökelti oluşturabilmek mümkün olmuştur (Miglani ve ark., 2010).

Floridler iontoforezle kombine olarak da kullanılabilmekte ve elektrik akımıyla, iyonik difüzyonun artırılması sağlanmaktadır (Porto ve ark., 2009). Ayrıca amin florid (Pereira ve ark., 2005), stannöz florid (Suhonen, 1991) ve titanyum tetraflorid (Kazemi ve ark., 1999) gibi başka florid bileşikleri de DH tedavisinde kullanılabilir (Petersson, 2013).

Diş yüzeyi ile temas eden floridin yavaş ve devamlı surette salınmasını sağlayarak etkinliğini ve kalıcılığını arttırabilmek amacıyla florid vernikleri geliştirilmiştir. Vernikler, diş yapısına birkaç saat süreyle geçici olarak bağlanabilen doğal rezin esaslı taşıyıcılardır ve aktif içerik olarak genellikle % 5 NaF içerirler. Ekonomik ve uygulanması kolay ürünlerdir (Beltrán-Aguilar ve ark., 2000; Strohenger ve Brambilla, 2001; Chu ve Lo, 2005). Verniğin içeriğindeki florid, organik bir solventte çözülmüş durumdadır. Diş yüzeyini örtecek şekilde ince bir tabaka halinde uygulamayı takiben bu solvent buharlaşır. Diş yüzeyinde kalan vernik dentin tübül ağzlarını mekanik bir bariyer gibi örter ve alttaki dentin tübülleri içerisine yüksek konsantrasyonda florid iyonu salınması sonucu Fap (floroapatit) ve CaF₂ formasyonu gerçekleşir (Cruz ve ark., 1992; Arends ve ark., 1997; Petersson, 2013). Florid içerikli verniklerin DH semptomlarını gidermede haftalarca etkili olduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Ritter ve ark., 2004; Ritter ve ark., 2006; Hoang-Dao ve ark., 2009).

Florid verniklerinin akut toksik reaksiyonlar oluşturma ya da dental florozise neden olma risklerinin oldukça düşük düzeyde olduğu bildirilmiş ve bu anlamda emniyetli ürünler olarak kabul edilmişlerdir (Bawden, 1998; Chu ve Lo, 2005). Ancak

uygulandıkları diş yüzeylerinde geçici süreyle renklenme yaratmaları dezavantajdır (Beltrán-Aguilar ve ark., 2000; Chu ve Lo, 2005; Ritter ve ark., 2006).

Adeziv Rezinler

Diş yüzeyine topikal olarak uygulanan birçok hassasiyet gidericinin dentine bağlanamaması nedeniyle etkileri kısa sürmekte ve geçici olmaktadır. Diş yüzeyine bağlanabilen adeziv sistemlerin hassasiyet giderici olarak kullanılması ile daha uzun süreli ve kalıcı etki elde edilebileceği düşünölmüştür (Orchardson ve Gillam, 2006).

Dentin hassasiyetini gidermek amacıyla yapılan adeziv uygulamalar; ilgili dentin yüzeyine vernik veya dentin bağlayıcı ajanlarının topikal uygulamalarını ve dentin yüzeyinin kompozit rezinle restore edilerek örtölmesini kapsar (Orchardson ve Gillam, 2006; Davari ve ark., 2013).

Restoratif materyaller kullanılarak yapılan makro boyuttaki örtölleme işlemi; hassas dentin yüzeyinde herhangi bir nedenle (abrazyon, atrizyon, erozyon, abfraksiyon vb.) meydana gelen aşınmaya bağlı olarak madde kaybı olması durumunda uygulanması gereken bir tedavi yaklaşımıdır (Pamir ve ark., 2007; Saylor ve Overman, 2011).

Eski nesil adeziv sistemlerde dentin yüzeyi asitlenip smear tabaka tamamen kaldırılarak hibrit tabaka oluşturulmaktaydı. İşlem basamaklarının basitleştirilmesi amacıyla geliştirilen kendinden asitli dentin bağlayıcı sistemlerin gündeme gelmesiyle birlikte smear tabaka kaldırılmayıp modifiye edilerek hibrit tabakanın içerisine dahil edilmiştir (Holland ve ark., 1997).

Dentin hassasiyetinin giderilmesi amacıyla dentin yüzeyine uygulanan kendinden asitli dentin bağlayıcılarının polimerizasyonunu takiben, yüzeyde oluşan hibrit tabaka ve tübüllerin içerisine uzanan hibridize rezin tıkaçları sayesinde dentin geçirgenliğinde azalma meydana gelmektedir. Asite dirençli olduğu bildirilen hibrit tabakanın oluşumuyla DH semptomlarının giderilmesinde daha uzun süreli klinik etki etmek amaçlanmıştır (Pashley ve Carvalho, 1997; Grégoire ve ark., 2003; Fu ve ark., 2007; Yu ve ark., 2010). Adeziv rezin uygulanmış dentin boyunca gerçekteşen sıvı iletimi, ilk kez 1986 yılında Pashley ve Depew tarafından uygulanan hidrolik iletkenlik ölçüm protokolü sayesinde mümkün olmuştur (Sauro ve ark., 2007).

Gluteraldehit

Gluteraldehit içerikli hassasiyet gidericilerin etki mekanizması; dentin sıvısı içeriğindeki proteinlerin çöktürülmesi esasına dayanır. Proteinlerin çökmesine bağlı olarak tübüllerin içinde lamel şeklinde yapılar oluşmakta ve bu sayede tübül fonksiyonel çapı ve tübül içindeki sıvı akışı azalmaktadır (Schupbach ve ark., 1997).

Dentin hassasiyeti tedavisinde sıklıkla kullanılan % 5 gluteraldehit ve % 35 hidroksi etil metakrilat (HEMA) içeren "Gluma" hassasiyet gidericinin; hassasiyet semptomlarını ve dentin geçirgenliğini azaltmadaki etkisi, birçok klinik ve laboratuvar çalışması ile bildirilmiştir (Felton ve ark., 1991; Bergenholtz ve ark., 1993; Davidson ve Suzuki, 1997; Holland ve ark., 1997; Duran ve Sengun, 2004).

Oksalat Bileşikleri

Dentin hassasiyeti tedavisinde potasyum oksalat, ferrik oksalat, alüminyum oksalat gibi çeşitli oksalat bileşikleri kullanılabilir. Genellikle dentin yüzeyine ovuşturma suretiyle uygulanan oksalat bileşikleri, dentin tübüllerine penetre olarak dentindeki kalsiyum iyonlarıyla reaksiyona girer ve çözünmez kalsiyum oksalat kristalleri oluşturur.

Greenhill ve Pashley (1981); oksalat bileşiklerinin dentin tübüllerini tıkayarak dentin geçirgenliğini % 98 oranına kadar azaltabildiğini bildirmiştir. Oksalatların dentin geçirgenliğini azaltmada ve DH'ni gidermede etkili olduğunu bildiren çok sayıda çalışma (Pillon ve ark., 2004b; Pereira ve ark., 2005) bulunmakla birlikte; tübüllerin içerisinde oluşan kristallerin zamanla çözünmesine bağlı olarak hassasiyetin geri dönebildiğini bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (Kerns ve ark., 1991; Pashley ve ark., 2001; Thanatvarakorn ve ark., 2013).

Potasyum oksalat içerikli ürünlerin plak aracılığıyla tüm dişlere uygulanması ve uzun süreli kullanılması halinde yan etki olarak sindirim problemlerine yol açabildiklerinden dikkatli kullanılmaları gerekmektedir (Miglani ve ark., 2010).

Kalsiyum Bileşikleri

Dentin tübülleri içerisinde remineralizasyonu artırarak tıkama sağlamak amacıyla kalsiyum esaslı materyallerin kullanılması yeni bir tedavi yaklaşımı değildir. Dentin yüzeyine kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂) uygulandığında tübül lümenlerinde daralma meydana geldiği ilk defa Brännström ve ark. (1976)'nın yaptıkları *in vitro*

çalışmada kanıtlanmıştır. Ancak bununla birlikte, dentin yüzeyine uygulanan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in ağız ortamında kolaylıkla çözünerek uzaklaştığı bildirilmiştir.

Bugüne kadar pek çok farklı kalsiyum esaslı hassasiyet giderici kullanılmıştır. 90'lı yılların başında amorf kalsiyum fosfat (ACP) esaslı ürünler diş macunu, profilaksi patı ve vernik formlarında piyasaya sürülmüş; 90'lı yılların sonuna doğru ise iki farklı kalsiyum esaslı remineralizasyon teknolojisi daha gündeme gelmiştir. Bunlardan biri pro-arginin teknolojisi olarak adlandırılan; arginin bikarbonat/kalsiyum karbonat bileşikleridir. Literatürde, etken madde olarak bu bileşikleri içeren hassasiyet gidericilerin etkinliğini bildiren çalışmalar (Sauro ve ark., 2011a) mevcuttur. Diğeri ise kazein fosfopeptid amorf kalsiyum fosfat (CPP-ACP) bileşikleridir ve piyasaya "Tooth Mousse" (GC Corporation, Japonya) ticari adı ile sürülmüştür. CPP-ACP içerikli bu remineralizasyon materyalinin de etkinliği literatürde yer alan çeşitli araştırmalarda (Gandolfi ve ark., 2008; Sauro ve ark., 2011a) bildirilmiştir.

Yakın dönemde, Gandolfi ve ark. (2008) tarafından DH tedavisinde kalsiyum silikat ya da silikat esaslı materyallerin kullanımı önerilmiş, daha sonra başka silikat esaslı materyallerin de kullanımı gündeme gelmiştir (Goldberg ve ark., 2009; Chiang ve ark., 2010; Gandolfi ve ark., 2012). Si-OH gibi fonksiyonel gruplar, canlı organizma içinde apatit çekirdeği oluşturabilmektedirler (Kokubo, 2005).

Silika-kalsiyum esaslı simanlar suyla karıştırılıp yumuşak bir pat kıvamına getirilerek hassas dentin yüzeyine uygulanırlar. Simanın suyla karışmasını takiben kalsiyum hidroksit oluşur. Ortamda fosfat içerikli biyolojik sıvıların bulunması halinde, apatit kristalleri oluşarak çökelmektedirler (Tay ve Pashley, 2008; Gandolfi ve ark., 2010a; Gandolfi ve ark., 2010b; Gandolfi ve ark., 2011; Davari ve ark., 2013).

Kalsiyum silikat esaslı simanlar; kan, tükürük ve vücut sıvılarını taklit eden yapay sıvı ortamlardaki apatit oluşturma özelliklerinden dolayı, dentinin biomimetik remineralizasyonu için önerilen yeni bioaktif materyallerdir (Gandolfi ve ark., 2009; Gandolfi ve ark., 2010a; Gandolfi ve ark., 2011).

Kalsiyum Sodyum Fosfosilikat Biocam

Dentin hassasiyetinin tedavisindeki en son gelişmelerden biri, ticari adıyla novamin olarak bilinen kalsiyum sodyum fosfosilikat biocamların kullanılmaya başlanmasıdır (Hungund ve ark., 2012). Orjinali kemik rejenerasyon materyali olarak

geliştirilen biocamlar yüksek derecede biouyumlu materyallerdir (Milleman ve ark., 2012).

Her bir novamin biocam partikülü; % 25 sodyum, % 25 kalsiyum, % 6-8 fosfat ve geri kalanı silikadan oluşan kalsiyum-sodyum-fosfosilikattan ibarettir. Novamin partikülleri tükürük, su ya da vücut sıvıları ile karşılaştıklarında, ortama hızlıca Na^+ , Ca^{+2} ve PO_4^{-3} iyonları salınır ve ortamda sıvı bulunduğu sürece devam eder. Na^+ iyonlarının salımı, ortamın pH'ında lokalize ve geçici bir artış yaratır. Ortam pH'ında meydana gelen bu artış, novaminden salınan Ca^{+2} ve PO_4^{-3} iyonlarının çökmesini ve sonuçta kalsiyum fosfat oluşmasını kolaylaştırmaktadır. Bu reaksiyonlar ilerledikçe kimyasal ve yapısal olarak dentin ve minedekine benzer hidroksikarbonat apatit (HCA) tabaka oluştururlar. Novamin partikülleri; hem tübüleri direkt tıkayarak hem de ortama HCA oluşturan iyonları salarak indirekt şekilde dentin geçirgenliğinin azalmasını sağlarlar (Spolsky ve ark., 2007; Rajesh ve ark., 2012).

Lazer

Lazerin DH tedavisindeki etkinliği; lazerin tipi, lazer ışınının uzunluğu, uygulanma şiddeti ve süresi gibi faktörlere bağlı olarak değişmekle birlikte çeşitli çalışmalarda DH'ni gidermede % 5-100 arasında değişen oranlarda etkili olduğu bildirilmiştir (Gerschman ve ark., 1994; Cai ve ark., 2003; He ve ark., 2011).

Lazerlerin dentin üzerindeki etkilerine ve DH'ni gidermedeki etkinliklerine dair farklı mekanizmalar ileri sürülmüştür. Lazer ışını etkisiyle dentinin kısmen eritilip yüzeyde yeniden kristalize olması yoluyla tübüllerin tıkanması, dentin sıvısının içeriğindeki proteinlerin çökeltilmesi, tübüller içerisinde yer alan sinir liflerinin depolarizasyonu bu mekanizmalar arasında yer almaktadır (Moritz ve ark., 1998; Schwarz ve ark., 2002; Corona ve ark., 2003; He ve ark., 2011; Yılmaz ve ark., 2011). Lazerlerin pulpa üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin bulunmadığı ve hastalar tarafından oldukça kabul gören bir tedavi yöntemi olduğu bildirilmiştir (Gerschman ve ark., 1994; He ve ark., 2011).

2.4.2. Hassasiyet Gidericilerin Etkinliğini Değerlendiren Çalışmalar

Hassasiyet gidericilerin etkinliğini değerlendirmek amacıyla; klinik çalışmalar (*in vivo*), laboratuvar çalışmaları (*in vitro*) ya da *in situ* çalışmalar yapılabilmektedir (Mantzourani ve Sharma, 2013).

Klinik Çalışmalar

Herhangi bir tedavinin etkinliğini belirlemede başvuru son basamak testler klinik çalışmalardır (Ritter ve ark., 2006). DH ile ilgili klinik çalışmalarda hastaların ağrı düzeylerini sayısal rakamlarla (1'den 10'a kadar ya da 1'den 4'e kadar gibi) sözlü olarak ifade etmeleri ya da görsel analog skalasında işaretlemeleri istenmektedir (Gillam, 2013). Dolayısıyla; tedavi öncesinde mevcut hassasiyetin şiddetinin belirlenmesi ya da tedavi sonrasında hassasiyet gidericinin etkisinin değerlendirilmesi tamamen hastanın yorumuna ve beyanına bırakılmaktadır (Amarasena ve ark., 2010; Cunha-Cruz ve ark., 2010; Gillam, 2013).

Ağrı algısı subjektif karakterde olup bireyin psikolojik durumu, geçmişteki ağrı tecrübeleri ya da anksiyete düzeyi gibi pek çok faktörle ilişkilidir. Ağrıya verilen tepkide hem bireyin kendi içinde hem de bireyler arasında büyük değişkenlik söz konusudur. Ağrıyı yorumlamada ve ifade etmede oluşabilecek kişisel farklılıklar da göz ardı edilmemelidir (West, 2006; Gernhardt, 2013).

Dentin hassasiyeti semptomlarındaki olası azalma ya da kaybolmanın; tedavinin etkisiyle elde edilen gerçek bir iyileşme mi olduğu, yoksa pulpanın savunma cevabı olan doğal hassasiyet giderme mekanizmasından mı kaynaklandığını klinik çalışmalarda ayırt etmek mümkün değildir. Herhangi bir tedavi uygulanmadığı halde ağrısının geçtiğini ifade eden pek çok hasta, spontan iyileşme görülen pek çok vaka bulunmaktadır (Dababneh ve ark., 1999). Dentin geçirgenliğinin doğal olarak azalması sonucunda DH semptomları da kendiliğinden azalabilmektedir (Kerns ve ark., 1991; Hungund ve ark., 2012).

Dentin hassasiyeti ile ilgili klinik çalışmalarda başvuru yöntemlerin çeşitliliği de çok fazladır. Özellikle hasta seçim kriterleri, hasta takip süreleri, hassasiyeti değerlendirmede kullandıkları metodolojiler oldukça değişkendir. Klinik çalışmalardaki tüm bu farklılıkların yanında bir de çalışılan materyallerin çeşitliliği göz önüne alındığında; uygulanan tedavilerin etkinliğinin yorumlanması ve birbiriyle kıyaslanması neredeyse imkansızdır (Talioti ve ark., 2014).

Hassasiyet gidericilerin etkinliğini değerlendiren klinik çalışmaların diğer dezavantajları, hawthorne ve plasebo etkileridir (Gillam ve ark., 2000; Joshi ve ark., 2013; Talioti ve ark., 2014).

Hawthorne ve Plasebo Etkisi

Hawthorne etkisi; hastada meydana gelen davranışsal değişiklikler sonucunda ve herhangi bir tedavi ajanına bağlı olmadan oluşabilen bir iyileşme etkisidir. Klinik bir çalışmada katılımcı olarak yer aldığı ve gözlemlendiğinin farkında olan hastanın ağız bakımına normalden daha fazla özen göstermesiyle birlikte ortaya çıkabilmektedir (De Amici ve ark., 2000; Mccarney ve ark., 2007).

Plasebo etkisi; yapılan medikal müdahalelerde doktor ve hastanın, tedavinin faydalı olacağına inandığı durumlarda; pozitif duygusal ve motivasyonel davranışlar ile endorfinlerin salgılanmasına yol açan santral ağrı inhibe edici sistemin devreye girmesi ile açıklanabilir (West ve ark., 1997; Ölmez ve Erdemli, 2003; Ritter ve ark., 2006). Kullanılan bir ilacın ve/veya uygulanan bir tedavinin etkinliğini değerlendirmek amacıyla yapılan; kontrollü klinik bir çalışmada, hastaya verilen ve aktif bir içeriği olmayan madde plasebo olarak adlandırılır. Plasebo etkisinin yaklaşık % 20-60 oranlarında görülebildiği bildirilmiştir (West ve ark., 1997; Curro ve ark., 2000).

***In Situ* Çalışmalar**

Dentin disk örneklerinin intraoral apereylere yerleştirilmesi ve gönüllü bireylere kullanılmasıyla, hassasiyet gidericiler ağız ortamındaki doğal koşullarda *in situ* olarak da test edilebilmektedir (Olley ve ark., 2012).

Laboratuvar Çalışmaları

Dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılan yöntem ve materyaller, geçmişten günümüze pek çok çalışmada *in vitro* ortamda test edilmiştir. Laboratuvar çalışmalarının; klinik olarak kontrol edilemeyen değişkenleri (ağrının subjektif özelliği, plasebo etkisi gibi) elimine etmesi açısından klinik çalışmalara göre avantajları vardır. Deney düzeneğinde; belirli bir zaman diliminde, yalnızca bir parametrenin, kontrollü ve sıralı bir şekilde değiştirilebilmesi mümkündür. (Elgalaid ve ark., 2008; Oberg ve ark., 2009).

İzole Sinir Liflerinde İletimin Kaydedilmesi

Bu çalışma modelinde; sinir iletimini bloke ederek etki gösteren, potasyum tuzları gibi hassasiyet gidericilerin ve lazer gibi işlemlerin incelenmesi mümkün olmaktadır. Doğal ağız ortamını taklit edemeyen bu *in vitro* yöntem; hassasiyet gidericinin tükürük ve çiğneme kuvvetleri gibi faktörlere maruz kaldığında etkinliğinde

meydana gelecek değişiklikleri değerlendirmede etkili değildir (Orchardson ve Gillam, 2006).

Dentin Geçirgenliğinin lülmesi

Dentinin hidrolik iletkenliğini bir başka deyişle dentin geçirgenliğini ölçen ilk *in vitro* sistem (Outhwaite ve ark., 1974) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemde; sabit hidrostatik basıncı altında, dentin diskindeki belirli bir alandan belirli bir zamanda geçen sıvı hacminin değişimi ölçülmektedir. Bu amaçla oluşturulmuş ilk düzeneklerde; basıncı kaynağı olarak, dentin diskinden daha yüksek seviyede konumlandırılan sıvı dolu bir kap kullanılmış ve plastik borular aracılığıyla basıncın dentin diskine iletilmesi sağlanmıştır (Reeder ve ark., 1978; Greenhill ve Pashley, 1981). Basıncı istenen seviyede ve sabit tutabilme konusunda yaşanan problemler nedeniyle, daha sonraki dönemlerde sistem biraz daha geliştirilerek ayrı bir basıncı kaynağı ve basıncı tenceresi kullanılmaya başlanmıştır (Pillon ve ark., 2004a; Pereira ve ark., 2005)

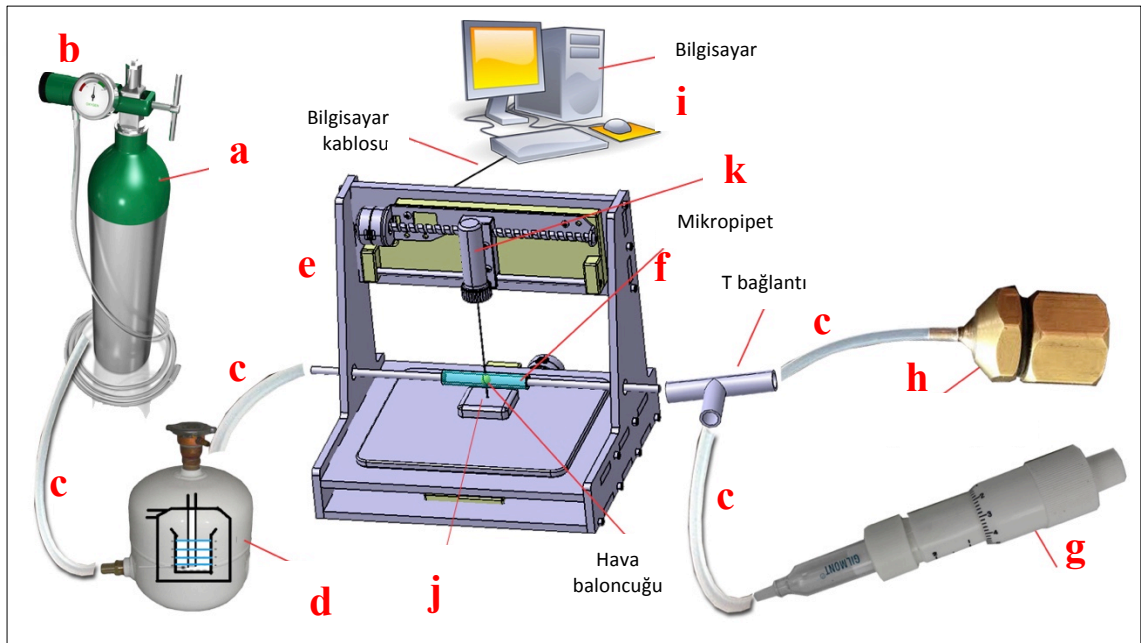
Klasik sıvı filtrasyon yönteminde, sistemde mikro şırınga ile oluşturulan hava baloncuğunun hareketi görsel olarak izlenir ve hızı gözlemci tarafından hesaplanır. Hava baloncuğunun mikropipet içindeki minimal hareketinin gözle izlenerek yapılması zordur ve nispeten subjektif yorumlamalara ve hatalara neden olabilmektedir (De La Macorra ve Escribano, 2002; Orucoglu ve Belli, 2009).

2005 yılında Oruçoğlu ve ark. tarafından geliştirilen bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazında, sistemde oluşturulan hava baloncuğunun hareketinin lazer diodlar tarafından takip edilmesi sağlanarak görsel okumaya bağlı hatalar ve bireysel farklılıklar elimine edilmiştir. Hava baloncuğunun minimal düzeydeki hareketinin tespiti kolaylaşarak çalışma zamanı kısaltılmıştır. Bu düzeneğe eklenen dijital göstergeli manometre sayesinde hidrostatik basıncı (yapay pulpal basıncı) istenen seviyede ayarlamak ve sabit tutabilmek de mümkün olmaktadır (Orucoglu ve ark., 2005; Orucoglu ve Belli, 2009).

Bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı şu birimlerden oluşmaktadır (Orucoglu ve ark., 2005; Orucoglu ve Belli, 2009):

1. Basıncı kaynağı olarak görev yapan oksijen tüpü ve buna bağlı basıncı kabı (şekil 2a ve 2d).
2. Basıncı değerini ayarlamayı sağlayan dijital göstergeli bir manometre (şekil 2b).

3. Basıncın örneklere iletilmesini sağlayan, 1mm iç çaplı polietilen hortum (Şekil 2c).
4. Sistem içinde hava baloncuğu oluşturan ve bu baloncuğun konumunu ayarlamaya yarayan bir mikro şırınga (Şekil 2g).
5. Polietilen hortumlarla devamlılık arz eden 25 mikrolitre hacimli bir cam mikropipet (Şekil 2f).
6. Dentin diskinin yerleştirildiği parçalı disk geçirgenlik apareyi (Şekil 2h).
7. Hava baloncuğunu cam mikropipetin içinden geçerken takip ederek hızını ölçen lazerli ölçüm sistemi (Şekil 2e ve 2i).



Şekil 2. Bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazını oluşturan birimlerin şematik görüntüsü **a.** Basınç kaynağı **b.** Manometre **c.** Polietilen hortum **d.** Basınç kabı **e.** Algılayıcı ünite **f.** Cam mikropipet **g.** Mikroşırınga **h.** Parçalı disk geçirgenlik apareyi **i.** Bilgisayar arabirim ve kontrol ünitesi **j.** Foto diyotlar **k.** Lazer ışık kaynağı

Bilgisayar kontrolündeki lazerli ölçüm sistemi ise temel olarak 3 ana bölümden oluşur (Orucoglu ve Belli, 2009):

1. Algılayıcı ünite: Cam mikropipet içerisindeki hava baloncuğunu takip ederek birim zamandaki hareket miktarını ölçer. Algılayıcı ünite (Şekil 2e), bir adet lazer ışık kaynağı (Şekil 2k) ve iki adet foto diyot (Şekil 2j) olarak adlandırılan lazer ışık algılayıcısı bulunmaktadır. Lazer ışık kaynağı ve foto diyotlar; cam mikropipetin

üzerinde belirli bir mesafede konumlandırılmış olan kayar bir platform üzerine monte edilmiştir. Platform mikropipete paralel doğrultuda ve tüm uzunluğu boyunca ileri ve geri hareket edebilmektedir. Kayar platformun ve dolayısıyla algılayıcı ünitenin hareketi, bilgisayar arabirim ve kontrol ünitesi aracılığıyla kullanıcı tarafından sağlanmaktadır.

2. Bilgisayar arabirim ve kontrol ünitesi: Bilgisayar arabirim devresi, bilgisayar ile ölçüm düzeneği arasında veri alışverişi yapan bir devredir. Kontrol ünitesi ise bilgisayardan aldığı verileri harekete çeviren, ölçüm düzeneğinden alınan elektriksel bilgileri bilgisayarın algılayabileceği dijital bilgilere dönüştüren bir devredir (Şekil 2i).

3. Sıvı filtrasyon ölçüm sistemi programı: Bu sistem için geliştirilmiş özel bir bilgisayar programıdır (Sıvı Filtrasyon'03, Konya, Türkiye). Bu programa kullanıcı tarafından belirlenen sabit ve/veya değişken veriler girilerek, baloncuğun hareketinin istenilen süre ve sıklıkta takibi ve kaydedilmesi sağlanmaktadır. Programda ayrıca, baloncuk hareketinin gözlemlendiği tarih ve saat, hareket miktarı, μL değerleri gibi bilgiler de kaydedilmektedir.

Sıvı filtrasyon yöntemi ile dentin geçirgenliğinin ölçülmesi, bugüne kadar pek çok amaç için kullanılmış ve dentin geçirgenliğini belirlemede en uygun yöntem olarak kabul görmüştür (Pashley, 1994; Sauro ve ark., 2007; Gillam, 2013; Jungbluth ve ark., 2014). Hassasiyet gidericilerin (Camps ve ark., 1998; Zhang ve ark., 1998; Kolker ve ark., 2002) veya diş macunlarının etkinliğini (Pashley ve ark., 1984a; Hungund ve ark., 2012), adeziv sistemlerin ve restoratif materyallerin örtücülük kapasitesini (Özok ve ark., 2001; Özok ve ark., 2004; Yiu ve ark., 2006; Sauro ve ark., 2007; Orucoglu ve Belli, 2009), çeşitli klinik uygulamaların dentin geçirgenliğine etkisini (Lam ve Wilson, 1998; Evans ve Wilson, 1999; Moll ve Haller, 2000) değerlendirmede başarılı şekilde kullanılmıştır.

Dentin yüzeyine uygulanan bir hassasiyet gidericinin, uygulama öncesine oranla dentin geçirgenliği değerlerinde yarattığı değişikliğin ölçülmesi, tübül tıkama etkinliğini değerlendirmek açısından kullanışlı bir yöntemdir (Pashley ve ark., 1978b; Pashley, 1986; Rusin ve ark., 2010). Sıvı filtrasyon yöntemiyle yapılan dentin geçirgenliği çalışmaları genellikle; dentin tübülleri üzerinde solid partiküller depoze ederek ya da dentin yüzeyini kalın adeziv bir tabaka ile örterek dentin tübüllerini tıkayan yüksek viskoziteli ürünleri (diş macunu, rezinler, topikal ajanlar vb.) inceler

(Sauro ve ark., 2007). Bu duruma bir istisna olarak; Mello ve ark. (2013), sıvı filtrasyon yönteminde bazı adaptasyonlar geliştirerek yöntemin sınırlarını biraz daha genişletmişlerdir. Bu sayede; yüksek viskoziteli ürünlerin haricinde, ilk defa ağız gargaralarının da tübül tıkanma etkinlikleri açısından bu yöntemle değerlendirilebilmesi mümkün olmuştur. Bu *in vitro* yöntem; dentin tübüllerini tıkanmak ya da fonksiyonel tübül çapını daraltmak suretiyle dentin tübüllerindeki sıvı iletimini azaltan hassasiyet gidericilerin etkinliğini değerlendirmede kullanışlı bir yöntem olmakla birlikte; pulpadaki sinir aktivitesini modifiye ederek etki gösteren hassasiyet gidericileri değerlendirmede kullanılamamaktadır (Kolker ve ark., 2002).

Sıvı filtrasyon yöntemi; kalitatif yöntemlere oranla daha objektif değerlendirme yapılmasını sağlayan kantitatif veriler sunar. Bu durum özellikle farklı tedavi protokolları arasında karşılaştırma yapıldığında faydalıdır. Ayrıca sıvı filtrasyon yöntemiyle geçirgenlik ölçümü non-desktrüktif bir yöntemdir, örneklerin zarar görmesi söz konusu değildir. Aynı örnekte tekrarlanan ölçümler yapılabilir ve ayrı kontrol örnekleri hazırlamaya gerek yoktur (Elgalaid ve ark., 2008). Ölçümlerin aynı örnek üzerinde yapılması ve her örneğin kendi kontrolü olarak rol oynamasının istatistiksel analizin gücünü arttırdığı belirtilmiştir (Hoang-Dao ve ark., 2009).

Dentin geçirgenliğini değerlendirmek amacıyla, sıvı filtrasyon yöntemi haricinde; impedans tekniği, elektrokimyasal teknik, alternatif akım empedansı gibi pek çok farklı yöntem kullanılmış (Anderson ve ark., 1967; Horiuchi ve Matthews, 1973; Johnson ve ark., 1973; Pradelle-Plasse ve ark., 2002) ancak diğer yöntemlerin sıvı filtrasyon yöntemine göre bir avantajı olduğu bildirilmemiştir (Camps ve ark., 1994).

Görüntüleme Analizleri

Dentin geçirgenliği çalışmaları sıklıkla taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri ile bir arada yürütülmektedir. Bu amaçla; genellikle çekilmiş dişlerden elde edilen dentin diskleri kullanılır. Hassasiyet giderici uygulanan dentin disklerinin SEM analizi sayesinde; yüzeydeki depozitlerin ve tübüllerin tıkanmasının görüntülenmesi mümkün olmaktadır (Ling ve ark., 1997; Ahmed ve ark., 2005). SEM analizlerinde, tübüllerin tıkanma miktarını değerlendirmek amacıyla; mevcut dentin diski yüzeyinde görüntülenen açık, yarı açık ve kapalı tübül sayıları hesaplanabilmektedir. Ancak görüntülerin yorumlanması birey tarafından yapıldığı için bu yöntem nispeten

subjektiftir ve yarı kantitatif olarak kabul edilir (Gillam ve ark., 1997; Ahmed ve ark., 2005).

SEM analizlerinde ayrıca cihaz bünyesinde bulunabilen EDX ünitesi aracılığıyla (Enerji Dağılımlı X-ışınları Analizi); dentin yüzeyinde biriken tabaka ve örtülerin element analizi yapılabilmekte ve mevcut elementlerin oranları yüzdesel olarak saptanabilmektedir (Wang ve ark., 2011). Hassasiyet gidericilerin dentin yüzeyine çökelttiği minerallerin ya da organik bileşiklerin tanımlanmasında SEM-EDX analizleri haricinde ayrıca son dönemde fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (Fourier Transform Infrared Spectroscopy-FTIR) kullanılması gündeme gelmiştir (Qin ve ark., 2006; Wang ve ark., 2011). FTIR Spektroskopisinin yüzey analizinde etkili bir yöntem olduğu ve örneklerde harabiyet yapmamasının avantaj sağladığı bildirilmiştir (Mantzourani ve Sharma, 2013).

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Çalışmada Kullanılan Cihaz ve Ekipmanlar

Bu *in vitro* çalışma; Abant İzzet Baysal Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi Karadeniz İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan cihaz ve ekipmanlar Tablo1'de görülmektedir.

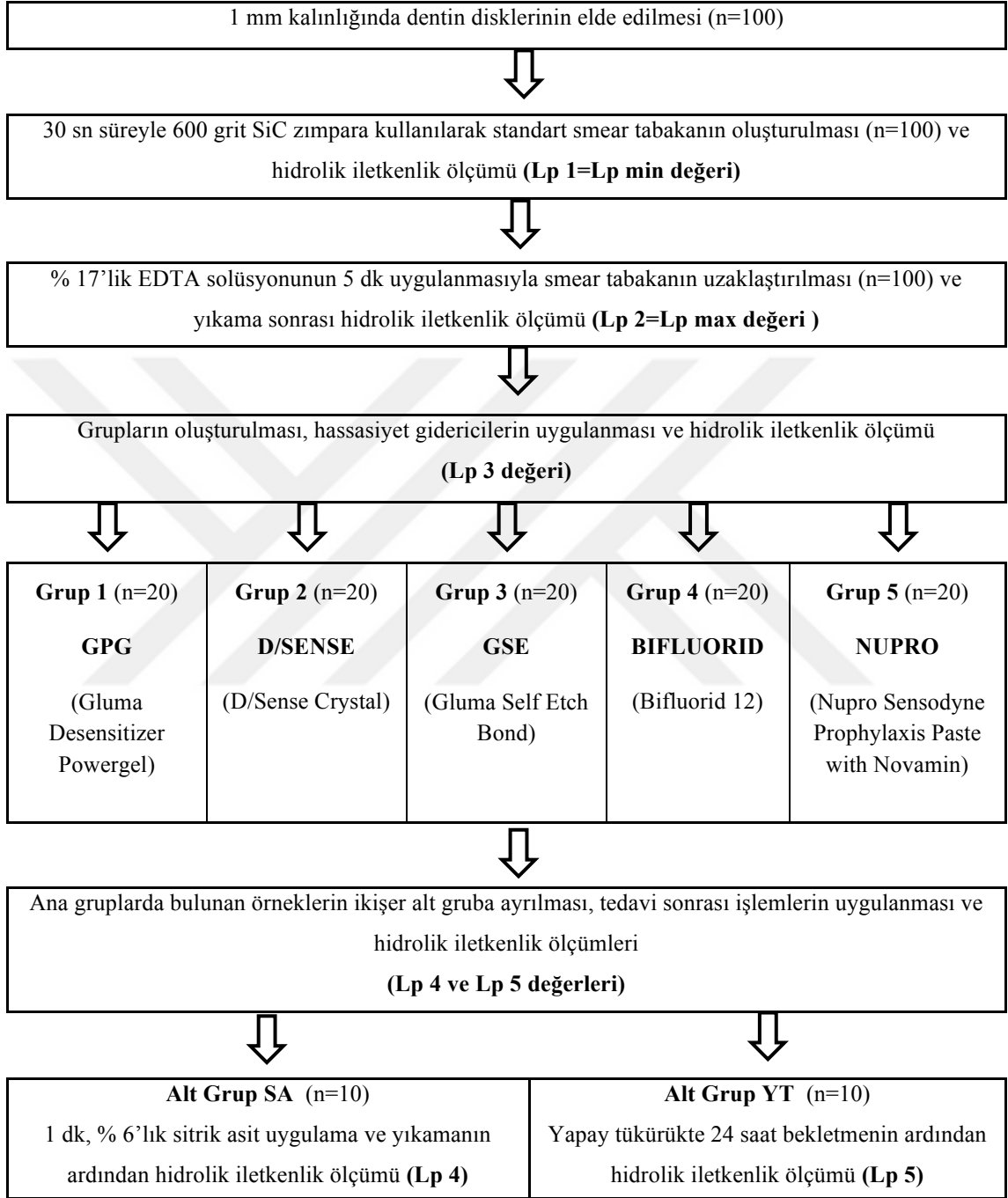
Tablo 1. Çalışmada kullanılan cihaz ve ekipmanlar

CİHAZ	MODEL	ÜRETİCİ FİRMA
Hassas Kesme Cihazı	Isomet 1000	Buehler, Illinois, ABD
Elmas Kesici Disk	Series 15 LC Diamond	Buehler, Illinois, ABD
Dijital Kaliper	Digimatic Caliper	Mitutoyo, Japonya
Stereo Mikroskop	Leica EZ4	Leica Microsystems, İsviçre
Ultrasonik Temizleme Cihazı	Ultrasonic Instrument SK3310HP	Shanghai KUDOS, Çin
LED Işıklı Polimerizasyon Cihazı	Elipar S10 LED Curing Light	3M ESPE, Almanya
Taramalı Elektron Mikroskobu	JSM-7001F	JEOL, Japonya
Kaplama Cihazı	Sputter Coater SC7620	Quorum, İngiltere
Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Cihazı	Özel Üretim	

3.2. Dentin Geçirgenliğinin Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Cihazı ile Ölçülmesi

Çalışmanın ilk kısmında; 5 farklı hassasiyet gidericinin dentin geçirgenliğine muhtemel etkileri ve bu etkilerinin kalıcılığı; Oruçoğlu ve ark. (2005) tarafından modifiye edilip geliştirilen bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazında (Şekil 2), sıgır keser

dişlerinden elde edilen dentin diskleri üzerinde incelenmiştir. Çalışmanın ilk kısmına ait deney şeması Şekil 3’de görülmektedir.

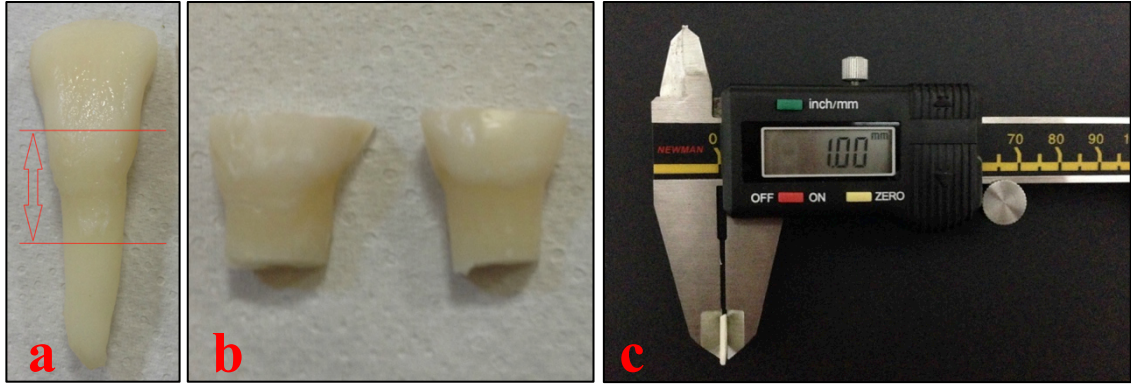


Şekil 3. Dentin geçirgenlik ölçümü deney şeması

3.2.1. Dentin Disklerinin Hazırlanması

Çalışmaya; 2 yaşını geçmemiş ve yeni kesilmiş sığırlardan elde edilen toplam 50 adet santral diş dahil edildi (Şekil 4a). Tüm organik ve inorganik eklentileri periodontal küret yardımıyla akan su altında uzaklaştırılan dişler, deney işlemine kadar +4 °C'de, % 10'luk formalin solüsyonunda muhafaza edildi ve en geç 4 hafta içerisinde kullanıldı.

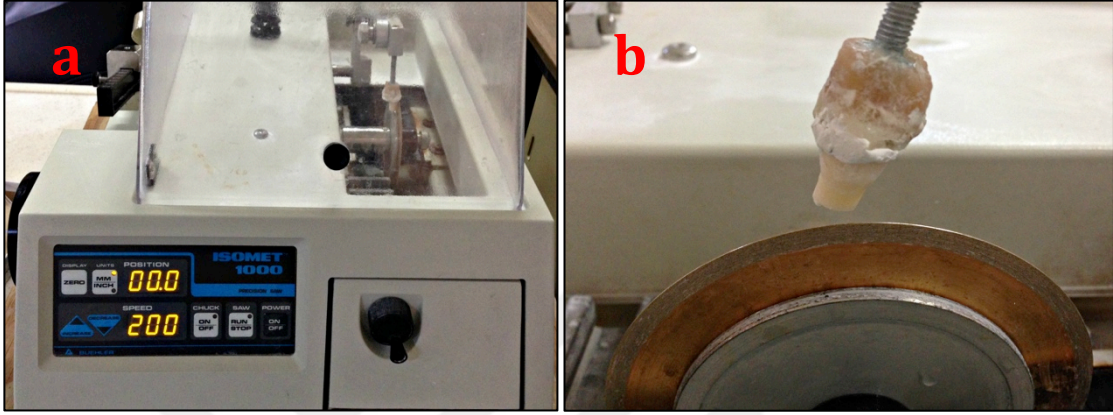
Sıvı filtrasyon cihazında kullanılmak üzere, sığır dişlerinden dentin diskleri elde etmek amacıyla yapılan işlemler OMÜ Dişhekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında gerçekleştirildi. Dişlerin Isomet hassas kesme cihazına (Şekil 5a) sabitlenmesi amacıyla kök 1/3'lük apikal kısımları, standart kalıplardaki otopolimerizan polimetil metakrilat (Ortocryl EQ, Dentautum, Almanya) içerisine gömüldü. Öncelikle ilk kesim; krona, mine sement sınırının 3 mm üzerinden dişin uzun aksına dik olacak şekilde yapılarak insizal 1/3'lük kısım uzaklaştırıldı. İkinci kesim ise aynı doğrultuda mine sement sınırının 3 mm altından yapılarak kökün orta ve alt 1/3'lük bölümleri uzaklaştırıldı. Geriye kalan diş kesiti, çalışmada dentin disklerinin hazırlanmasında kullanıldı (Şekil 4b).



Şekil 4.a. Sığır dişi b. Dentin disklerinin elde edildiği diş kesiti c. Dentin diski kalınlığının dijital kaliper ile ölçülmesi

Dişin mine sement hattı çevresinden elde edilen kesit; uzun aksı elmas testere ile paralel konuma gelecek şekilde tekrar Isomet cihazına bağlandı (Şekil 5b). Her bir diş kesitinin bukkal ve lingual yüzeyinden 2 adet elde edecek şekilde, 1 mm kalınlığında dentin diskleri prepare edildi. Tüm preparasyonlar 200 rpm hızda çalışan elmas kesici disk ile bol su soğutması altında yapıldı ve bütün disklerin kalınlıkları dijital göstergeli kaliper (Mitutoyo, Tokyo, Japonya) ile ölçülerek kontrol edildi (Şekil

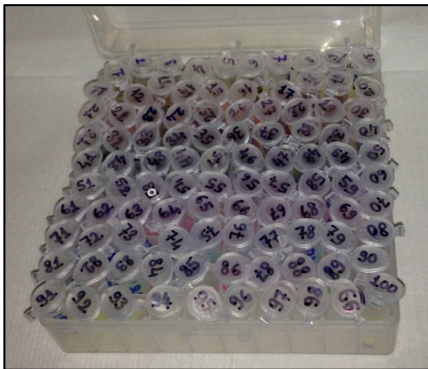
4c). Bu aşamadan sonra stereo mikroskopta (Leica Microsystems, İsviçre) X20 büyütme altında incelenen dentin diskleri arasında; ölçümlerin yapılacağı merkezi alanda pulpa artığı ya da mine kalıntısı içerdiği tespit edilenler çalışma dışı bırakıldı. Sonuç olarak çalışmamıza; pulpa artığı, mine kalıntısı, çatlak ya da kırık içermeyen, 1 mm kalınlığında toplam 100 adet dentin diski dahil edildi.



Şekil 5a. Isomet hassas kesme cihazı b. Diş kesitinin Isomet cihazına bağlanması

3.2.2. Standart Smear Tabakasının Oluşturulması

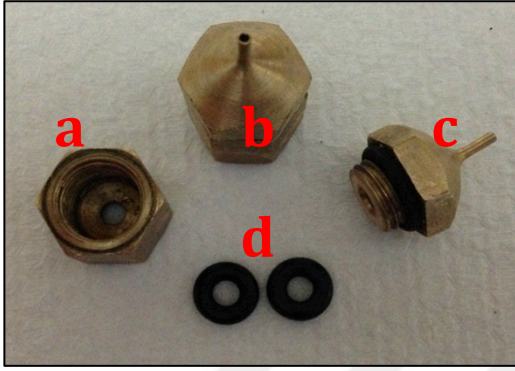
Elde edilen disklerin her iki yüzeyi, standart smear tabakası elde etmek amacıyla 600 gritlik silikon karbid (SiC) zımpara kağıdı ile 30 sn boyunca akan su altında zımparalandı ve herbiri, distile su ile doldurulmuş ayrı bir eppendorf tüpüne kondu. Tüpler 1-100 arasında numaralandırıldı (Şekil 6).



Şekil 6. Eppendorf tüplerine yerleştirilmiş 100 adet dentin diski

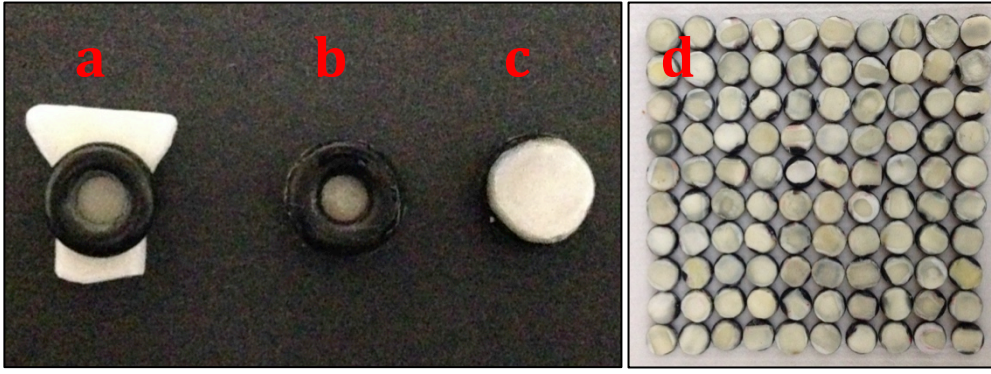
3.2.3. Dentin Disklerinin Parçalı Disk Geçirgenlik Apereyine Uyumlanması

Geçirgenliği ölçülecek dentin disklerinin bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazına bağlanabilmesi amacıyla parçalı disk geçirgenlik apereyi (split chamber device) kullanıldı. Parçalı disk geçirgenlik apereyi, iki adet standart ebatlarda, halka şeklindeki kauçuk esaslı sızdırmazlık elemanı (O ring), iki adet sızdırmaz pirinç kapaktan oluşmaktadır (Şekil 7). Kauçuk halkaların ortasında kalan sabit çaplı boşluk sayesinde test edilecek alanın standardizasyonu sağlanmaktadır (Orucoglu ve Belli, 2009).



Şekil 7. Parçalı disk geçirgenlik apereyi a. Alt parça b. Alt ve üst parçanın kapatılmış görüntüsü c. Üst parça d. Kauçuk halkalar (O ring)

Açık dentin alanının sabitlenerek her ölçümde aynı bölgenin geçirgenliğinin değerlendirilmesini sağlamak amacıyla; her bir dentin diskinin pulpal yüzüne, bir adet kauçuk sızdırmazlık halkası, hızlı sertleşen siyanoakrilat adeziv (Pattex; Henkel, Duesseldorf, Almanya) ile yapıştırıldı. Yapıştırma işlemi sırasında; kauçuk halkanın içindeki boşluk alan, dentin diskinin kole bölgesini ortalayacak şekilde konumlandırıldı (Şekil 8a). Bu işlem aynı zamanda diskin pulpal ve periodontal yüzeyini ayırt etmede kolaylık sağladı. Daha sonra dentin disklerinin, kauçuk halkaların dışına taşan kısımları, aerotor ve fissür frez yardımıyla su soğutması altında küçültülüp düzeltildi ve diskler, parçalı disk geçirgenlik apereyi içerisine yerleştirilebilecek hale getirildi. Parçalı disk geçirgenlik apereyine uyumlanarak son halini alan 100 adet örneğin her biri; geçirgenlik ölçümleri yapılabildi kadar ve tüm ölçümler arasında, kendi eppendorf tüpünde distile suda bekletildi (Şekil 8b ve 8c).



Şekil 8.a. Kauçuk halkanın dentin diski üzerinde konumlandırılması **b.** Parçalı disk geçirgenlik apereyine uyumlanmış dentin diskinin pulpal yüzü **c.** Parçalı disk geçirgenlik apereyine uyumlanmış dentin diskinin periodontal yüzü **d.** 100 adet dentin diskinin toplu görüntüsü

Tüm ölçümler esnasında örnekler; parçalı disk geçirgenlik apereyine, pulpal yüzeyleri sisteme bakacak şekilde üstte kalacak, hassasiyet gidericilerin uygulandığı periodontal yüzey ise altta kalacak şekilde yerleştirildi. Bu konumlandırma; perfüzyon sıvısı aracılığıyla uygulanan yapay pulpal basıncın, dentin diskinin pulpal yüzeyine gelmesini sağladı. Sistemin içinde dolaşan ve dentin diskinden filtre olan perfüzyon sıvısı olarak distile su kullanılmıştır.

3.2.4. Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Cihazının Hazırlanması

Ölçümlere başlamadan önce; basınç kabı distile su ile dolduruldu. Basınç kaynağı üzerine monte edilmiş olan dijital göstergeli manometre aracılığıyla, hidrostatik basınç 1,8 Bar (=1835,49 cmH₂O) değerine ayarlandı ve bu değerinde sabit tutuldu. Tüm sistemin içerisinden distile su geçirilerek polietilen hortum, cam mikropipet ve mikroşırınganın distile su ile dolması sağlandı. Polietilen hortumun parçalı disk geçirgenlik apereyine bağlanacak olan açık ucu, su ulaştıktan hemen sonra hemostat ile kapatıldı.

Sistemin sızdırmazlık kontrolü amacıyla; dentin disklerinin geçirgenlik ölçümüne başlamadan önce, parçalı geçirgenlik apereyi içerisine kompozit rezinden elde edilmiş 1 mm kalınlığında yuvarlak disk yerleştirilerek herhangi bir sıvı kaçaşının olmadığı teyit edilmiştir. Bu aşamadan sonra geçirgenlik apereyi içerisine ilk örnek yerleştirilip sıkıca kapatılarak polietilen hortum aracılığıyla sisteme bağlandı. Her örnek değişiminden önce, polietilen hortumunun geçirgenlik apereyine bağlanan kısmı hemostatla sıkıştırıldı. Yeni örnek yerleştirildikten sonra hemostat alınarak sistem içinden geçen basınçlı distile suyun, parçalı disk geçirgenlik apereyi içerisindeki dentin

diskinin pulpal yüzüyle buluşması sağlandı. Her yeni örneğin ölçümüne başlamadan önce sistemin dengeye gelmesi için 5 dk beklendi. Daha sonra mikroşırınga aracılığıyla sistem içerisinde hava baloncuğu oluşturularak cam mikropipet içerisinde konumlandırılması sağlandı ve ölçüm işlemine başlandı.

Dentin geçirgenlik değerleri (hidrolik iletkenlik= L_p); Reeder ve ark. (1978) tarafından tanıtilan yöntemle belirlenmiştir. Hidrolik iletkenlik (L_p), Şekil 9'da görülen formülle hesaplanmaktadır:

$$L_p = \frac{J_v}{A \cdot t \cdot \Delta P}$$

L_p : Hidrolik iletkenlik değeri ($\mu\text{L} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{cmH}_2\text{O}^{-1}$)
 J_v : Sıvı akış oranı (μL)
 A : Açık dentin yüzey alanı (cm^2)
 t : Zaman (dk)
 ΔP : Hidrostatik basınç (cmH_2O)

Şekil 9. Hidrolik iletkenlik hesaplama formülü

Bu formülde; açık dentin yüzey alanı, zaman ve hidrostatik basınç değerleri tüm örnekler için standarttır. Her bir dentin diskinin pulpal tarafına sabitlenen kauçuk halkanın (O ring) ortasındaki boşluk sayesinde açık dentin alanı 1cm^2 olarak standardize edilmiştir.

Her örnek için 15 sn aralıklarla 6 kere yani 1,5 dk süresince ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerin ortalaması alındıktan sonra baloncuğun dakikadaki hareket miktarı, mm/dak cinsinden hesaplanmıştır. Bu değeri μL 'ye çevirebilmek için ise, cam mikropipetin çapı olan 0,38 sabit değeri ile çarpılmıştır. Daha sonra çıkan değer hidrostatik basınç değerine (1,8 Bar= $1835,49 \text{ cmH}_2\text{O}$) ve açık dentin yüzey alanına (1cm^2) bölünerek hidrolik iletkenlik değeri (L_p) bulunmuştur.

3.2.5. Smear Tabakanın Kaldırılması

Minimum geçirgenlik değerleri (L_p 1) ölçülen örnekler; smear tabakanın kaldırılması amacıyla, 5 dk süreyle % 17'lik EDTA solüsyonunda (Şekil 10) bekletildi. Daha sonra distile suyla 10 sn süreyle yıkandı ve maksimum geçirgenlik değerleri (L_p 2) ölçüldü.



Şekil 10. Smear kaldırmada kullanılan % 17'lik EDTA solüsyonu

3.2.6. Grupların Oluşturulması

Smear tabakaları kaldırıldıktan sonra maksimum hidrolik iletkenlik değerleri (Lp 2) ölçülen ve her biri farklı bir tüpte bulunan örnekler rastgele 5 gruba ayrılarak yeniden numaralandırma yapılmıştır. Yeni numaralandırmada; ana grup no ve alt grup no'ları Tablo 2 ve Tablo 3'de belirtildiği şekilde belirlenerek eppendorf tüpleri üzerine kaydedilmiştir:

Tablo 2. Hassasiyet gidericilerin gruplandırılması

Gruplar	Uygulanan Hassasiyet Giderici	Tüp No
Grup 1 (n=20)	Gluma Desensitizer Powergel (GPG)	A1-A20
Grup 2 (n=20)	D/Sense Crystal (D/SENSE)	B1- B20
Grup 3 (n=20)	Gluma Self Etch Bond (GSE)	C1- C20
Grup 4 (n=20)	Bifluorid 12 (BIFLUORID)	D1- D20
Grup 5 (n=20)	Nupro Sensodyne Prophylaxis Paste with Novamin (NUPRO)	E1- E20

Tablo 3. Yapay tükürük ve sitrik asit alt grupları

Alt Gruplar	Eppendorf Tüp No
Yapay Tükürük (n= 10)	A1-A10, B1-B10, C1-C10, D1-D10, E1-E10
Sitrik Asit (n= 10)	A11-A20, B11-B20, C11-C20, D11-D20, E11-E20

3.2.7. Hassasiyet Gidericilerin Uygulanması ve Lp 3 Ölçümleri

Çalışmada kullanılan beş adet hassasiyet giderici Şekil 11’de görülmektedir.



Şekil 11. Çalışmada kullanılan hassasiyet gidericiler a. Gluma desensitizer powergel (GPG) b. Bifluorid 12 (BIFLUORID) c. Gluma self etch bond (GSE) d. D/Sense crystal (D/SENSE) e. Nupro sensodyne prophyllaxis paste with novamin (NUPRO)

Çalışmamızda incelenen hassasiyet gidericilerin uygulama şekilleri Tablo 4’te, içerikleri ise Tablo 5’de gösterilmiştir. Hassasiyet gidericilerin uygulanmasından hemen sonra, örnekler geçirgenlik ölçümüne tabi tutularak Lp 3 değerleri bulunmuştur.

Tablo 4. Çalışmada kullanılan hassasiyet gidericilerin uygulanma şekilleri

Hassasiyet Gidericiler	Uygulanma Şekli
Gluma Desensitizer Powergel (GPG)	GPG uygulamadan önce örnekler, dentin sıvısını taklit etmek amacıyla kullanılan % 2'lik sığır serum albümini (BSA) solüsyonu içerisinde 20 sn süreyle bekletildi. Daha sonra nemli dentin yüzeyine özel şırıngası yardımıyla GPG uygulanarak 1 dk süresince ovuşturuldu. 30 sn beklendikten sonra, örnekler distile suyla 10 sn yıkandı.
D/Sense Crystal (D/SENSE)	Nemli dentin yüzeyine özel fırçası ile 1.5 dk süresince ovuşturarak uygulandı ve 2 dk süreyle kuruması için beklendi. Yıkama işlemi yapılmadı.
Gluma Self Etch Bond (GSE)	GSE uygulamasına geçilmeden önce; smear oluşturulması amacıyla örneklerin üst yüzeyi 30 sn süreyle 600 gritlik SiC zımpara kağıdı ile zımparalandı ve distile su ile yıkandı. Daha sonra hafifçe kurutulan dentin yüzeyine 1 kat GSE uygulanıp 20 sn süreyle tüm yüzeyde ovuşturuldu. Hava spreyi aracılığıyla 5 sn süreyle yüzeye yayıldıktan sonra LED ışıklı polimerizasyon cihazı ile 20 sn süreyle polimerize edildi.
Bifluorid 12 (BIFLUORID)	Nemli dentin yüzeyine aplikatör yardımıyla ince bir tabaka BIFLUORID uygulandı ve yaklaşık 2 dk beklendi. Yıkama işlemi uygulanmadı.
Nupro Sensodyne Prophylaxis Paste with Novamin (NUPRO)	Dentin yüzeyine düşük turda çalışan mikromotor ve polisaj lastiği aracılığıyla 1 dk süreyle uygulandı. Örnekler distile suyla 10 sn süresince yıkandı.

Tablo 5. Çalışmada kullanılan hassasiyet gidericilerin içerikleri

Hassasiyet Gidericiler	İçerik	Üretici Firma	Lot No
Gluma Desensitizer Powergel (GPG)	2-hidroksietil metakrilat, glutraldehit, su, silika	Heraeus Kulzer, Hanau, Almanya	010103
D/Sense Crystal (D/SENSE)	% 2,5 potasyum bioksalat ve % 2,5 nitrik asit (pH< 1)	Centrix, Shelton, ABD	A23267
Gluma Self Etch Bond (GSE)	UDMA, 4 META, aseton, su, doldurucular, fotobaşlatıcılar, stabilizerler	Heraeus Kulzer, Hanau, Almanya	010701
Bifluorid 12 (BIFLUORID)	Sodyum florid, etil asetat, selüloz nitrat ve alkol, isopentil propionat	Voco, Cuxhaven, Almanya	1333318
Nupro Sensodyne Prophylaxis Paste with Novamin (NUPRO)	Hidrate silika, gliserin, su, bikarbonat aroması, selüloz, sodyum sakkarin, novamin	Dentsply, İngiltere	13012205

Grup 1. Gluma Desensitizer Powergel (GPG) Grubu

Smearın kaldırılmasını takiben maksimum geçirgenlik değerleri (Lp max-Lp 2) ölçülen dentin disklerinden rastgele 20 tanesi A1-A20 ardışık numaraları ile kodlanmış eppendorf tüplerine kondu ve Gluma Desensitizer Powergel hassasiyet giderici (GPG) grubunu oluşturdu.

GPG hassasiyet giderici uygulanmadan önce her bir dentin diski, OMÜ Veteriner Fakültesi Laboratuvarından temin edilen ve distile suyla karıştırılarak % 2 konsantrasyonda hazırlanan sığır serum albümini (BSA) solüsyonuna batırıldı ve 20 sn bekletildi. Daha sonra, BSA solüsyonu içinden alınmış örneklerin yüzeyine, üretici firmanın tavsiyesi doğrultusunda ve Tablo 4’te anlatılan şekilde GPG uygulandı.

Grup 2. D/Sense Crystal (D/SENSE) Grubu

Oksalat içerikli D/SENSE hassasiyet giderici jel; nemli dentin yüzeyine üretici firmanın önerisi doğrultusunda ve Tablo 4’te anlatılan şekilde uygulandı.

Grup 3. Gluma Self Etch Bond (GSE) Grubu

Kendinden asitli dentin bağlayıcıları, dentin yüzeyinde smear tabakayı modifiye ederek etkili olduklarından, GSE dentin bağlayıcı uygulanmadan önce diskin periodontal (dış) yüzeyinde smear tabaka oluşturma protokolü tekrarlandı. Daha sonra üretici firmanın önerisi doğrultusunda ve Tablo 4’te anlatılan şekilde dentin yüzeyine GSE uygulandı.

Grup 4. Bifluorid 12 (BIFLUORID) Grubu

Nemli dentin yüzeyine ince bir tabaka BIFLUORID vernik, Tablo 4’te anlatılan şekilde ve üretici firmanın önerisi doğrultusunda uygulandı.

Grup 5. Nupro Sensodyne Novaminli Profilaksi Patı (NUPRO) Grubu

Novamin içerikli profilaksi patı NUPRO, bulunduğu kap içerisine 1 damla distile su eklenip siman spatülüyle karıştırılarak krem kıvamına getirildi. Daha sonra Tablo 4’te anlatılan şekilde dentin yüzeyine uygulandı.

3.2.8. Hassasiyet Gidericilerin Asite ve Tükürüğe Dayanıklılıklarının Ölçülmesi

Çalışmamızda incelenen hassasiyet gidericilerin, ağız içinde maruz kalacakları asit ortam ve tükürükte erime gibi durumlara karşı dayanıklılıklarının ölçülmesi amacıyla, tüm gruplardaki örnekler Tablo 3’de gösterildiği gibi sitrik asit ve yapay

tükürük olmak üzere 2'şer alt gruba (n=10) ayrıldı. Sitrik asit alt grubunda yer alan örneklerin tedavi uygulanan üst yüzeylerine, % 6'lık sitrik asit solüsyonu damlatılarak 1 dk beklendi. Daha sonra örnekler 10 dk süreyle distile suyla yıkandı ve Lp 4 değerlerini bulmak üzere geçirgenlik ölçümleri yapıldı.

Yapay tükürük alt grubunda yer alan örnekler 24 saat boyunca 37 °C'de yapay tükürük solüsyonunda (pH 7,4) bekletildi. 24 saat sonunda geçirgenlik ölçümleri yapılarak Lp 5 değerleri kaydedildi.

Çalışmada Kullanılan Yapay Tükürük Formülü

OMÜ Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Laboratuvarı'nda hazırlanan yapay tükürük; 1000 ml deiyonize su içerisinde 0,2 g K₂HPO₄, 0,330 g KSCN, 0,260 g Na₂HPO₄, 1,5 g NaHCO₃, 0,7 g NaCl, 1,3 g üre, 1,2 g HCl çözünmesi sağlanarak hazırlanmış ve pH 7,4 olarak ayarlanmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Çalışmada kullanılan yapay tükürük formülü

Yapay Tükürük Bileşenleri	Konsantrasyon g/L
K ₂ HPO ₄	0,2 g
KSCN	0,330 g
Na ₂ HPO ₄	0,260 g
NaHCO ₃	1,5 g
NaCl	0,7 g
Üre	1,3 g
HCl	1,2 g

Özetle; çalışmamızda incelediğimiz 5 farklı hassasiyet giderici için hidrolik iletkenlik ölçümleri aşağıdaki aşamalarda gerçekleştirilmiş ve her grup için ortalama Lp 1, Lp 2, Lp 3, Lp 4 ve Lp 5 değerleri elde edilmiştir:

Lp 1 Değeri: Standart smear tabakanın oluşturulmasından sonra yapılan ölçüm ile minimum geçirgenlik değeri olan Lp 1 elde edildi.

Lp 2 Değeri: Smear tabakanın kaldırılmasından sonra yapılan ölçüm ile maksimum geçirgenlik değeri olan Lp 2 elde edildi.

Lp 3 Değeri: İlgili hassasiyet gidericinin dentin disklerine uygulanmasından sonra yapılan ölçüm ile Lp 3 değeri elde edildi.

Lp 4 Değeri: Tedavi dayanıklılığını ölçmek amacıyla; alt gruptaki (n=10) dentin disklerine 1 dk boyunca % 6'lık sitrik asit uygulanmasından sonra yapılan ölçüm ile Lp 4 değeri elde edildi.

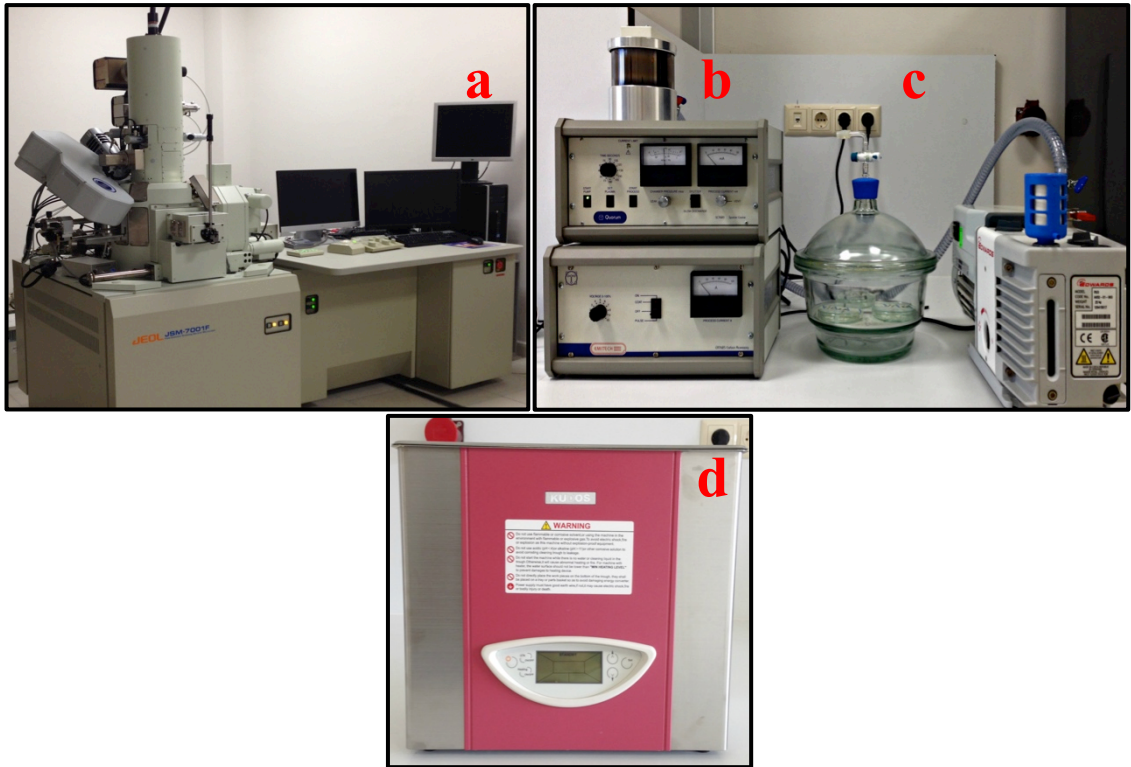
Lp 5 Değeri: Tedavi dayanıklılığını ölçmek amacıyla; alt gruptaki (n=10) dentin disklerinin yapay tükürükte (pH 7,4) 37 °C’de 24 saat bekletilmesinin ardından yapılan ölçüm ile Lp 5 değeri elde edildi.

Her örnek için Lp 2 değeri % 100 olarak kabul edilip; sonraki ölçümlerde elde edilen diğer Lp değerleri (Lp 3, Lp 4 ve Lp 5), kendi Lp 2 değerinin yüzdesi (%) şeklinde ifade edildi. Grupların ortalama geçirgenlik değerleri (% Lp 3, % Lp 4 ve % Lp 5) ve standart sapma oranları (\pm SD) bu yüzde değerler üzerinden hesaplandı.

Bu yöntemde her örnek kendi kontrolü olarak rol oynamaktadır. Çalışmada yer alan hassasiyet gidericilerin dentin disklerine uygulandıktan sonra ortalama geçirgenlik değerlerinde neden oldukları azalma oranı (% 100 kabul edilen % Lp 2 değerine oranla); tedavi etkinlik değerlerini göstermektedir.

3.3. SEM Analizi

Hassasiyet gidericilerin dentin yüzeyinde ve dentin tübülleri içerisinde oluşturdukları morfolojik değişikliklerin görüntülenmesi ve kalitatif olarak değerlendirilmesi; OMÜ KİTAM Laboratuvarında bulunan SEM cihazı (JEOL/JSM-7001F, Japonya) (Şekil 12a) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 12.a. Taramalı elektron mikroskobu b. Kaplama cihazı c. Desikatör d. Ultrasonik banyo

Bu amaçla; ilk aşamada anlatılan şekilde 17 adet dentin diski hazırlandı ve standart smear tabakaları oluşturuldu. Hassasiyet giderici tedavilerin dentin tübülleri içerisinde oluşturdukları morfolojik değişikliklerin görüntülenebilmesi amacıyla; tedavi aşamasını takiben disklerin kırılmasına karar verildi. Dentin disklerinin kolaylıkla kırılabilmesi için; her bir diskin pulpal yüzeyinde yaklaşık 0,5 mm derinliğinde bir oluk açıldı. Bu oluk, aerotor ve alev uçlu frez yardımıyla, meziodistal yönde ve mine sement birleşim hattını birleştirecek şekilde, su soğutması altında oluşturuldu.

Tüm örnekler, ultrasonik banyo cihazında (Shanghai KUDOS, Çin)(Şekil 12d), deiyonize su içerisinde 15 dk süreyle yıkandı. Yıkama işlemi sonunda, her örnek deiyoze su ile dolu olan ayrı bir eppendorf tüpüne kondu ve tüpler Tablo 7’de gösterilen şekilde numaralandırıldı:

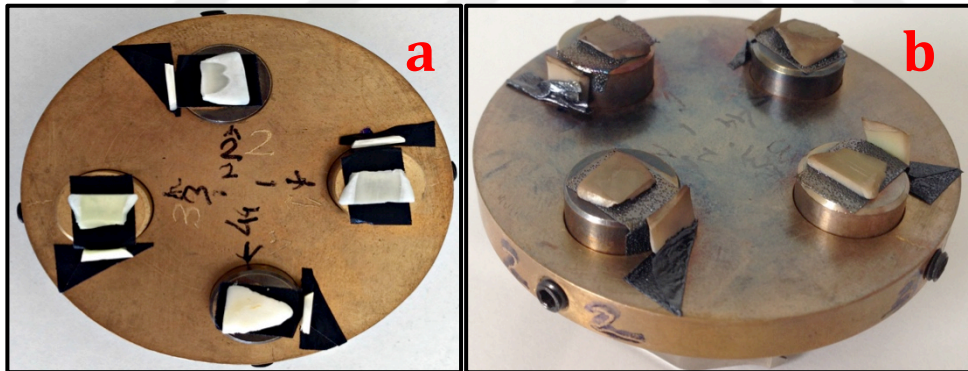
Tablo 7. SEM analizi için hazırlanan örneklerin gruplara göre numaralandırılması

SEM Örneklerinin Numaralandırılması	
Örnek 1	Smear(+) Kontrol Grubu
Örnek 2	Smear(-) Kontrol Grubu
Örnek 3	GPG Tedavi Grubu
Örnek 4	GPG Sitrik Asit Grubu
Örnek 5	GPG Yapay Tükürük Grubu
Örnek 6	BIFLUORID Tedavi Grubu
Örnek 7	BIFLUORID Sitrik Asit Grubu
Örnek 8	BIFLUORID Yapay Tükürük Grubu
Örnek 9	GSE Bond Tedavi Grubu
Örnek 10	GSE Sitrik Asit Grubu
Örnek 11	GSE Yapay Tükürük Grubu
Örnek 12	D/SENSE Tedavi Grubu
Örnek 13	D/SENSE Sitrik Asit Grubu
Örnek 14	D/SENSE Yapay Tükürük Grubu
Örnek 15	NUPRO Tedavi Grubu
Örnek 16	NUPRO Sitrik Asit Grubu
Örnek 17	NUPRO Yapay Tükürük Grubu

Standart smear tabaka oluşturulan 17 örnekten biri (Örnek 1), Smear(+) kontrol grubu olarak ayrılmış ve başka hiçbir işlem uygulanmamıştır. Diğer örneklere ilk aşamada anlatılan şekilde smear tabakası kaldırma işlemi uygulanmıştır. Smear tabakası kaldırılan 16 örnekten biri (Örnek 2); Smear(-) kontrol grubu olarak ayrılmıştır. Hassasiyet giderici tedavi uygulama ve tedavinin dayanıklılığını ölçme protokolleri (yapay tükürükte bekletme veya sitrik asit uygulama) ilk aşamada anlatıldığı gibidir.

Tedavi ve tedavi sonrası uygulamaları biten bütün örnekler, üst yüzeylerine dokunmamaya özen göstererek cam petri kaplarına yerleştirildi ve desikatöre alındı. Desikatörde 12 saat boyunca vakum altında tutuldu (Şekil 12c).

Kaplama aşamasına geçmeden hemen önce; dentin disklerinin kron ve köke ait iki ucundan iki ayrı pense ile tutulup, önceden açılmış olan oluklar hizasından kırılmaları sağlandı. Kırılan dentin diskleri; stand üzerlerine kron kısımları yatay, kök kısımları ise dikey konumlanacak şekilde 2 parça halinde yerleştirildi (Şekil 13a) ve bu şekilde kaplama cihazına (Quorum, İngiltere) (Şekil 12b) alınarak 180 sn boyunca 150 Angstrom kalınlığında altın/paladyum (Au/Pd) ile kaplama yapıldı (Şekil 13b).



Şekil 13. Dentin disklerinin kırıldıktan sonra stand üzerinde konumlandırılması **a.** Kaplama yapılmadan önceki görünüm **b.** Kaplama yapıldıktan sonraki görünüm

Kaplama sırası gelene kadar diğer tüm örnekler; henüz kırılmamış halde cam petri kaplarında desikatör içerisinde muhafaza edildi. Dentin disklerinin üst yüzeylerinin ve kırık hatlarının görüntülenmesi; SEM cihazında, 10,0 kV'ta, X500–X7500 arasında değişen çeşitli büyütme oranlarında gerçekleştirilmiştir.

3.4. İstatistik Analiz

Çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizleri Ondokuz Mayıs Üniversitesi Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı'nda, "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS 12 for Windows, SPSS Inc., Illinois, ABD) programı kullanılarak yapıldı. Ana gruplara (n=20) ait verilerin normal dağılıma uygun olduğu Shapiro-Wilk testiyle belirlendi. Gruplar sitrik asit ve yapay tükürük alt gruplarına (n=10) ayrıldıktan sonra, verilerin normal dağılıma uygun olduğu yine bu test ile belirlendi. Ölçümler sonunda elde edilen geçirgenlik değerleri açısından gruplar arasında anlamlı farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) Tukey B ile belirlendi. Farklılık olduğu tespit edildiğinde; farklılığın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için post-hoc Tukey HSD testi kullanıldı. Analizlerde $p < 0,05$ düzeyindeki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Sitrik asit ve yapay tükürük alt gruplarında, uygulama öncesi ve sonrasında elde edilen değerlerin karşılaştırılmasında ise Paired Sample t testinden yararlanıldı.

4. BULGULAR

4.1. Dentin Geçirgenliğinin Ölçümü İle Elde Edilen Bulgular

Standart smear tabaka oluşturulduktan sonra tüm örneklerde ölçülen minimum geçirgenlik değerlerinin (Lp 1) ortalaması $0,000214 \mu\text{L.cm}^{-2}.\text{cmH}_2\text{O}^{-1}.\text{dk}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Smear tabaka kaldırıldıktan sonra elde edilen maksimum geçirgenlik değerlerinin (Lp 2) ortalaması ise $0,001335 \mu\text{L.cm}^{-2}.\text{cmH}_2\text{O}^{-1}.\text{dk}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Çalışmaya dahil edilen bütün örneklerde smear tabakasının kaldırılmasıyla birlikte dentin geçirgenliğinin arttığı tespit edilmiştir.

Hassasiyet gidericiler uygulandıktan sonra tüm gruplarda ölçülen ortalama dentin geçirgenlik değerleri (% Lp 3); GSE grubunda % $18,97\pm 4,99$, D/SENSE grubunda % $21,74\pm 6,63$, GPG grubunda % $23,35\pm 12,40$, BIFLUORID grubunda % $24,50\pm 12,31$, NUPRO grubunda ise % $28,84\pm 10,92$ olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla tedavi etkinliğini göstermesi bakımından; dentin geçirgenlik değerlerinde en fazla azalmayı yaklaşık olarak GSE grubu (% 81) sağlamış, bu grubu sırasıyla D/SENSE (% 78), GPG (% 77), BIFLUORID (% 76) ve NUPRO (% 71) grupları takip etmiştir. Tek yönlü varyans analizinde, geçirgenlik değerleri açısından gruplar arasında anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir. İkili gruplar arasında yapılan karşılaştırmalı analizde (post-hoc Tukey HSD); sadece GSE ve NUPRO grupları arasındaki farkın anlamlı olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Hassasiyet gidericiler uygulandıktan sonra elde edilen ortalama geçirgenlik değerleri ve gruplar arası karşılaştırmaları

GRUPLAR	% Lp 2	% Lp 3 (n=20)
GPG	100	$23,35\pm 12,40^{ab}$
BIFLUORID	100	$24,50\pm 12,31^{ab}$
GSE	100	$18,97\pm 4,99^a$
D/SENSE	100	$21,74\pm 6,63^{ab}$
NUPRO	100	$28,84\pm 10,92^b$

Aynı harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$)

Tedavi dayanıklılığını belirlemek amacıyla örneklere sitrik asit uygulanması; tüm gruplarda ölçülen ortalama geçirgenlik değerlerinde (% Lp 4), % Lp 3 değerlerine oranla istatistiksel olarak anlamlı bir artışa neden olmuştur* (Tablo 9). Sitrik asit alt grupları arasında ölçülen ortalama geçirgenlik değerleri (% Lp 4) arasında en düşük değer D/SENSE grubunda (% 34,88±13,97), en yüksek değer ise GPG grubunda (% 47,57±10,71) tespit edilmiştir. Ancak ortalama geçirgenlik değerleri açısından (% Lp 4), sitrik asit alt grupları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir** (p>0,05) (Tablo 9).

Tablo 9. Sitrik asit alt gruplarının ortalama geçirgenlik değerleri ve grup içi* ve gruplar arası** karşılaştırmalı analizi

GRUPLAR	% Lp 2	% Lp 3 (n=10)	% Lp 4 (n=10)	p ; t*
GPG	100	32,78±12,54	47,57±10,71 ^x	0,000 ; 6,552
BIFLUORID	100	20,85±5,71	44,75±11,68 ^x	0,000 ; 7,691
GSE	100	20,78±4,12	43,74±13,55 ^x	0,000 ; 6,330
D/SENSE	100	22,74±6,05	34,88±13,97 ^x	0,006 ; 3,604
NUPRO	100	30,84±11,59	40,66±12,10 ^x	0,001 ; 4,683
p ; F**			0,216 ; 1,508	

* Paired Sample t testi

** Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) Tukey B

Aynı harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır (p>0,05)

Tedavi dayanıklılığını belirlemek amacıyla örneklerin yapay tükürük solüsyonunda bekletilmesi, tüm gruplarda ortalama geçirgenlik değerlerinde (% Lp 5), % Lp 3 değerlerine oranla istatistiksel olarak anlamlı bir artışa neden olmuştur* (Tablo 10). Yapay tükürük alt grupları arasında ölçülen ortalama geçirgenlik değerleri (% Lp 5) arasında en düşük değer D/SENSE grubunda (% 29,64±12,66), en yüksek değer ise BIFLUORID grubunda (% 52,26±15,65) tespit edilmiştir.

Yapay tükürükte bekletilen alt grupların (n=10) ortalama geçirgenlik değerleri (% Lp 5) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu (p<0,05) tespit edildiğinden** (Tablo 10), ikili karşılaştırmalı analiz yapılmış ve ortalama geçirgenlik değerleri (% Lp 5) açısından, yapay tükürük alt gruplarından sadece D/SENSE ve

BIFLUORID grupları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0,05$) saptanmıştır (Tablo 10).

Tablo 10. Yapay tükürük alt gruplarının ortalama geçirgenlik değerleri ve grup içi* ve gruplar arası** karşılaştırmalı analizi

GRUPLAR	% Lp 2	% Lp 3 (n=10)	% Lp 5 (n=10)	p; t*
GPG	100	17,92±6,70	42,19±11,69 ^{yz}	0,000 ; 8,111
BIFLUORID	100	28,15±16,05	52,26±15,65 ^z	0,000 ; 5,756
GSE	100	17,17±5,33	38,60±8,92 ^{yz}	0,000 ; 5,811
D/SENSE	100	20,74±7,35	29,64±12,66 ^y	0,027 ; 2,641
NUPRO	100	26,84±10,42	39,25±6,62 ^{yz}	0,002 ; 4,159
p ; F**			0,002 ; 4,963	

* Paired Sample t testi

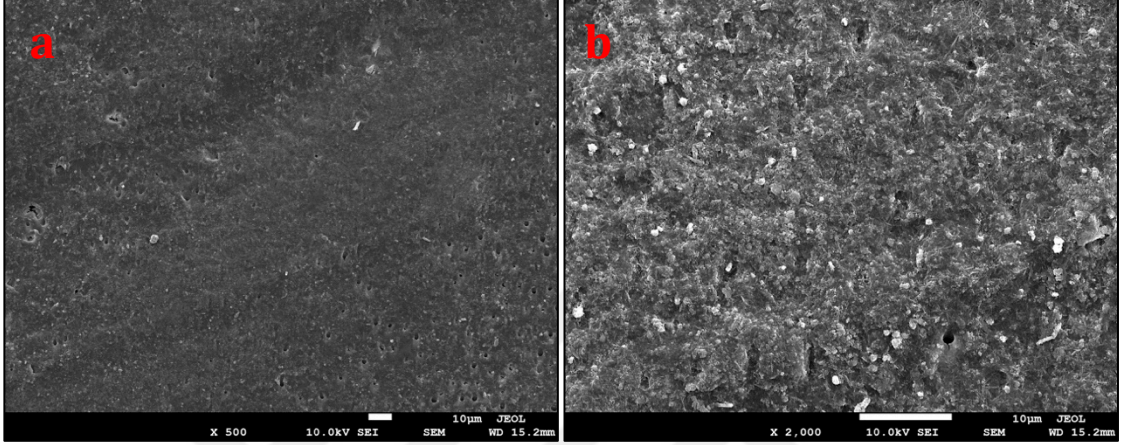
** Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) Tukey B

Aynı harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamaktadır ($p>0,05$)

4.2. SEM İncelemesi İle Elde Edilen Bulgular

4.2.1. Smear(+) Kontrol Grubu

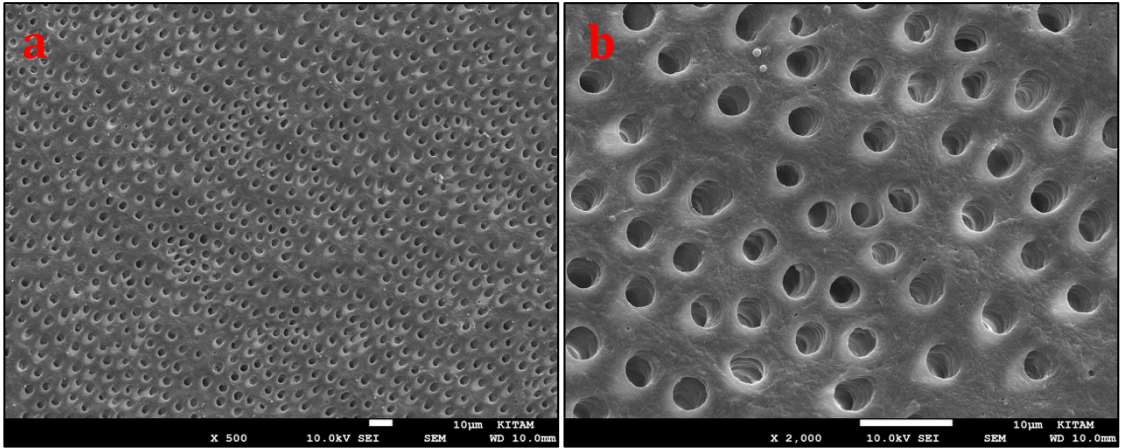
Smear tabaka oluşturulan Smear(+) kontrol grubunda; yarı açık tübüllere çok nadiren rastlanmakla birlikte, dentin yüzeyinin tamamına yakın kısmının örtülü olduğu gözlemlendi (Şekil 14).



Şekil 14. Smear(+) kontrol grubu a. X500 büyütme görüntüsü b. X2000 büyütme görüntüsü

4.2.2. Smear(-) Kontrol Grubu

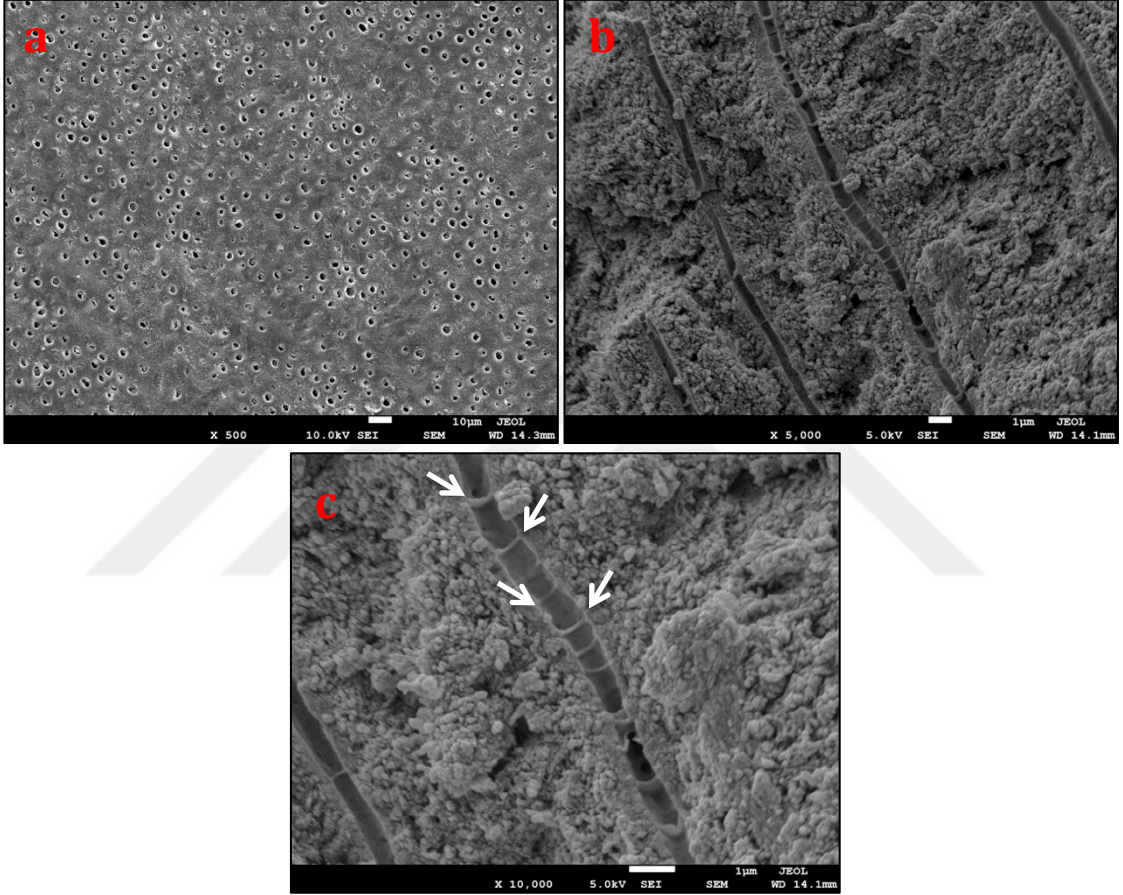
Smear tabakasının kaldırıldığı Smear(-) kontrol grubunda, tübül ağzlarının tamamen açıldığı gözlemlendi (Şekil 15).



Şekil 15. Smear(-) kontrol grubu a. X500 büyütme görüntüsü b. X2000 büyütme görüntüsü

4.2.3. GPG Tedavi Grubu

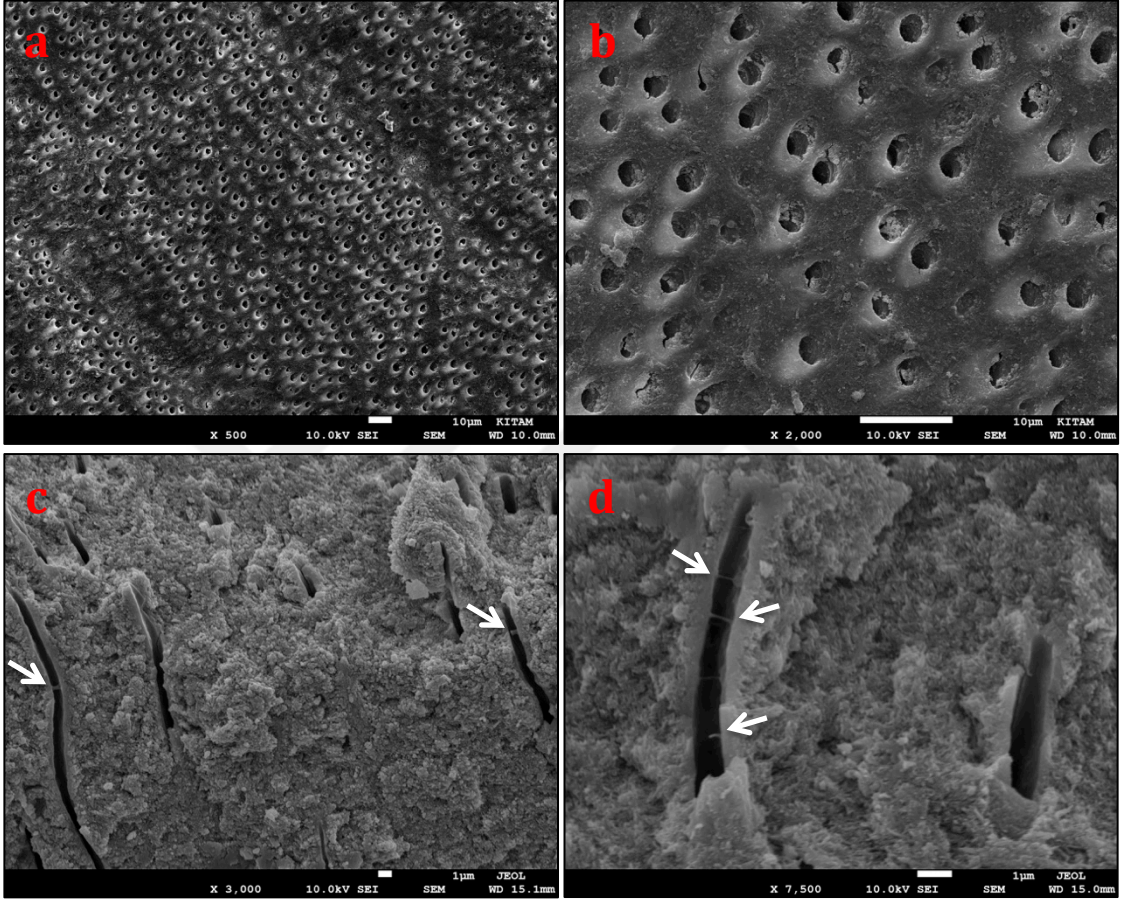
Smear tabaka kaldırıldıktan sonra GPG uygulanan örnekte; dentin yüzeyinde yarı açık ve tamamen açık tübül ağzlarının bulunduğu bir görüntü elde edildi (Şekil 16a). Tübül kesitleri incelendiğinde, tübüllerin iç yapısında yer alan lamel oluşumları tespit edildi (Şekil 16b ve 16c). Bu lamellerden birkaçı Şekil 16c'de beyaz oklarla gösterilmiştir.



Şekil 16. GPG tedavi grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X5000 tübül kesit görüntüsü c. X10000 tübül kesit görüntüsü

4.2.4. GPG Sitrik Asit Grubu

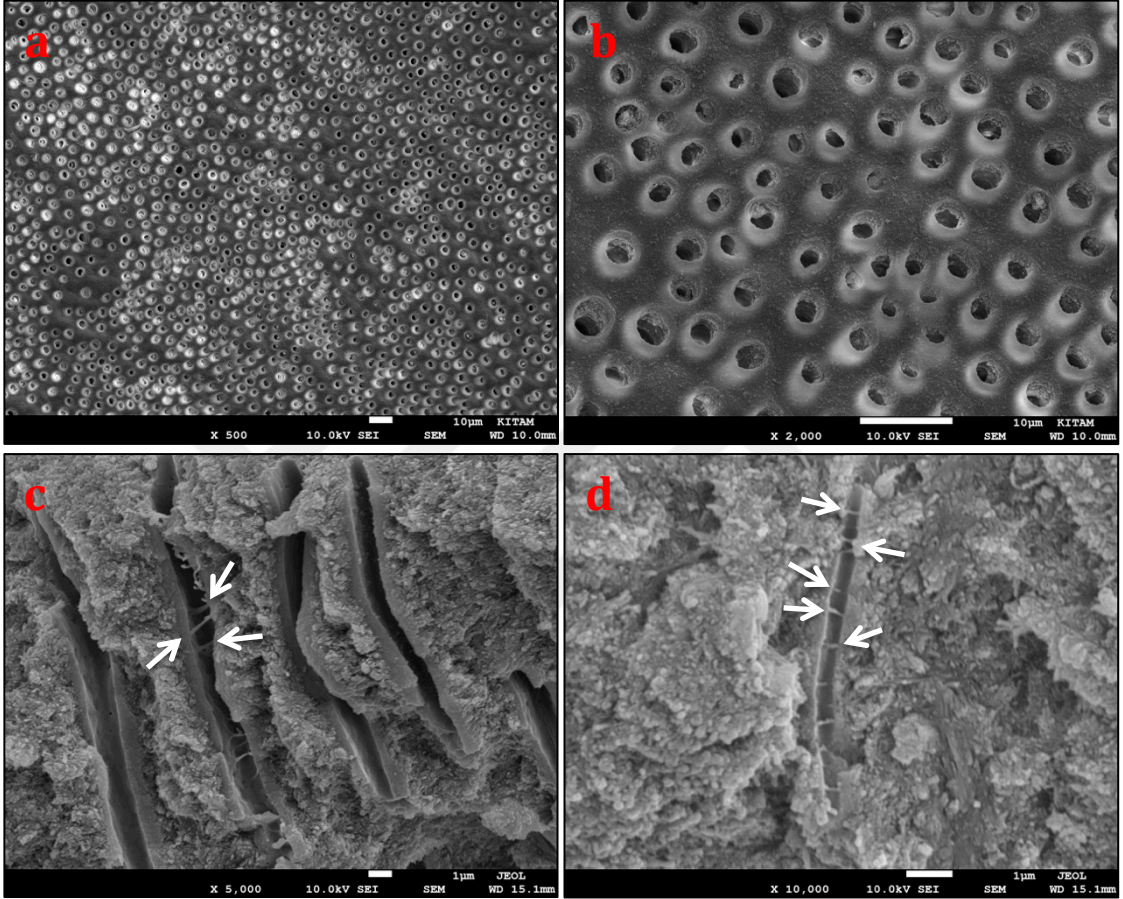
GPG uygulamasının ardından sitrik asit uygulanan örnekte, dentin yüzeyinde yarı açık tübül ağızlarına rastlanmakla birlikte tübüllerin tamamına yakın kısmının açık olduğu gözlemlendi (Şekil 17a ve 17b). Şekil 17c ve 17d’de, beyaz oklarla gösterilen lamel yapıları içeren ve içermeyen tübül kesitleri bir arada izlenmektedir.



Şekil 17. GPG sitrik asit grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X2000 yüzey görüntüsü c. X3000 tübül kesit görüntüsü d. X7500 tübül kesit görüntüsü

4.2.5. GPG Yapay Tükürük Grubu

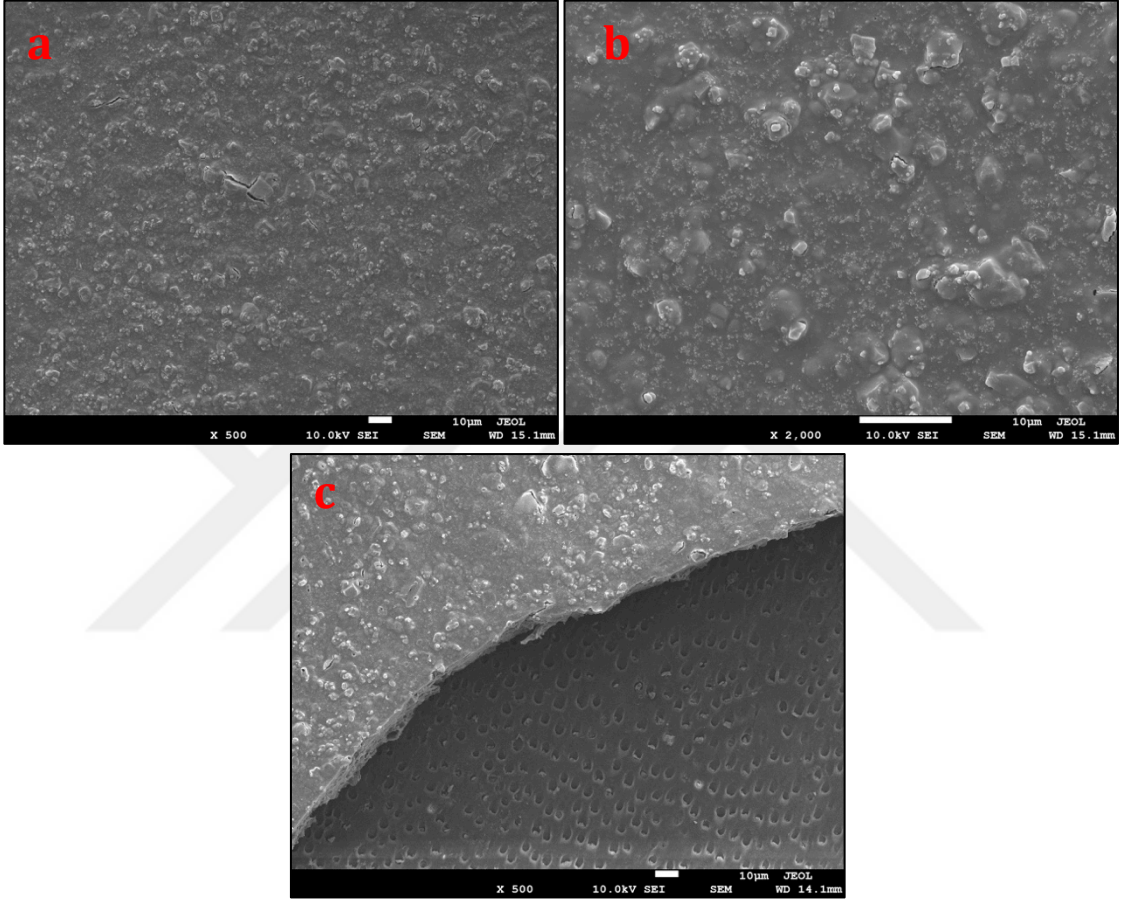
GPG tedavisinin ardından 24 saat yapay tükürükte bekletilen örnekte, dentin yüzeyinde tüm tübül ağzları açık olarak tespit edildi (Şekil 18a ve 18b). Şekil 18c ve 18d'de, lamel yapılar içeren (beyaz oklarla işaretli) ve içermeyen tübül kesitleri birarada izlenmektedir.



Şekil 18. GPG yapay tükürük grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X2000 yüzey görüntüsü c. X5000 tübül kesit görüntüsü d. X10000 tübül kesit görüntüsü

4.2.6. BIFLUORID Tedavi Grubu

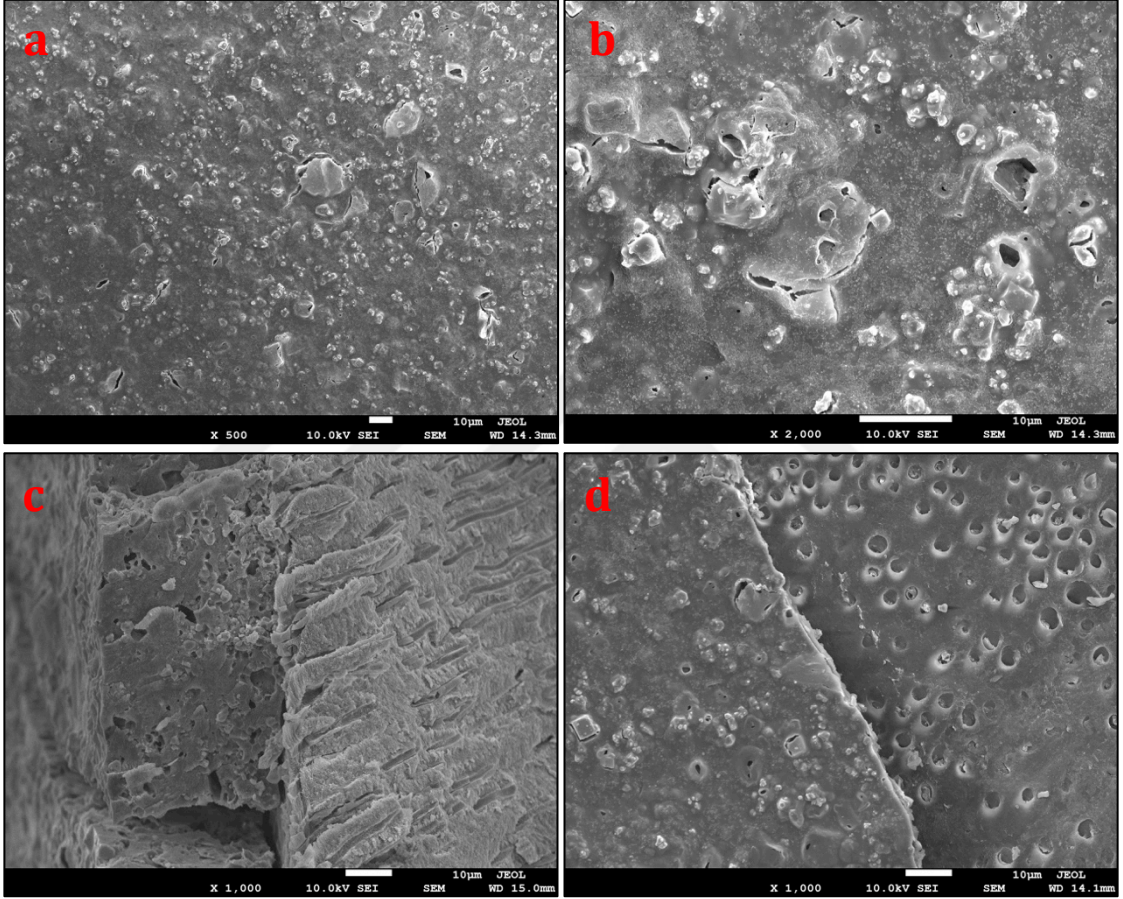
BIFLUORID uygulanan grupta, dentin yüzeyinin rezin cila tabakası ile tamamen örtüldüğü gözlemlendi ve açık tübül ağzı görüntüsüne rastlanmadı (Şekil 19a ve 19b). Materyalin uzaklaştığı alanlarda, tübül ağzlarında yer alan ve tübül çaplarından küçük boyutta olan birikintiler gözlemlendi (Şekil 19c).



Şekil 19. BIFLUORID tedavi grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X2000 tübül kesit görüntüsü c. X500 kırık hattı görüntüsü

4.2.7. BIFLUORID Sitrik Asit Grubu

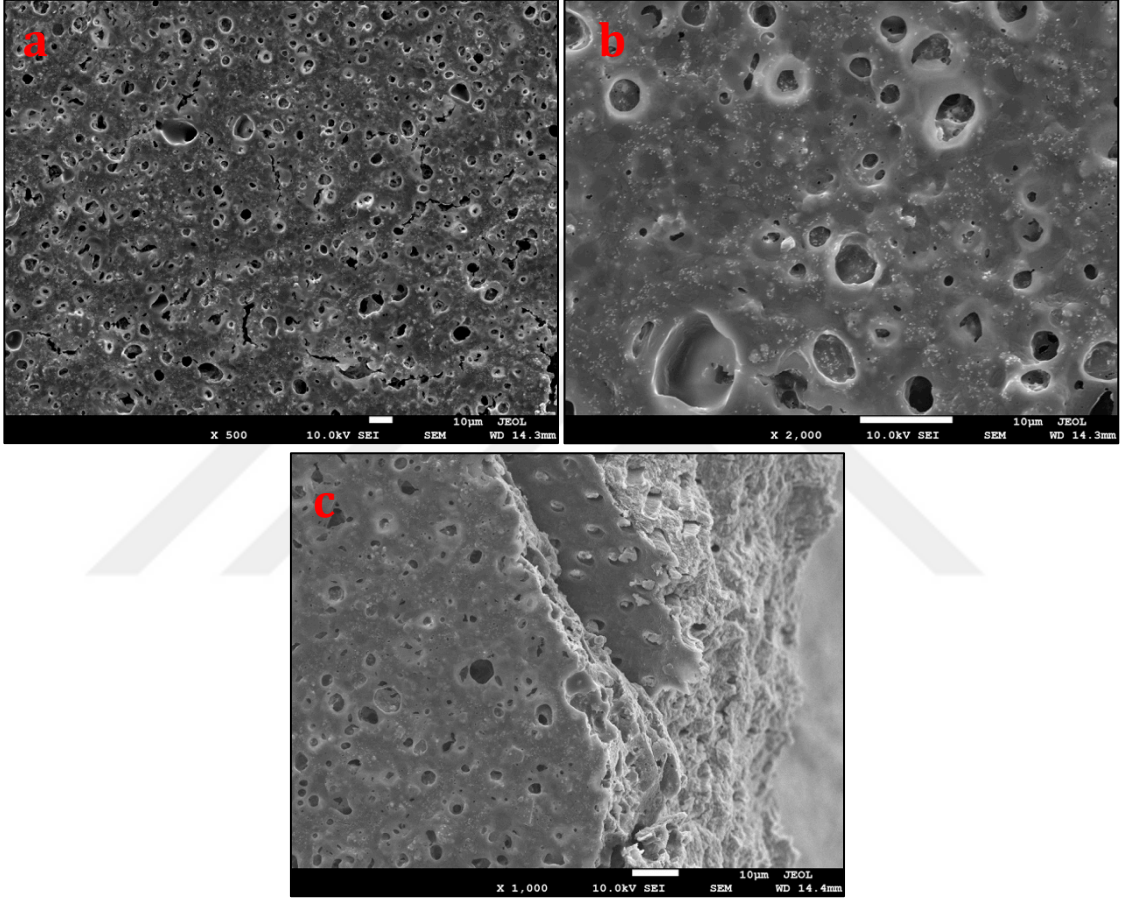
BIFLUORID tedavisinin ardından sitrik asit uygulanan grupta, yüzeyin düzensiz bir yapıda olduğu görüntülendi (Şekil 20a ve 20b). Materyalin iç yapısındaki poroziteler Şekil 20c’de görülmektedir. Kırık hattına bakıldığında, tübül ağzlarında bulunan ve tübül çapından küçük boyuttaki tanecik şeklinde yapılar dikkat çekti (Şekil 20d).



Şekil 20. BIFLUORID sitrik asit grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X2000 yüzey görüntüsü c. X1000 tübül kesit görüntüsü d. X1000 kırık hattı görüntüsü

4.2.8. BIFLUORID Yapay Tükürük Grubu

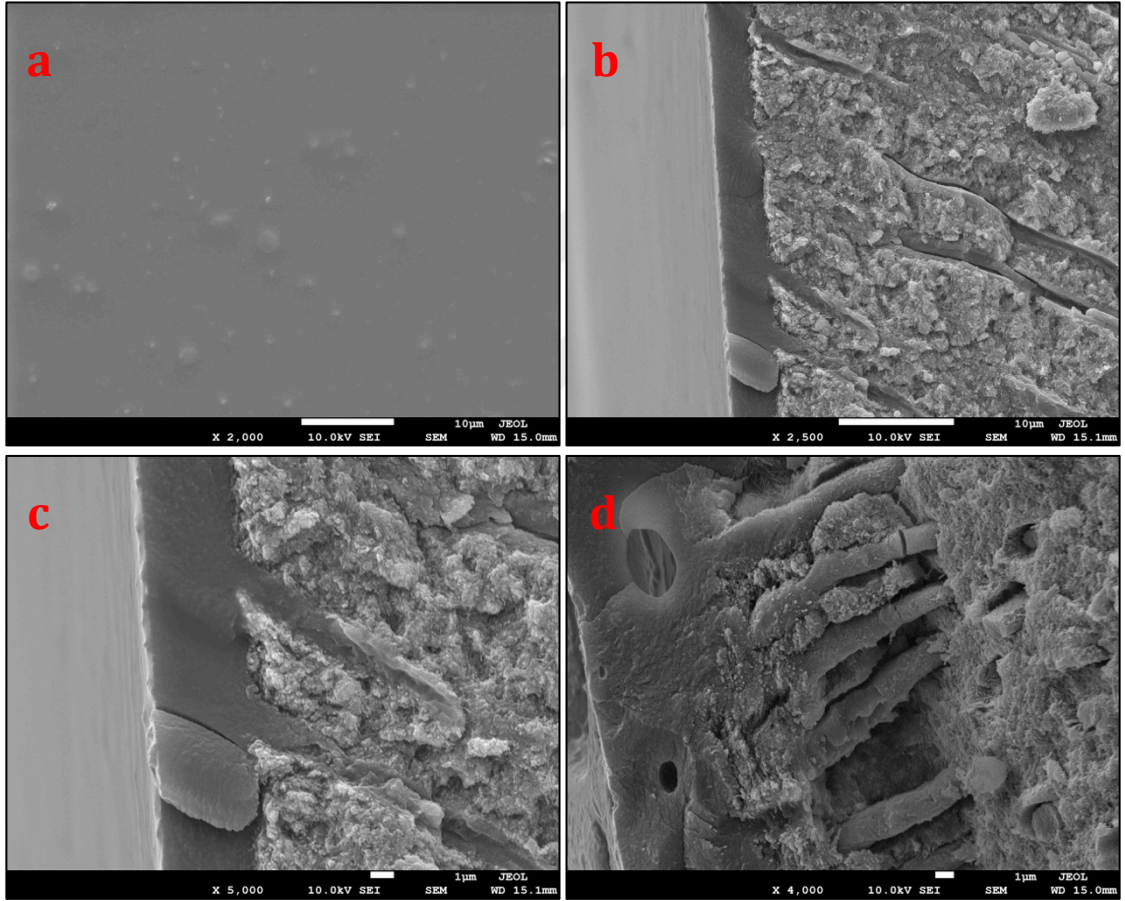
BIFLUORID tedavisinin ardından yapay tükürükte bekletilen grupta, materyalin bozulmaya uğrayarak yüzeyde oldukça çukurlu ve poröz bir görüntü sergilediği gözlemlendi (Şekil 21a ve 21b). Kırık hattı incelendiğinde, tübül girişlerini kısmi olarak tıkayan, tübül çapından küçük boyuttaki yapılar izlenebilmektedir (Şekil 21c).



Şekil 21. BIFLUORID yapay tükürük grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X2000 yüzey görüntüsü c. X1000 kırık hattı görüntüsü

4.2.9. GSE Tedavi Grubu

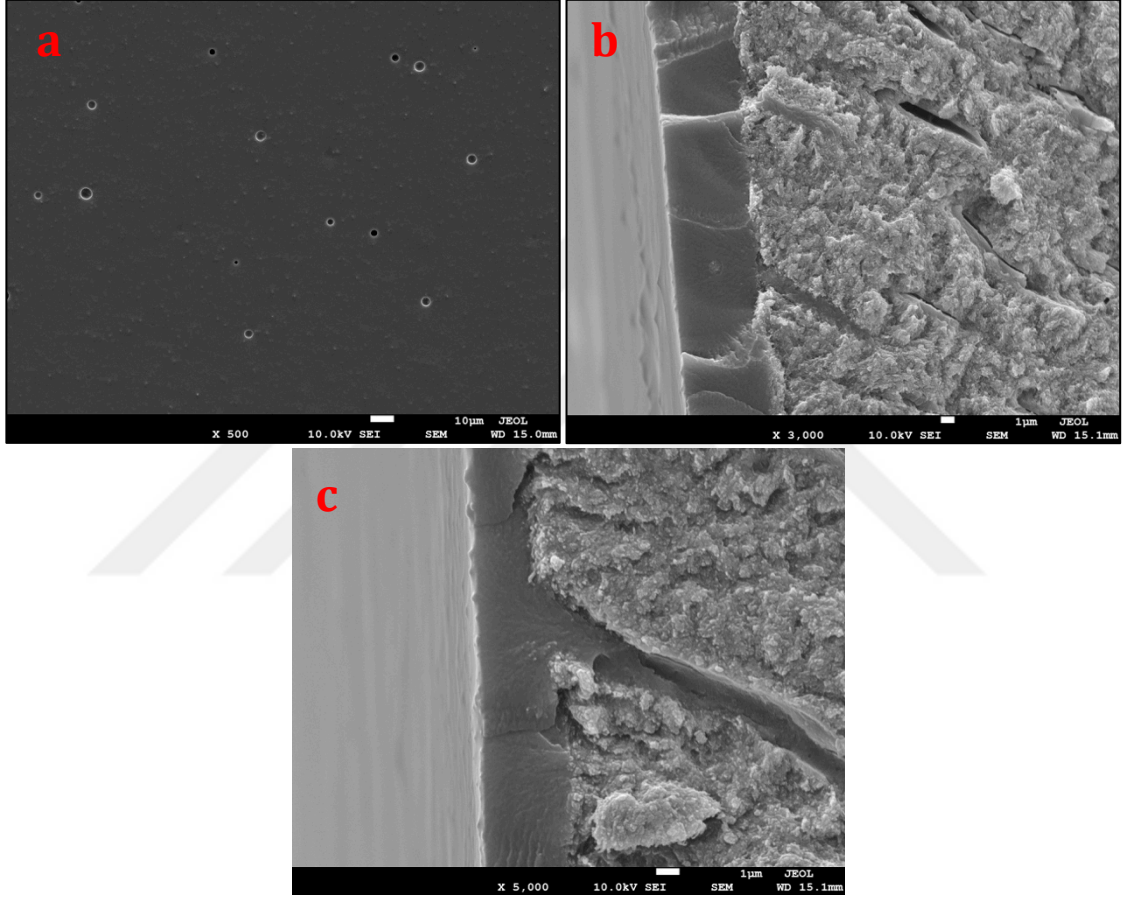
GSE grubunda dentin yüzeyinin tamamen homojen şekilde örtüldüğü gözlemlendi ve açık tübül görüntüsüne rastlanmadı (Şekil 22a). Diğer gruplardan farklı olarak, dentin yüzeyinde smear tabakası oluşturulduktan sonra uygulanan GSE adeziv rezinin, smear tabaka ve tıkaçlarını modifiye ederek dentin yüzeyinde oluşturduğu hibrit tabaka ve tübül içlerinde oluşturduğu polimerize resin tıkaçlar (resin tag), kırık hattının incelendiği fotoğraflarda (Şekil 22b, 22c, 22d) açıkça görülmektedir. Şekil 22d’de ayrıca, tübül içinde kırılıp kalan polimerize resin tıkaçlarının uzantıları izlenebilmektedir.



Şekil 22. GSE tedavi grubu a. X2000 yüzey görüntüsü b. X2500 tübül kesit görüntüsü c. X5000 tübül kesit görüntüsü d. X4000 kırık hattı görüntüsü

4.2.10. GSE Sitrik Asit Grubu

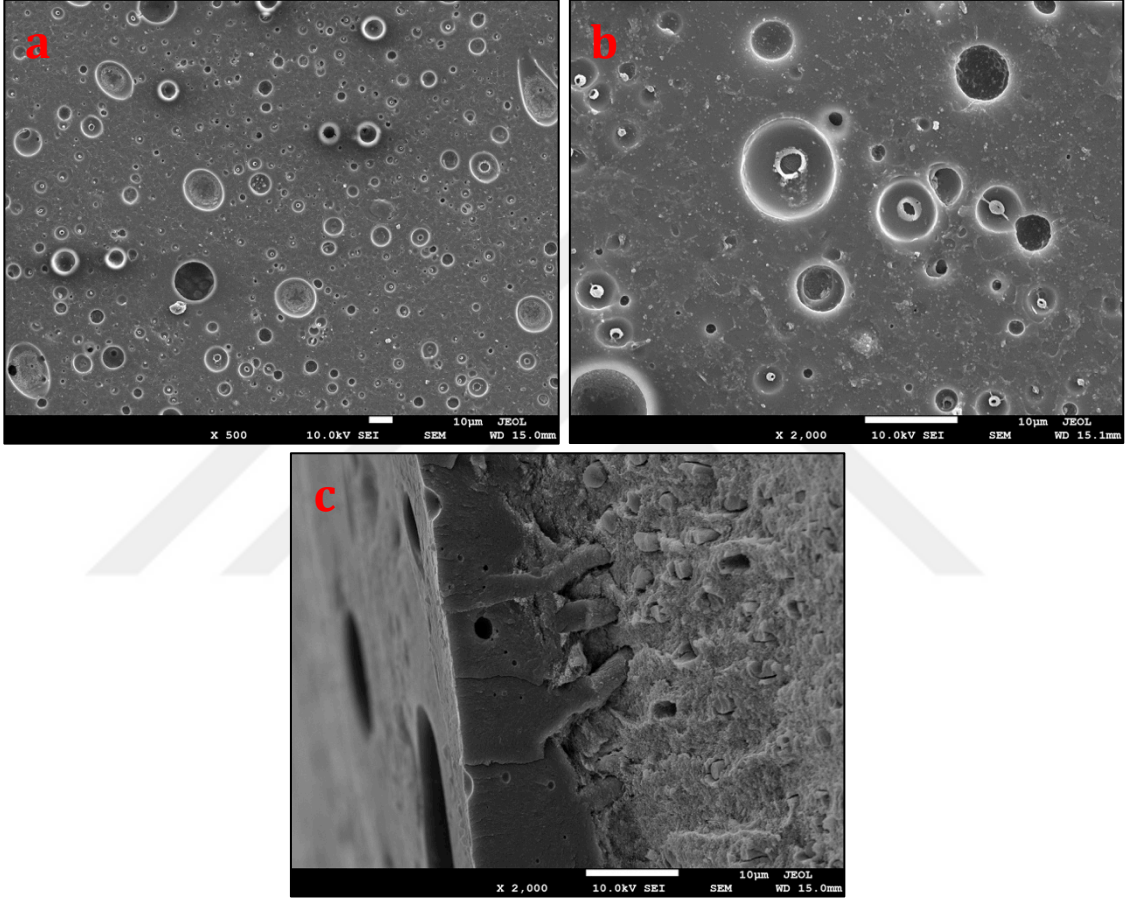
GSE tedavisinin ardından sitrik asit uygulanan örnekte; dentin yüzeyinin bazı alanlarda boşluk şeklinde görüntü verdiği saptandı (Şekil 24a). Resin dentin arayüzünün incelenmesine olanak veren kırık hattı fotoğraflarında (Şekil 24b ve 24c), dentin yüzeyini örten hibrit tabaka ve tübüllerin içine giren polimerize resin tıkaçlar görülmektedir.



Şekil 23. GSE sitrik asit grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X3000 tübül kesit görüntüsü c. X5000 tübül kesit görüntüsü

4.2.11. GSE Yapay Tükürük Grubu

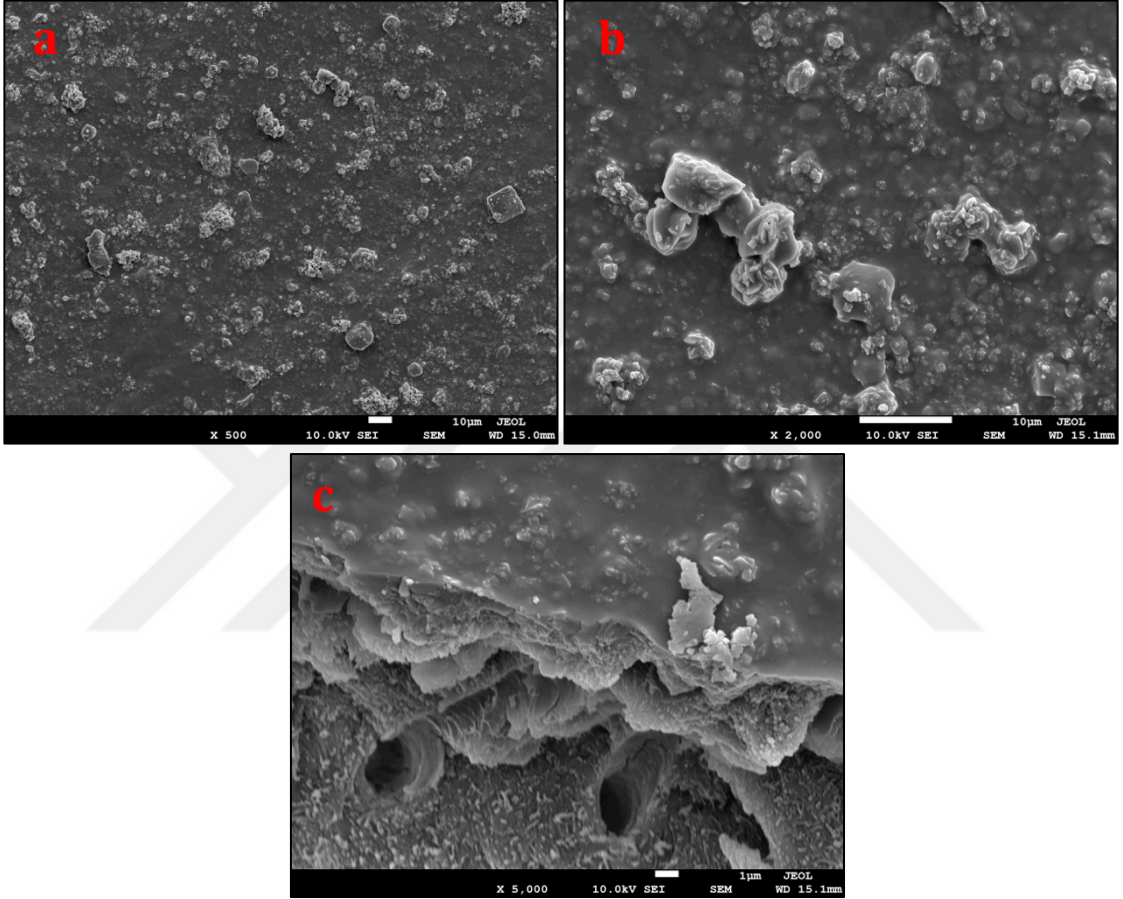
GSE tedavisi sonrası yapay tükürükte bekletilen örnekte, dentin üst yüzeyini örten tabakada yaygın şekilde krater tarzı görüntü oluştuğu ve yüzey homojenitesinin kaybolduğu saptandı (Şekil 24a ve 24b). Şekil 24c’de görülen rezin-dentin arayüzünde; dentin tübüllerini örten hibrit tabaka, tübüllerin içine giren polimerize resin tıkaçları ve tübüllerin içinde kırılıp kalan resin tıkaçlarının uzantıları bir arada görülmektedir.



Şekil 24. GSE yapay tükürük grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X2000 yüzey görüntüsü c. X2000 kırık hattı görüntüsü

4.2.12. D/SENSE Tedavi Grubu

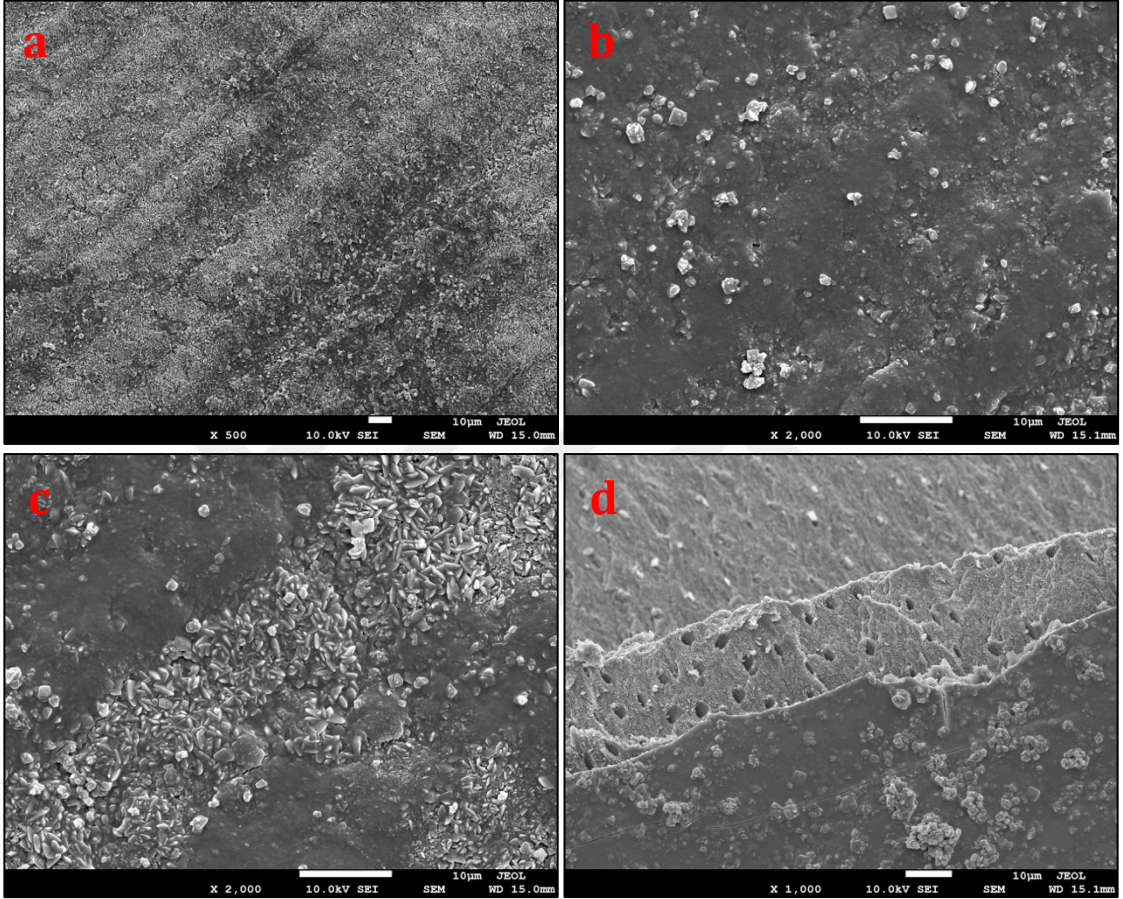
Oksalat içerikli D/SENSE uygulanan grupta, dentin yüzeyinin globüler yapıdaki tabaka ile tamamen örtüldüğü gözlemlendi ve yüzeyde açık tübül ağzı görüntüsüne rastlanmadı (Şekil 25a ve 25b). Kırık hattının izlendiği Şekil 25c'de; normalde materyalin altında kalan açık tübül ağzları görülmektedir.



Şekil 25. D/SENSE tedavi grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X2000 yüzey görüntüsü c. X5000 kırık hattı görüntüsü

4.2.13. D/SENSE Sitrik Asit Grubu

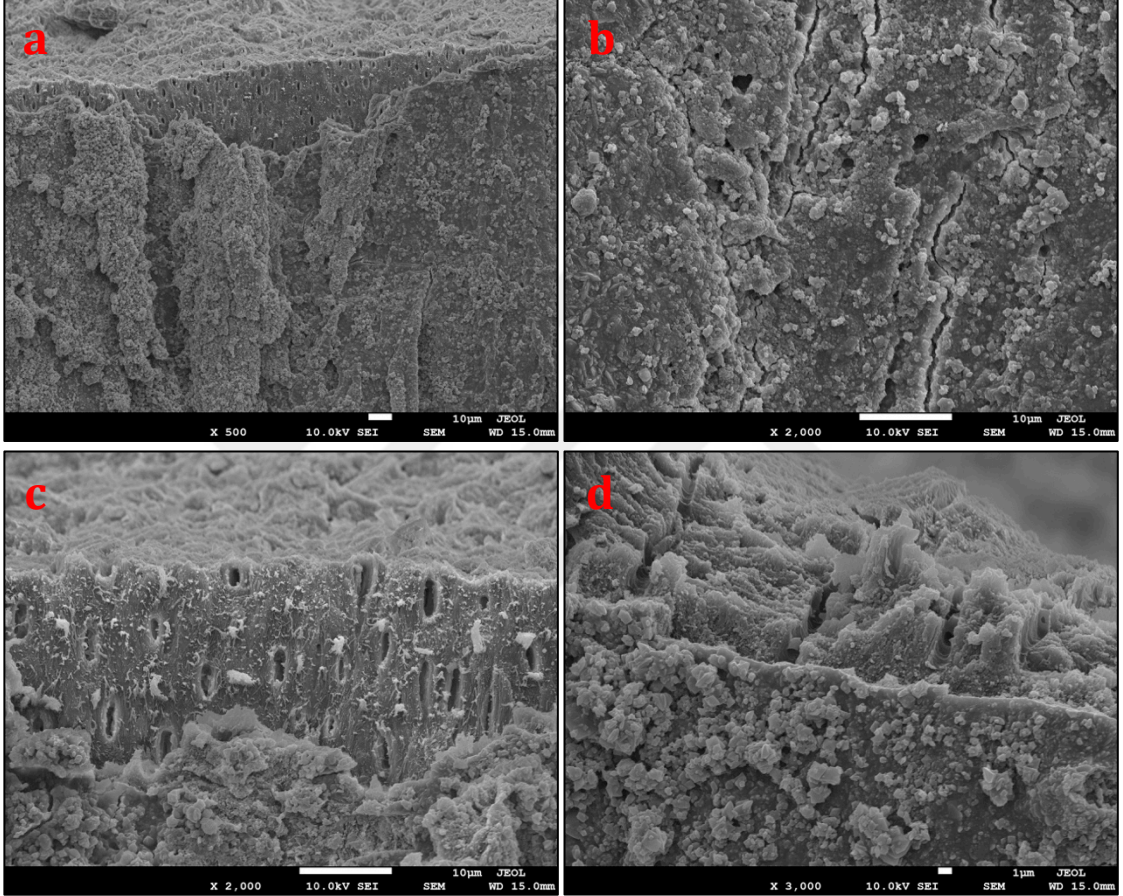
D/SENSE tedavisi sonrası sitrik asit uygulanan örnekte, dentin yüzeyinin yoğun şekilde örtülü olduğu gözlemlendi (Şekil 26a, 26b ve 26c). Bu tabakanın sitrik asit uygulaması sonrasında çoğunlukla uzaklaşmadığı ancak bazı alanlarda, morfolojisinde değişiklik olduğu gözlemlendi (Şekil 26d).



Şekil 26. D/SENSE sitrik asit grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X2000 yüzey görüntüsü c. X2000 yüzey görüntüsü d. X1000 kırık hattı görüntüsü

4.2.14. D/SENSE Yapay Tükürük Grubu

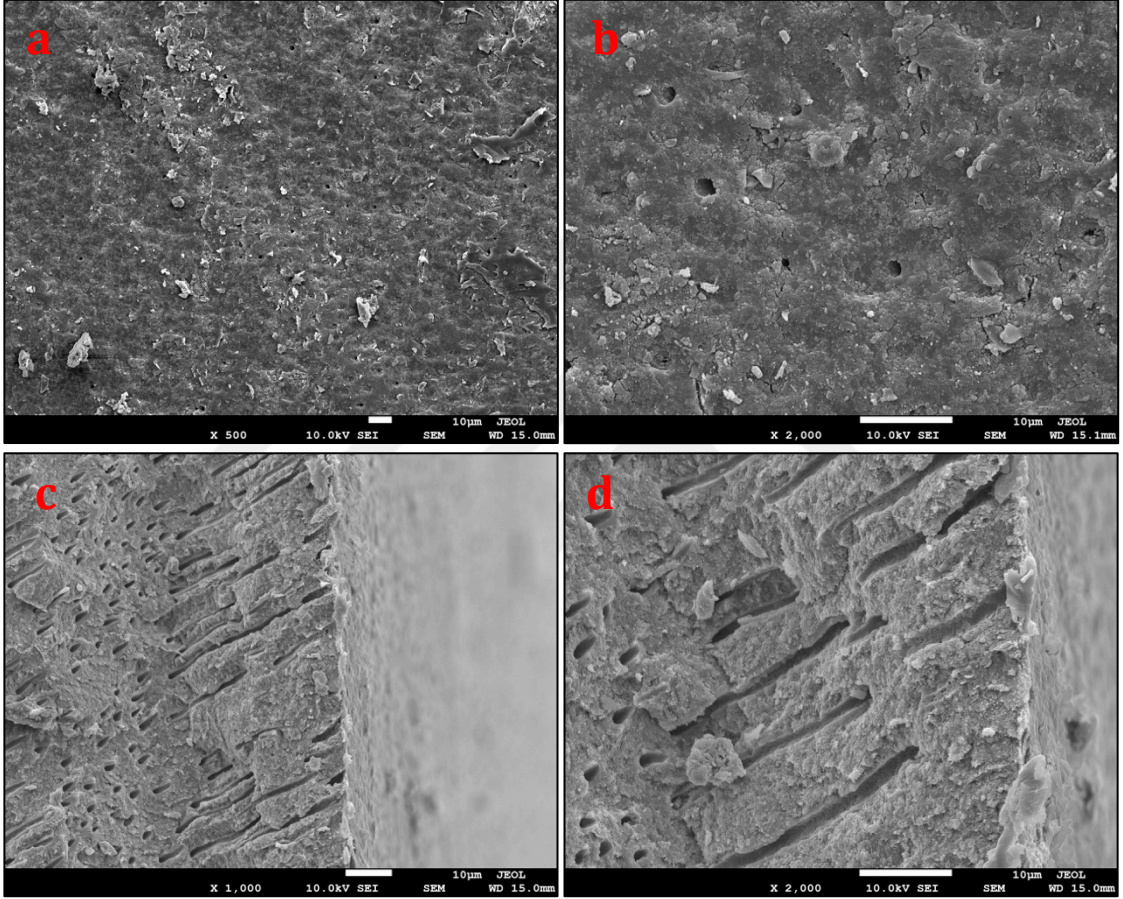
D/SENSE tedavisini takiben yapay tükürükte bekletilen grupta, dentin yüzeyini örten yoğun globüler yapılar izlenmekle beraber nadiren yarı açık tübül ağzlarına da rastlandı (Şekil 27a ve 27b). Kırık hattına bakıldığında tübüllerin içine giren ve tübül ağzlarını daraltan yapılar görüldü (Şekil 27c ve 27d).



Şekil 27. D/SENSE yapay tükürük grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X2000 yüzey görüntüsü c. X2000 kırık hattı görüntüsü d. X3000 tübül kesit görüntüsü

4.2.15. NUPRO Tedavi Grubu

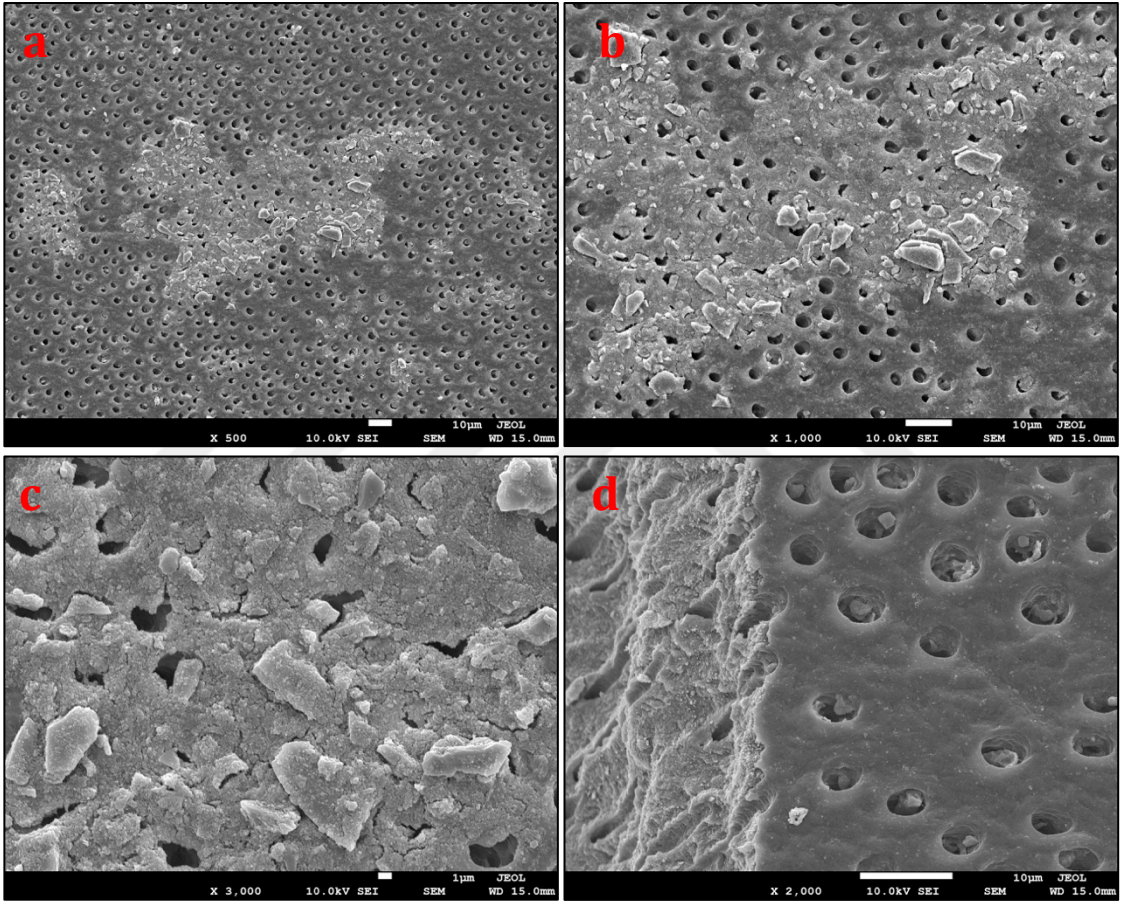
Novamin içerikli NUPRO profilaksi patı uygulanan dentin yüzeyinin, hidroksiapatit benzeri bir tabaka ile örtülü olduğu gözlenmiş ancak yarı açık tübüllerin (Şekil 28a ve 28b) de kısmen mevcudiyeti dikkati çekmiştir. Dentin tübüllerinin uzunlamasına kesitinin görüntülediği fotoğraflarda (Şekil 28c ve 28d) tübül ağzlarında ve tübül içlerine uzanan yapılar izlenebilmektedir.



Şekil 28. NUPRO tedavi grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X2000 yüzey görüntüsü c. X1000 tübül kesit görüntüsü d. X2000 tübül kesit görüntüsü

4.2.16. NUPRO Sitrik Asit Grubu

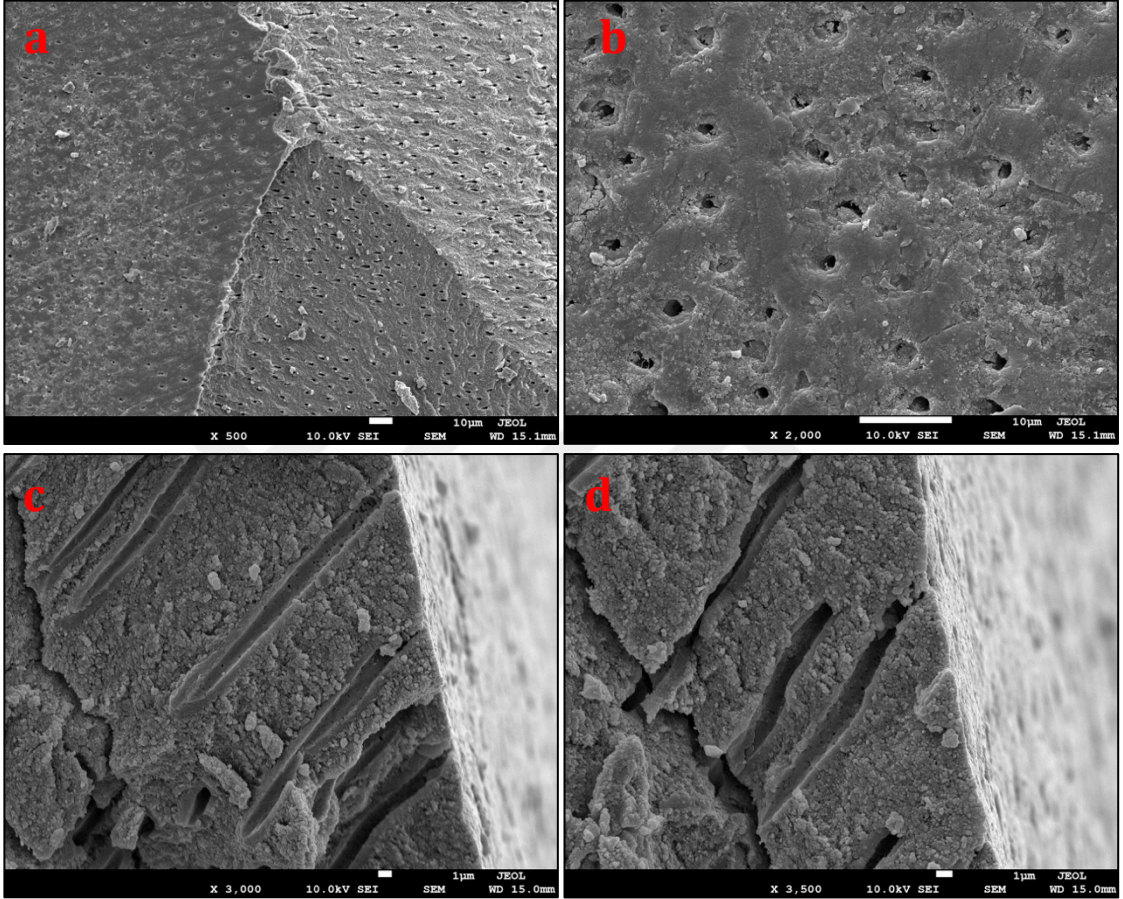
NUPRO tedavisinin ardından sitrik asit uygulanan örnekte; dentin yüzeyinde yer yer hidroksiapatit benzeri yapılarla örtülmüş alanlar bulunmakla birlikte, açık ya da yarı açık tübüllerin oldukça fazla olduğu gözlemlendi (Şekil 29a ve 29b). Şekil 29c’de, tübül çapından büyük boyutlardaki yapılarla tamamen veya kısmen örtülü olan tübül ağzları görülmektedir. Şekil 29d’de ise içlerinde biriken yapılarla daralmış yarı açık tübül ağzları dikkati çekmektedir.



Şekil 29. NUPRO sitrik asit grubu a. X500 yüzey görüntüsü b. X1000 yüzey görüntüsü c. X3000 yüzey görüntüsü d. X2000 tübül kesit görüntüsü

4.2.17. NUPRO Yapay Tükürük Grubu

NUPRO tedavisi ardından yapay tükürükte bekletilen grupta, dentin yüzeyinde genel olarak yarı açık ve kapalı tübül görüntüsüne rastlandı (Şekil 30a ve 30b). Kırık hattının izlendiği fotoğraflarda tübül ağzından tübül içine doğru uzanan yapılar görülmektedir (Şekil 30c ve 30d).



Şekil 30. NUPRO yapay tükürük grubu **a.** X500 yüzey ve kırık hattı görüntüsü **b.** X2000 yüzey görüntüsü **c.** X3000 tübül kesit görüntüsü **d.** X3500 tübül kesit görüntüsü

5. TARTIŞMA

Çeşitli hassasiyet gidericilerin dentin geçirgenliğine etkilerini incelemek amacıyla sıvı filtrasyon yöntemi ilk defa Greenhill ve Pashley (1981) ile Pashley ve Depew (1985) tarafından kullanılmıştır. Bizim çalışmamızda incelenen 5 farklı hassasiyet gidericinin dentin geçirgenliğine etkileri, Oruçoğlu ve ark. (2005) tarafından geliştirilen bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı kullanılarak değerlendirilmiştir. Bilgisayarlı sıvı filtrasyon cihazı ile dentin geçirgenliği ölçümü; konvansiyonel sıvı filtrasyon yöntemlerinin aksine subjektif yorumlamanın elimine edildiği ve değerlendirmenin bilgisayar tarafından yapıldığı, kalitatif değerlendirmeye oranla daha objektif kantitatif veriler sağlayan, farklı tedavi protokolları arasında karşılaştırma yapmaya olanak veren, aynı örnekte tekrarlanabilen ölçümler yapabilmeyi sağlayan ve ayrı kontrol örnekleri hazırlamayı gerektirmeyen bir yöntem olması nedeniyle çalışmamızda tercih edilmiştir.

Bu *in vitro* yöntemde; deney düzeneğinin içinde dolaşan ve dentin diskinin pulpal yüzeyinden belirli bir hidrostatik basınçta uygulanan perfüzyon sıvısı olarak genellikle distile su kullanılmaktadır. Yapay pulpal basınç perfüzyon sıvısı aracılığıyla iletilir. Bu sayede; hassasiyet gidericilerin pulpal yöndeki difüzyonuna karşı yönde bir başka deyişle pulpadan dışarıya doğru gerçekleşen dentin sıvısı akışı da taklit edilebilmektedir. Literatür incelendiğinde, dentin geçirgenliği çalışmalarında yapay pulpal basıncı taklit etmek üzere seçilen hidrostatik basıncın standart bir değerinin olmadığı görülmektedir. Çalışmalarda seçilen hidrostatik basınç değerleri; 20 cmH₂O (Wang ve ark., 2010; Wang ve ark., 2011; Calabria ve ark., 2014), 70 cmH₂O (Gandolfi ve ark., 2012; Thanatvarakorn ve ark., 2013), 140 cmH₂O (Sales-Peres ve ark., 2012; Calabria ve ark., 2014), 703 cmH₂O (Pereira ve ark., 2005; Santiago ve ark., 2006), 1050 cmH₂O (Hansen ve ark., 1992) şeklinde çeşitlilik göstermektedir.

Gandolfi ve ark. (2008), hassasiyet giderici uygulanan dentin disklerinin geçirgenliğinin çok düşük oranda olması nedeniyle; fizyolojik pulpal basınç değerine (15 cmH₂O=1,5 kPa) yakın değerlerde seçilen düşük hidrostatik basıncın, geçirgenlik değerlerinin kaydedilmesinde yeterli olmayabileceğini savunmuşlardır. Bazı araştırmacılar, hassasiyet gidericilerin tübüleri tıkamadaki mekanik dayanıklılıklarının değerlendirilebilmesi amacıyla fizyolojik değerden daha yüksek basınç değerlerinin seçilmesi gerektiğini belirtmişlerdir (Ishihata ve ark., 2011). Bu çalışmada, bilgisayarlı sıvı filtrasyon sisteminin kararlı çalışabilmesi için gerekli olan ve fizyolojik pulpal

basıncın çok üzerinde olan bir hidrostatik basınç değeri (1,8 bar=1835,49 cmH₂O) tercih edilmiştir.

Çekilmiş dişler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar çalışmalarında, tübüllerin içindeki dentin sıvısını muhafaza etmek olanaksızdır. Bu *in vitro* yöntemin, *in vivo* ortamı mümkün olduğunca taklit edebilmesi amacıyla; sistem içerisinde dolaşan perfüzyon sıvısının, dentin sıvısına benzeyen bir yapıda olması gerektiği düşünülmüştür. Perfüzyon sıvısının içeriği, dentin geçirgenliğinde etkisi olan önemli bir faktördür (Özok ve ark., 2002). Dentinin hidrolik iletkenliğini, kompozit restorasyonların kenar uyumunu veya dentin bağlayıcı sistemlerinin bağlanma dayanıklılığını değerlendirmek amacıyla yapılan birçok çalışmada; protein içerikli dentin sıvısını taklit eden çeşitli yapay dentin sıvıları kullanılmıştır. Bunlardan bazıları; su veya fosfat tamponlu salin (PBS) ile seyreltilmiş % 1,5 konsantrasyondaki sığır serum albümini (Pashley ve ark., 1984b), seyreltilmemiş at serumu (Krejci ve ark., 1993), seyreltilmemiş fetal sığır serumu (FBS) (Prati, 1994) ve fizyolojik salinle 1:3 oranında seyreltilmiş sığır serumudur (Nikaido ve ark., 1995). Özok ve ark. (2002); 1:3 oranında seyreltilmiş sığır serumunun muhtemelen yüksek viskozitesi ya da yüksek molekül ağırlıklı içeriği nedeniyle dentin tübüllerinin içerisinde tıkanmaya yol açtığını ve dentin geçirgenliğinde azalmaya neden olduğunu ve bu nedenle dentin sıvısı yerine kullanılamayacağını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada perfüzyon sıvısı olarak distile su kullanıldı. Ancak hassasiyet giderici gruplardan biri glutraldehit içerikli olduğundan ve protein çökmesi yoluyla dentin geçirgenliğini azalttığından, yapay dentin sıvısını taklit edebilmek amacıyla; bu gruptaki örnekleri distile su ile % 2 konsantrasyonda hazırlanan sığır serum albümini solüsyonu içerisinde bekletildi. Literatürde aynı yöntemi kullanan başka çalışmalar da bulunmaktadır (Ishihata ve ark., 2011; Ishihata ve ark., 2012).

Moleküler ağırlığın dentin geçirgenliği üzerinde önemli etkisi bulunmaktadır (Pashley ve Livingston, 1978). Molekül ağırlığı 100,000 Da'nın altında olan (albumin gibi) serum fraksiyonlarının dentin geçirgenliğini etkilemediği, bu eşik değerin üzerinde moleküler ağırlığa sahip serum fraksiyonlarının ise (globulin ve lipoproteinler gibi) dentin geçirgenliğinde önemli derecede azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Pashley ve ark., 1982; Hahn ve Overton, 1997). Sığır albümini, 66 kDa moleküler ağırlığa

sahiptir ve bu değerin dentin geçirgenliğini etkilemeyecek kadar küçük olduğu rapor edilmiştir (Pashley ve Livingston, 1978; Hahn ve Overton, 1997; zok ve ark., 2002).

Dentin geçirgenliğinin belirlenmesinde çekilmiş insan veya hayvan dişleri, direkt olarak ya da dişlerden dentin diski elde edilerek kullanılırlar. *In vitro* alışmalarda bugüne kadar insan dişine alternatif olarak en çok sığır mandibular kesici dişleri tercih edilmiştir (Yassen ve ark., 2011).

İnsan dişlerine kıyasla standart denebilecek diyet etkisine maruz kalan sığır dişlerindeki homojenite daha fazladır ve daha uniform bir kompozisyondadırlar. Nispeten geniş ve daha düzgün yüzeye sahip olduklarından aynı dişten birden fazla örnek elde etmek ve kontrol örneklerini aynı diş yüzeyinde oluşturmak mümkündür. Ayrıca; sığır dişlerinde çürük lezyonu ya da diğer defektlere sık rastlanmaması ve yeteri kadar sağlam yapıda sığır dişinin kısa sürede kolaylıkla temin edilebilmesi *in vitro* alışmalar için bir kolaylıktır (Yassen ve ark., 2011). Literatürde; sığır dişi ve insan dişinin farklı yönlerden karşılaştırıldığı pek çok çalışma bulunmaktadır. Sığır kesici dişleri; dentin tübüllerinin sayısı, yoğunluğu, çapları, sertliği ve mine prizmalarının oryantasyonu açısından insan dişleriyle oldukça benzerlik gösterirler. Özellikle dental erozyon ve abrazyon çalışmaları başta olmak üzere pek çok *in vitro* ve *in situ* alışmada insan dişine alternatif olarak sığır dişi tercih edilmiştir (Schilke ve ark., 1999; Schilke ve ark., 2000; Reis ve ark., 2004; Rios ve ark., 2006a; Rios ve ark., 2006b; Vieira ve ark., 2006; Fonseca ve ark., 2008; Francisconi ve ark., 2008; Wegehaupt ve ark., 2008; Tjderhane ve ark., 2009; Dos Santos ve ark., 2011; Yassen ve ark., 2011).

İnsan ve sığır dişlerini geçirgenlik özellikleri açısından karşılaştırmalı değerlendiren bazı çalışmalarda; sığır keser dişindeki koronal dentinin, insan dişi koronal dentinine oranla daha az geçirgen olduğu ve geçirgenlik özelliklerinin insan molar dişi kök dentinine benzediği bildirilmiştir (Tagami ve ark., 1990).

Schmalz ve ark. (2001), hidrolik iletkenlik ve difüzyonal su akışı açısından insan dişi dentini ve sığır dişi dentini arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulamamışlardır. Araştırcılar, sığır dişi dentininin geçirgenlik özelliklerinin insan dişine göre daha az varyasyon gösterdiğini ve bu açıdan kolaylıkla standardize edilebildiğini bildirmişlerdir. Schmalz ve ark. (2001) ayrıca; sığır dişinin mine-sement birleşimi çevresindeki dentinin, geçirgenlik özellikleri bakımından insan dişindeki koronal bölge dentini yerine kullanılabilecek uygun bir alternatif olabileceğini

belirtmişlerdir. Bu referanslardan hareketle; biz de çalışmamızda, sığır keser dişlerinin mine sement birleşimi çevresinden elde ettiğimiz dentin disklerini kullanmayı tercih ettik. Dentin diskinin pulpal yüzeyine; diskin kole bölgesini ortalayacak şekilde konumlandırıp yapıştırdığımız kauçuk halkalar sayesinde her dentin diskinde aynı bölgenin geçirgenliğinin değerlendirilmesini sağladık (Şekil 8a).

Çekilmiş dişlerin deney anına kadar muhafaza edildiği saklama solüsyonlarının da dentin geçirgenliği üzerinde etkisi bulunduğu iddia edilmektedir. Saklama solüsyonları, antibakteriyel etkinliklerinin yanısıra aynı zamanda çekilmiş dişleri nemli ortamda muhafaza etmek amacıyla kullanılırlar. Dişlerin buzdolabında antiseptik solüsyonlar içerisinde muhafaza edilmesi halinde; organik ya da mineral bileşenlerinin intratubuler olarak çökmesinin mümkün olduğu ve bunun da dentin geçirgenliğini etkileyeceği bildirilmiştir (Camps ve ark., 1994). Farklı saklama solüsyonlarının zaman içinde dentin geçirgenliğinde yarattığı değişikliklerin incelendiği bazı çalışmalarda (Goodis ve ark., 1991; Goodis ve ark., 1993; Titley ve ark., 1998), etanol ve formalin gibi fiksatif solüsyonların dentin geçirgenliğinde en az oranda değişime yol açtığı bildirilmiştir. Bu nedenle biz de çalışmamızda saklama solüsyonu olarak % 10'luk formalin kullanmayı tercih ettik.

Dentin geçirgenliği çalışmalarında, pulpası çıkarılmış kronlar (Rusin ve ark., 2010; Kim ve ark., 2013) ya da dentinden elde edilen diskler kullanılabilir. Dentin disklerinin kullanımı; incelenen dokunun standardizasyonunun nispeten kolaylıkla sağlanabilmesi ve daha hassas sonuçlar elde edilebilmesi açısından avantajlıdır (Pradelle-Plasse ve ark., 2002).

Dentin diskinin geçirgenliği üzerinde etkisi bulunan pek çok değişken vardır. Dentin diskinin elde edildiği bölgenin pulpaya olan uzaklığı, dentin diskinin kalınlığı ve açık dentin yüzey alanı arttıkça geçirgenlik miktarı artar (Camps ve ark., 1997).

Dentin diski kullanan çalışmalarda genellikle 1 mm (Pereira ve ark., 2005; Wang ve ark., 2011; Gandolfi ve ark., 2012; Sales-Peres ve ark., 2012; Calabria ve ark., 2014) kalınlığında diskler elde edilmekle beraber; 0,5-0,9mm (Sauro ve ark., 2011a; Thanatvarakorn ve ark., 2013) ya da 2 mm (Joshi ve ark., 2013) kalınlığında disk kullanan çalışmalar da mevcuttur.

Dentin diskleri, parçalı disk geçirgenlik apereyine direkt olarak yerleştirilip kullanılabilirdiği gibi (Pereira ve ark., 2005; Santiago ve ark., 2006), alan

standardizasyonu amacıyla pleksiglase yapıştırarak kullanan çalışmalar (Wang ve ark., 2010; Wang ve ark., 2011; Gandolfi ve ark., 2012; Calabria ve ark., 2014) da bulunmaktadır. Açık dentin alanının sabitlenerek her ölçümde aynı bölgenin geçirgenliğinin değerlendirilmesi önemlidir. Bazı araştırmacılar; ölçümü yapılacak açık dentin alanını standardize etmek amacıyla çeşitli uygulamalar yapmışlardır. Thanatvarakorn ve ark. (2013); dentin diski üzerinde oluşturdukları, etrafı tırnak cilası ile izole edilmiş standart boyuttaki açık dentin alanı üzerinde ölçümlerini gerçekleştirmişlerdir. Camps ve ark. (1994); dentin diski yüzeyine, ortasında standart boyutta delik açılmış su geçirmez bant yapıştırarak izolasyon ve alan standardizasyonu sağlamışlardır. Biz çalışmamızda; dentin diskinin pulpal yüzeyine bir adet kauçuk sızdırmazlık halkası yapıştırmak suretiyle alan standardizasyonu sağladık. Kauçuk halkanın, örneğin pulpal yüzeyine yapıştırılması sayesinde; diskin pulpal ve periodontal yüzeyinin ayırt edilerek, parçalı disk geçirgenlik apereyi içerisinde doğru şekilde konumlandırılması sağlanmış oldu (Şekil 8a).

Dentin geçirgenliği üzerinde önemli etkisi bulunan başka bir değişken de smear tabakanın varlığıdır. Smear tabaka, dentin tübüllerinin üzerini ve tübül ağızlarını örterek dentin geçirgenliğini azaltır ve tübül içindeki sıvının hidrodinamik hareketine engel olur (Perdigão, 2010). Bazı araştırmacılar; DH tedavisinin hedefinin, dentinin hidrolik iletkenlik değerini (Lp) smear tabaka varlığında ölçülen değer yaklaşık % 10-20'si kadar bir değere düşürmek olduğunu savunmuşlardır. Tedavi sonucunda bu değerleri elde edebilmenin; uygulanan hassasiyet gidericinin tübüllerini tıkamadaki başarısını belirleyen önemli bir özellik olduğu belirtilmiştir (Pashley ve ark., 1978a; Pashley ve ark., 1978b; Reeder ve ark., 1978; Pereira ve ark., 2005; Calabria ve ark., 2014).

Dentin geçirgenliği çalışmalarında standart bir smear tabakası oluşturulmakta ve bu durumda ölçülen geçirgenlik değeri, minimum geçirgenlik değeri olarak adlandırılmaktadır. Standart smear tabakanın oluşturulması amacıyla çalışmalarda farklı protokoller uygulanmıştır. Dentin disklerine genellikle 600 gritlik silikon karbit (SiC) zımpara kağıdı ile 30 sn zımparalama (Wang ve ark., 2010; Wang ve ark., 2011; Gandolfi ve ark., 2012; Thanatvarakorn ve ark., 2013) yapılmış olup; 500 gritlik SiC ile 30 sn (Sauro ve ark., 2011a) zımparalama şeklindeki uygulamalara da rastlamak mümkündür.

Çalışmamızda dentin disklerinin üst yüzeyi 600 gritlik SiC zımpara kağıdı ile 30 sn boyunca zımparalanıp standart smear tabaka oluşturulduktan sonra tüm örneklerde ölçülen minimum geçirgenlik değerlerinin (Lp 1) ortalaması $0,000214 \mu L.cm^{-2}.cmH_2O^{-1}.dk^{-1}$ olarak bulunmuştur. Smear(+) kontrol grubundaki dentin diskinin yüzeyinden alınan SEM görüntüsünde ise, dentin tübüllerinin tamamına yakın kısmının smear tabaka ile örtülü olduğu gözlenmiştir (Şekil 14).

Smear tabakanın oluşumu sırasında her bir dentin tübülünün içerisine doğru itilen debrislerin yani smear tıkaçlarının, rezin uygulanmış dentin tübüllerindeki rezin tıkaçlarından bile daha iyi örtüleme sağladığı ve bu sayede hassasiyetin oluşmadığı ileri sürülmüştür (Pashley, 1991; Carrilho ve ark., 2007). Ancak ne var ki smear tabaka; ağız ortamında, yiyeceklerde ve içeceklerde doğal olarak bulunan asitlerin etkisiyle ya da diş fırçalama ile kolaylıkla uzaklaşabilmektedir (Kerns ve ark., 1991). Smear tabaka ve tıkaçlarının kaybıyla birlikte dentin tübüllerinin geçirgenliği artmakta ve hastalarda DH ortaya çıkmaktadır (Ahlquist ve ark., 1994; Greenspan ve ark., 1998; Prati ve ark., 2003). Bu *in vitro* yöntemde smear tabaka kaldırılıp tübül ağzları tamamen açılarak; asit erozyonu, fırça abrazyonu ya da başka bir nedenle mine ve/veya sement tabakasının ortadan kalktığı sıra dışı klinik koşullar ve hassas dentin taklit edilmektedir (Greenspan ve ark., 1998; Litkowski ve ark., 2002; Rusin ve ark., 2010). Çeşitli asitlerle smear tabakanın kaldırıldığı bu durum maksimum geçirgenlik olarak adlandırılır ve geçirgenlik değeri % 100 olarak kabul edilir.

Literatür incelendiğinde, dentin disklerindeki smear tabakanın kaldırılması amacıyla uygulanan standart bir protokolün bulunmadığı görülmektedir. Çalışmalarda, dentin disklerine çeşitli sürelerde EDTA (Chersoni ve ark., 2004; Pereira ve ark., 2005; Sauro ve ark., 2007; Wang ve ark., 2010; Sauro ve ark., 2011a; Wang ve ark., 2011; Gandolfi ve ark., 2012), EDTA ve sodyum hipoklorit kombinasyonu (Thanatvarakorn ve ark., 2013), fosforik asit (Sahin ve ark., 2012; Sales-Peres ve ark., 2012; Kim ve ark., 2013; Calabria ve ark., 2014) ve sitrik asit (Joshi ve ark., 2013) uygulanmıştır.

Çalışmamızda smear tabakanın kaldırılması amacıyla Sauro ve ark. (2007)'nin çalışmalarında olduğu gibi örnekler 5 dk boyunca % 17'lik EDTA solüsyonunda bekletilmiştir. Smear tabaka kaldırıldıktan sonra elde edilen maksimum geçirgenlik değerlerinin (Lp 2) ortalaması $0,001335 \mu L.cm^{-2}.cmH_2O^{-1}.dk^{-1}$ olarak tespit edilmiş ve bütün örneklerde smear tabakasının kaldırılmasıyla birlikte dentin geçirgenliğinin arttığı

belirlenmiştir. Hassas dentini temsil eden ve hiçbir tedavi uygulanmayan Smear(-) grubunun SEM analizinde, dentin tübül ağızlarının açık olduğu gözlenmiştir (Şekil 15).

Çalışmada yer alan hassasiyet gidericilerin uygulanmalarını takiben ölçülen ortalama dentin geçirgenlik değerleri (% Lp 3); GSE grubunda % 18,97±4,99, D/SENSE grubunda % 21,74±6,63, GPG grubunda % 23,35±12,40, BIFLUORID grubunda % 24,50±12,31, NUPRO grubunda ise % 28,84±10,92 olarak tespit edilmiştir. Grupların ortalama dentin geçirgenlik değerleri (% Lp 3) arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Hangi gruplar arasında farklılık olduğunu belirlemek amacıyla yapılan ikili gruplar arasındaki karşılaştırmalı analizde; sadece GSE ve NUPRO grupları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı kabul edilebilecek düzeyde (p<0,05) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 8). Dolayısıyla çalışmamızın ilk hipotezi olan; 5 farklı hassasiyet gidericinin uygulandığı dentin disklerinin ortalama geçirgenlik değerlerinde gruplar arasında fark olmayacağı hipotezi reddedilmiştir.

Çalışmada yer alan hassasiyet gidericilerin, % Lp 2 (% 100) değerine oranla ortalama geçirgenlik değerlerinde neden oldukları azalma oranları; tedavi etkinlik değerlerini göstermektedir. Tedavi etkinlik değerlerini en yüksekte düşüğe doğru yaklaşık olarak; GSE grubunda % 81, D/SENSE grubunda % 78, GPG grubunda % 77, BIFLUORID grubunda % 76, NUPRO grubunda ise % 71 şeklinde sıralamak mümkündür.

Literatürdeki çalışmaların sonuçları incelendiğinde; hassasiyet gidericilerin dentin geçirgenliğini azaltma oranları oldukça değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenliklerin nedeni; materyalin kendi etkinliğinin yanısıra aynı zamanda deneysel dizayn ve uygulamalardaki farklılıklardır (Rusin ve ark., 2010).

Bu *in vitro* yöntemde elde edilen sonuçlar; kullanılan hassasiyet gidericilerin klinik başarılarını direkt olarak göstermemekle birlikte, DH'nde oluşturacakları muhtemel azalma hakkında dolaylı olarak bilgi vermektedir. Çünkü hassasiyet gidericilerin dentin geçirgenliğini azaltma oranları; dentin tübüllerini örtme ve hassasiyet semptomlarını azaltma etkinlikleri ile doğru orantılıdır (Pashley ve ark., 1996; Pashley ve Carvalho, 1997; Camps ve ark., 1998; Zhang ve ark., 1998; Rusin ve ark., 2010).

Asitli içecek ve yiyeceklerin tükütılması, abartılı diş fırçalanması ya da tükürükte çözünme gibi nedenlerle; hassasiyet gidericilerin tübüllerin üzerinde oluşturduğu örtüler ve tübüllerin içerisinde oluşturduğu çökelti ve tıkaçlar uzaklaşabilmektedir. Bu durumda dentin geçirgenliği tekrar artış göstermekte ve hassasiyet geri dönebilmektedir (Kerns ve ark., 1991; Litkowski ve ark., 2002; Porto ve ark., 2009). Knight ve ark. (1993), yaptıkları SEM analizinde, hassasiyet giderici uygulayarak tıkama sağladıkları dentin tübüllerinin bir kısmının, suyla basit şekilde yıkama sonucunda dahi tekrardan açılabilđini tespit etmişlerdir.

Ağız ortamını yansıtmak ve hassasiyet gidericilerin tübül yüzeyinde oluşturduğu örtü ve tübül içerisinde oluşturduğu çökelti, tıkaç veya mineral birikintilerinin bu ortamdaki dayanıklılıklarını değerlendirmek amacıyla; *in vitro* alışmalarda tedavi uygulanmış örneklere yapay fırçalama (Wang ve ark., 2010; Wang ve ark., 2011), sitrik asit uygulama ve yapay tükürükte bekletme gibi uygulamalar yapılır.

Hassasiyet gidericilerin dayanıklılığını değerlendirmek amacıyla; tedavi sonrası uygulama olarak sıklıkla kullanılan sitrik asit, doğal meyve ve içeceklerde yaygın olarak bulunduğundan birçok çalışmada tercih sebebidir (Wang ve ark., 2010; Sales-Peres ve ark., 2012).

Çalışmalarda hassasiyet gidericilerin dayanıklılığını değerlendirmek amacıyla tedavi uygulanmış dentin yüzeylerine sitrik asit uygulanması ile ilgili standart bir protokol yoktur. Farklı çalışmalarda; % 6'lık sitrik asit 1 dk (Pereira ve ark., 2005; Wang ve ark., 2010; Wang ve ark., 2011; Sales-Peres ve ark., 2012), % 2'lik sitrik asit 5 dk (Thanatvarakorn ve ark., 2013), % 0,3'lük sitrik asit 5 dk (Sauro ve ark., 2011a) sürelerde uygulanmıştır.

Hassasiyet giderici uygulanan örneklere 1 dk süreyle % 6'lık sitrik asit uygulanması; birçok çalışmayla uyumlu olması açısından bu çalışmada tercih ettiğimiz protokoldür ve tüm gruplarda ortalama dentin geçirgenliği değerlerinde (% Lp 3 değerlerine oranla) istatistiksel olarak anlamlı bir artışa neden olmuştur (Tablo 9). Dolayısıyla; çalışmada yer alan hassasiyet gidericilerin uygulandığı dentin disklerinin, sitrik asit uygulama öncesinde ve sonrasında ölçülen geçirgenlik değerleri arasında bir farklılık olmayacağı yönündeki ikinci hipotezimiz reddedilmiştir.

Sitrik asit alt gruplarının (n=10); ortalama geçirgenlik değerleri (% Lp 4); D/SENSE grubunda % 34,88±13,97, NUPRO grubunda % 40,66±12,10, GSE grubunda % 43,74±13,55, BIFLUORID grubunda % 44,75±11,68, GPG grubunda ise % 47,57±10,71 olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmanın limitleri dahilinde; incelenen 5 farklı hassasiyet giderici grubun tamamı sitrik asit uygulamasından olumsuz etkilenmekle beraber, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (Tablo 8).

In vitro çalışmalarda; erozyon ve remineralizasyon mekanizmalarının değerlendirilmesi, hassasiyet gidericilerin dentin túbülleri üzerinde ve içerisinde oluşturdukları örtü, tıkaç ve çökeltilerin ağız ortamında çözünmeye karşı dayanıklılıklarının değerlendirilmesi amacıyla yapay tükürük solüsyonları kullanılmaktadır (Sauro ve ark., 2006; Sauro ve ark., 2010). Literatür incelendiğinde birçok çalışmada; hassasiyet giderici uygulanan dentin disklerinin farklı kompozisyonlara sahip yapay tükürük solüsyonlarında farklı sürelerde bekletildiği görülmektedir. Tedavi sonrası uygulama olarak örneklerin yapay tükürük solüsyonlarında; 10 dk (Gandolfi ve ark., 2012), 24 saat (Wang ve ark., 2010), 1 hafta (Gandolfi ve ark., 2012), 4 hafta (Thanatvarakorn ve ark., 2013) gibi çeşitli sürelerde bekletilmeleri söz konusudur.

Bu amaçla çalışmada tercih ettiğimiz; hassasiyet giderici uygulandıktan sonra örneklerin 24 saat süreyle yapay tükürük solüsyonunda bekletilmesi işlemi, tüm gruplarda ortalama geçirgenlik değerlerinde (% Lp 3 değerlerine oranla) istatistiksel olarak anlamlı bir artışa neden olmuştur (Tablo 10). Dolayısıyla; çalışmada yer alan hassasiyet gidericilerin uygulandığı dentin disklerinin, yapay tükürükte bekletilme öncesi ve sonrası geçirgenlik değerleri arasında fark olmayacağı yönündeki üçüncü hipotezimiz de reddedilmiştir.

Yapay tükürük alt gruplarının (n=10); ortalama geçirgenlik değerleri (% Lp 5); D/SENSE grubunda % 29,64±12,66, GSE grubunda % 38,60±8,92, NUPRO grubunda % 39,25±6,62, GPG grubunda % 42,19±11,69, BIFLUORID grubunda ise % 52,26±15,65 olarak tespit edilmiştir. İkili gruplar arasında yapılan karşılaştırmalı analizde, yapay tükürük alt gruplarından sadece D/SENSE ve BIFLUORID alt grupları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır (Tablo 8).

Dentin geçirgenliği çalışmaları sıklıkla SEM analizleri ile birlikte yürütülmektedir. SEM analizlerinde, dentin yüzeyinin görüntülenmesinin yanında tübül kesitlerinin incelenmesi de oldukça önem taşır. Çünkü dentin geçirgenliğini azaltan hassasiyet gidericiler sadece tübül yüzeyini örterek etki göstermezler, bazılarının etki mekanizması tübül derinliklerinde kristal birikimi, tıkaç ya da çökelti oluşturmaqtır. Bu nedenle, çalışmaya dahil edilen hassasiyet gidericilerin dentin yüzeyinde ve tübül içerisinde oluşturdukları morfololojik değişikliklerin değerlendirilmesi amacıyla yapılan SEM analizinde; dentin diskleri kırılarak hem dentin yüzeyleri hem de tübül kesitleri X500–X7500 arasında değişen çeşitli büyütme oranlarında incelenmiştir. SEM analizi için numune hazırlama işlemleri sırasında kimyasal dehidratasyon yapılması halinde, tübül yüzeylerinde ve tübül içerisindeki organik ve inorganik depozitlerin çözünebileceği bildirildiğinden (Mordan ve ark., 1997); çalışmamızda kimyasal dehidratasyon kullanılmamıştır. Dehidratasyon amacıyla örnekler desikatörde vakum altında bekletilmiştir.

Adeziv rezin uygulanmış dentin boyunca gerçekleşen sıvı iletimi, ilk kez Pashley ve Depew (1985) tarafından uygulanan hidrolik iletkenlik ölçüm protokolü sayesinde mümkün olmuştur. DH'ni giderme amacıyla kullanılan adeziv rezinlerin dentin geçirgenliğini azaltma değerleri, genellikle % 60-98 civarında bildirilmiştir (zok ve ark., 2001; Pashley ve ark., 2001; Sauro ve ark., 2007; Orucoglu ve Belli, 2009; Rusin ve ark., 2010; Carvalho ve ark., 2012). Farklı adeziv sistemlerle rtlenen dentinin geçirgenlik değerlerindeki bu farklılıklar, büyük oranda kullanılan adeziv sistemin tipiyle alakalıdır (Grgoire ve ark., 2003; Chersoni ve ark., 2004; Sauro ve ark., 2007; Sahin ve ark., 2012). Bazı adezivlerin dentini örtme kapasitelerinin smear tabakadan bile daha az etkili olduğu rapor edilmiştir (Chersoni ve ark., 2004).

Bizim alışmamızda kullanılan tek aşamalı, kendinden asitli dentin bağlayıcı GSE grubunda, adezivin uygulanmasını takiben hemen yapılan ölçüm sonucunda ortalama dentin geçirgenlik değerleri % 18,97±4,99 olarak ölçülmüş ve geçirgenlikte yaklaşık % 81 oranında azalma meydana gelmiştir.

Dentin yüzeyine uygulanan kendinden asitli dentin bağlayıcılarının dentin geçirgenliğinde yarattıkları azalma; polimerizasyonlarını takiben yüzeyde oluşturdukları hibrit tabaka ve tübüllerin içerisine uzanan hibridize rezin tıkaçları sayesinde olmaktadır (Pashley ve Carvalho, 1997; Grgoire ve ark., 2003; Fu ve ark., 2007; Yu ve ark.,

2010). Yaptığımız SEM analizinde, dentin yüzeyinin homojen yapıda hibrit tabaka ile tamamen örtüldüğü gözlemlendi ve açık tübül görüntüsüne rastlanmadı (Şekil 22). Diğer gruplardan farklı olarak, dentin yüzeyine smear tabakası oluşturulduktan sonra uygulanan GSE adeziv rezinin, smear tabaka ve tıkaçlarını modifiye ederek dentin yüzeyinde oluşturduğu hibrit tabaka ve tübüllerin içerisine uzanan hibridize resin tıkaçları Şekil 22’de görülmektedir.

Tedavi dayanıklılığını belirlemek amacıyla 24 saat süreyle yapay tükürükte bekletilen GSE alt grubunda ortalama geçirgenlik değeri artış göstererek % 17,17±5,33 (% Lp 3) değerinden, % 38,60±8,92 (% Lp 5) değerine ulaşmıştır (Tablo 10). SEM analizinde; GSE tedavisi sonrası yapay tükürükte bekletilen örnekte, dentin üst yüzeyini örten hibrit tabakanın homojenitesi ve devamlılığının kaybolduğu gözlemlenmiş dolayısıyla hibrit tabakada hidrolitik bozulma meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 24a ve 24b).

Birçok çalışmada; kendinden asitli tek aşamalı dentin bağlayıcılarının yüksek hidrofilik özellikleri nedeniyle çok fazla oranda su tuttuğu, oluşturdukları hibridize tabakanın geçirgen membran gibi davrandığı ve kendilerinden daha hidrofobik adezivlere kıyasla daha hızlı hidrolitik yıkıma uğradıkları rapor edilmiştir (Sauro ve ark., 2007; Carvalho ve ark., 2012). Hem hidrofobik hem de hidrofilik komponent içeren adeziv solüsyonların stabilitesini arttırmak amacıyla sıklıkla içeriklerine eklenen HEMA monomeri, hidrolizise yatkınlığı arttırmaktadır (Reis ve ark., 2010). Bu nedenle; kendinden asitli tek basamaklı adeziv sistemlerin etkinliklerini kaybetmesi ve bu durumun sonucunda da hidrolik iletkenliğin artış göstermesi diğer adeziv sistemlere oranla daha hızlı olmaktadır (Carvalho ve ark., 2012). Son dönemde yapılan nanosızıntı çalışmaları sayesinde, hibrit tabaka içerisinde gerçekleşen sıvı hareketini görmek mümkün olmuştur (Chersoni ve ark., 2004; Reis ve ark., 2010).

Bu çalışmada yer alan GSE; UDMA (üretan dimetakrilat), 4-META (4-metakriloksi etil trimellitat anhidrit) asidik monomer, aseton, su, doldurucular, fotobaslatıcılar, stabilizerler içermekte ve içeriğinde HEMA bulundurmamaktadır. Literatürde, GSE dentin bağlayıcının dentin geçirgenliğine etkisinin incelendiği bir çalışmaya rastlayamadığımızdan bu anlamda karşılaştırma yapamadık. Ancak genel olarak literatürde; hidrofobik monomer içeren dentin bağlayıcı ajanların daha az su tutulumu sayesinde daha düşük geçirgenlik değerleri oluşturduğunu bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Nispeten düşük geçirgenlik değerleri elde edilmesinde; hidrofobik

monomerlerin etkisi ve kimyasal kompozisyondaki farklılıkların yanında, dentin bağlayıcı ajanının uygulama farklılıklarının da etkisi olabilir. Polimerizasyon öncesinde solventi uzaklaştırabilmek amacıyla; üretici firmanın önerisi doğrultusunda, dentin bağlayıcının yüzeye güçlü ve devamlı hava uygulayarak yayılması halinde, bağlanma kalitesinin artabileceği ve dolayısıyla dentin geçirgenliğinin daha fazla oranda azalabileceği bildirilmiştir (Sauro ve ark., 2007; Carvalho ve ark., 2012).

GSE tedavisi sonrası sitrik asit uygulanan grupta (n=10) ortalama dentin geçirgenliği; % 20,78±4,12 (% Lp 3) değerinden, % 43,74±13,55 (% Lp 4) değerine artış göstermiştir (Tablo 9). GSE tedavisi sonrası sitrik asit uygulanan örneğin SEM analizinde ise; dentin yüzeyini örten hibrit tabakanın yapısında yer yer krater tarzı boşlukların olduğu ve yüzey devamlılığının kaybolduğu görülmektedir (Şekil 23a). Sitrik asit uygulaması sonrası meydana gelen geçirgenlik artışı muhtemelen hibrit tabakanın yapısında oluşan bu bozulmadan kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmada oksalat esaslı hassasiyet giderici olarak; içeriğinde potasyum bioksalat, nitrik asit ve su bulunan D/Sense Crystal jel (pH<1) kullanılmıştır. D/SENSE jelin DH'ni gidermede çift yönlü etkisi olduğu bildirilmiştir. Üretici firma; D/SENSE hassasiyet gidericinin, dentin yüzeyini örten ve tübül derinliklerine penetre olan, çözünmez kalsiyum oksalat kristallerinden oluşan, asite dayanıklı ve devamlılık arz eden bir tabaka oluşturduğunu iddia etmiştir. Ayrıca içeriğindeki çözünür potasyum iyonları ise, dentin tübüllerinin derinliklerine penetre olarak pulpal sinir liflerinin uyarılabilirliğini azalttığı ve ağrı eşiğini yükselttiği bildirilmiştir (Al-Tayeb, 2008; Gandolfi ve ark., 2008).

Çeşitli çalışmalarda; oksalat içerikli farklı hassasiyet gidericiler kullanılarak farklı oranlarda dentin geçirgenlik değerleri elde edilmiştir. Bunun yanı sıra aynı hassasiyet gidericinin farklı yöntemlerle uygulanmalarını takiben ölçülen geçirgenlik değerleri de birbirinden farklı olabilmektedir. Pereira ve ark. (2005); farklı ön işlemler uyguladıkları dentin disklerine, farklı pH derecelerinde 3 farklı oksalat esaslı hassasiyet giderici uygulamışlar ve % 4,3 ile % 38,5 arasında değişen oranlarda 15 farklı geçirgenlik değeri elde etmişlerdir. Hiller ve ark. (2003), çalışmalarında 3 farklı yöntemle uyguladıkları oksalat esaslı hassasiyet giderici ile; % 25, % 38 ve % 46 şeklinde üç farklı dentin geçirgenlik değeri elde etmişlerdir. Geçirgenlik değerlerindeki değişkenlik; oksalat esaslı hassasiyet gidericinin aktif içeriği, pH'ı ya da hassasiyet

gidericiler uygulanmadan önce dentin yüzeyindeki smear tabakanın kaldırılma durumu ile ilişkili olabilmektedir (Pereira ve ark., 2005; Niazy ve Jamil, 2009; Cunha-Cruz ve ark., 2011). Oksalat esaslı hassasiyet gidericilerin, smear tabakanın kaldırılmasını takiben uygulanmaları halinde, geçirgenlikte daha fazla oranda azalma yarattıkları ve dolayısıyla daha yüksek tedavi etkinlik değerleri elde edildiği bildirilmiştir (Pereira ve ark., 2005).

Bu çalışmada kullanılan oksalat içerikli hassasiyet giderici D/SENSE grubunda ortalama geçirgenlik değeri % $21,74 \pm 6,63$ oranında tespit edilmiş ve geçirgenlikte yaklaşık % 78 oranında azalma olmuştur. SEM analizinde tespit etmiş olduğumuz üzere; D/SENSE tedavisi uygulanan dentin yüzeyinin yoğun şekilde kristal yapılarla örtülmüş olması (Şekil 26) geçirgenlikteki bu azalmanın nedenini açıklamaktadır.

Gandolfi ve ark. (2012); D/SENSE hassasiyet giderici jelin dentin geçirgenliğine etkisini inceledikleri bir *in vitro* çalışmada, D/SENSE jelin ortalama geçirgenlik değerinde yaklaşık % 49 oranında azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada; D/SENSE jel dentin yüzeyine yaklaşık 1,5 dk süresince aktif şekilde uygulanmış ve 2 dk süreyle yüzeyde bekletilmiştir. Biz çalışmamızda D/SENSE jeli, üretici firmanın önerisi doğrultusunda, dentin yüzeyinde 2 dk süreyle aktif şekilde uygulayıp 2 dk pasif şekilde beklettik. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen tedavi etkinlik değerinin daha fazla olması, uygulama yöntem ve süresindeki bu farklılıktan kaynaklanmış olabilir.

Bu çalışmada yapay tükürükte 24 saat süreyle bekletilen D/SENSE grubundaki örneklerde; ortalama geçirgenlik değeri anlamlı şekilde artarak % $20,74 \pm 7,35$ (% Lp 3) değerinden, % $29,64 \pm 12,66$ (% Lp 5) değerine ulaşmıştır (Tablo 10). D/SENSE tedavisini takiben yapay tükürükte bekletilen örneğin SEM analizinde; dentin yüzeyini örten yoğun globüler kristal yapılar izlenmekle beraber bazı alanlarda bu örtünün bulunmadığı saptandı ve bu bölgelerde yarı açık tübül ağzları görüntülendi. D/SENSE jelin oluşturduğu kristal örtü ve tıkaçların yapay tükürük ortamında bir miktar çözünüp uzaklaşmasına bağlı olarak bazı alanlarda tübüllerin yeniden açılması, dentin geçirgenliğindeki artışın nedenini açıklamaktadır.

Gandolfi ve ark. (2012) çalışmalarında, D/SENSE uygulanmış örnekleri 10 dk ve 1 hafta sürelerle yapay tükürükte bekletmişler ve 10 dk sonra yapılan ölçümde dentin geçirgenliği değerlerinde anlamlı bir farklılık olmadığını ancak 1 hafta sonunda

kalsiyum oksalat kristallerinin çözünmesine bağlı olarak geçirgenliğin istatistiksel olarak anlamlı şekilde arttığını bildirmişlerdir.

Kalsiyum oksalat kristallerinin tükürükte çözündüğünü bildiren başka çalışmalar (Kerns ve ark., 1991; Suge ve ark., 1995; Thanatvarakorn ve ark., 2013) da bulunmaktadır ve bu anlamda bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Bu çalışmada yer alan tüm hassasiyet gidericilerin yapay tükürük alt gruplarında (n=10) ölçülen ortalama geçirgenlik değerleri (% Lp 5) kıyaslandığında; en düşük değer D/SENSE grubunda ölçülmüştür ancak sadece BIFLUORID grubu ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo 10). Dolayısıyla çalışmamızın limitleri dahilinde; oksalat içerikli hassasiyet giderici D/SENSE grubunun, BIFLUORID grubuna oranla yapay tükürükte çözülmeye karşı daha dayanıklı olduğunu söylemek mümkündür.

D/SENSE tedavisi sonrası sitrik asit uygulanan grupta (n=10); ortalama dentin geçirgenlik değeri anlamlı şekilde artış göstererek % 22,74±6,05 (% Lp 3) değerinden, % 34,88±13,97 (% Lp 4) değerine ulaşmıştır (Tablo 9). Çalışmada yer alan tüm hassasiyet gidericilerin sitrik asit alt gruplarında (n=10) ölçülen ortalama geçirgenlik değerleri (% Lp 4) kıyaslandığında; en düşük değer D/SENSE grubunda ölçülmekle birlikte diğer gruplarla arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (p>0,05) (Tablo 9). Dolayısıyla bu çalışmanın limitleri dahilinde, oksalat esaslı hassasiyet giderici D/SENSE jelin, diğer gruplara oranla sitrik asite daha dayanıklı olduğunu söylememiz istatistiksel açıdan mümkün değildir.

D/SENSE tedavisi sonrası sitrik asit uygulanan örneğin SEM incelemesinde ise, dentin yüzeyini örten globüler kristal yapılardan oluşan tabakanın nispeten devamlı olduğu görülmektedir. Dentin yüzeyi örtülü görünmekle birlikte; bu görüntü yapay pulpal basınç etkisi olmadan oluşmuştur. Fizyolojik pulpal basıncın çok üzerinde bir değerde uyguladığımız hidrostatik basınç etkisi ile sitrik asitin çözücü etkisi kombine olarak; tübül yüzeyinde ve tübül içlerinde tutunan yapıların bir kısmının kopmasını ve uzaklaşmasını sağlamış olabilir. Hassasiyet giderici uygulanan dentin disklerine belirli bir süre yapay pulpal basınç uygulandıktan sonra SEM incelemesi yapılması halinde elde edilen yüzey görüntüsünün daha farklı olabileceğini düşünmekteyiz. Bununla birlikte, çalışmamızda tercih ettiğimiz oldukça yüksek basınç değeri (1,8 Bar=1835,49 cmH₂O) yerine daha düşük bir basınç değeri seçmiş olsaydık, tübül yüzeylerinde ve

içlerinde tutunan örtü ve tıkaç şeklindeki yapıların koparak uzaklaşması daha az oranda gerçekleşebilir ve ortalama geçirgenlik değerinin (% Lp 4) sayısal olarak daha küçük değerde kaydedilmesi mümkün olabilirdi.

Thanatvarakorn ve ark. (2013); kalsiyum oksalat esaslı bir başka hassasiyet giderici uygulanan dentin disklerinin geçirgenlik ölçümünü 70,3 cmH₂O değerindeki hidrostatik basınç altında gerçekleştirmişler ve tedavinin sitrik asite dayanıklılığını incelemiştir. Sitrik asit uygulaması sonrası; kalsiyum oksalat kristallerinin bir kısmının çözünerek uzaklaştığını bildirmişler ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmadığını belirtmişlerdir.

Sitrik asit solüsyonunun, kalsiyum fosfat kristallerini çözündürme etkisi olduğu daha önce Barbour ve ark. (2003) ve Pereira ve ark. (2002) tarafından da bildirilmiştir. Kalsiyum oksalat kristallerinin asite dayanıklı yapıda olduğunu bildiren çalışmalar (Gillam ve ark., 2001; Prati ve ark., 2003; Sauro ve ark., 2006; Sauro ve ark., 2010) bulunmakla birlikte bizim çalışmamızda uygulanan D/SENSE tedavisi ile bu durum doğrulanamamıştır.

Çalışmamızda D/SENSE hassasiyet gidericiyi sadece tübül tıkama etkinliği açısından değerlendirdik. DH'i gidermede etkili diğer mekanizması olarak bildirilen sinir duyarsızlaştırması açısından değerlendirmemiz bu yöntemle mümkün değildir. Bu nedenle bu hassasiyet gidericinin sadece dentin geçirgenliğini azaltma oranını göz önünde bulundurarak DH'i giderme etkinliği hakkında yorum yapmak eksik ve hatalı olacaktır.

Dentin hassasiyetinin tedavisinde geçmişten beri kullanılmakta olan, % 5 oranda glüteraldehit ve % 35 oranda HEMA içeren Gluma hassasiyet gidericinin hassasiyet semptomlarını ve dentin geçirgenliğini azaltmada etkili olduğu, birçok klinik ve laboratuvar çalışması ile bildirilmiştir (Felton ve ark., 1991; Bergenholtz ve ark., 1993; Davidson ve Suzuki, 1997; Holland ve ark., 1997; Camps ve ark., 1998; Kolker ve ark., 2002; Duran ve Sengun, 2004). Dentin yüzeyine *in vivo* ortamda Gluma uygulandığında 2 farklı reaksiyon meydana gelir. Glüteraldehit, dentin sıvısındaki serum albumini ile reaksiyona girerek protein çökeltisi oluşturmaktadır. Glüteraldehitin serum albumini ile reaksiyona girmesinin ikinci olarak da HEMA'nın polimerizasyonunu sağladığı bildirilmiştir.

İçeriğindeki glutraldehitin, ağız içindeki yumuşak dokularla temas etme riskini azaltmak amacıyla üretici firma; solüsyon halindeki klasik Gluma hassasiyet gidericinin kıvamını değiştirerek jel şeklinde piyasaya sürmüştür. Bu şekilde ortaya çıkan Gluma Powergel hassasiyet gidericinin; jel formülü sayesinde uygulandığı alanda kalarak çevre dokulara akmasının önüne geçildiği bildirilmiştir (Ishihata ve ark., 2011; Ishihata ve ark., 2012).

Çalışmamıza; dentin geçirgenliğine etkisini incelemek amacıyla, glutraldehit içerikli hassasiyet gidericilerden GPG dahil edilmiştir. GPG, klasik Gluma hassasiyet gidericilerde olduğu gibi % 35 oranda HEMA, % 5 oranda glutraldehit içermekte ve bunlara ilaveten jel kıvamının verilebilmesi için pirojenik silika içermektedir. Ishihata ve ark. (2011), dentin geçirgenliğine etkisi açısından jel formundaki GPG'yi, solüsyon formundaki klasik Gluma hassasiyet giderici ile karşılaştırmışlar ve etkinlikleri açısından benzer olduklarını bildirmişlerdir.

Glutraldehit içerikli olan GPG hassasiyet gidericinin etki mekanizması; dentin sıvısındaki proteinin çökmesi yoluyla tübül içi sıvı akışının azaltılması prensibine dayandığından; *in vitro* ortamda protein içerikli dentin sıvısının taklit edilmesi gerekmektedir (Ishihata ve ark., 2011). Protein içerikli yapay dentin sıvısı kullanılmayan *in vitro* çalışmalarda (Joshi ve ark., 2013; Kim ve ark., 2013), protein çökeltici bu mekanizmanın etki gösterebilmesi mümkün değildir ve bu şekilde planlanan çalışmalarda glutraldehit esaslı hassasiyet gidericilerle elde edilen geçirgenlik değerlerinin daha düşük oranda tespit edileceği savunulmuştur (Huh ve ark., 2008; Joshi ve ark., 2013; Kim ve ark., 2013). Çeşitli çalışmalarda; glutraldehit içerikli hassasiyet gidericilerle dentin geçirgenliğinde yaklaşık % 39,6 (Kolker ve ark., 2002), % 66 (Hiller ve ark., 2003) ve % 72 (Hiller ve ark., 2003) oranlarında azalma sağlandığı bildirilmiştir.

Bu çalışmada protein içerikli dentin sıvısını taklit etmek amacıyla; distile su ile % 2 konsantrasyonda hazırlanan sığır serum albumini solüsyonu kullanılmıştır. BSA'nın düşük molekül ağırlığı nedeniyle tek başına kullanıldığında dentin geçirgenliğinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik yaratmadığı daha önce kanıtlanmıştır (Özok ve ark., 2002).

Çalışmada yer alan GPG hassasiyet giderici grubunda, ortalama geçirgenlik değeri % 23,35±12,40 oranında tespit edilmiş olup geçirgenlikte yaklaşık % 77 oranında

azalma meydana gelmiştir. GPG uygulanan dentin yüzeyinin SEM incelemesinde, HEMA'nın polimerizasyonu sonucunda daralan tübül ağızları dikkati çekmiş ve tamamen açık tübül ağızları ile birlikte yarı açık tübüllerin de bulunduğu bir görüntü elde edilmiştir (Şekil 16a). GPG içeriğinde yer alan glutraldehitin yapay dentin sıvısındaki proteinleri çökeltmesine bağlı olarak tübül lümenlerinde lamel oluşumları tespit edilmiştir (Şekil 16b ve 16c).

GPG tedavisinin dayanıklılığını ölçmek amacıyla sitrik asit uygulanan alt grupta (n=10); ortalama geçirgenlik değeri artış göstererek % $32,78 \pm 12,54$ (% Lp 3) değerinden, % $47,57 \pm 10,71$ (% Lp 4) değerine ulaşmıştır (Tablo 9).

Tedavi dayanıklılığını belirlemek amacıyla 24 saat süreyle yapay tükürükte bekletilen GPG grubunda (n=10) ise ortalama geçirgenlik değeri artış göstererek % $17,92 \pm 6,70$ (% Lp 3) değerinden, % $42,19 \pm 11,69$ (% Lp 5) değerine ulaşmıştır (Tablo 10).

GPG tedavisi uygulandığında HEMA'nın polimerizasyonuna bağlı olarak daralan tübül ağızları; muhtemelen sitrik asit uygulaması, yapay tükürükte bekletme ve yıkama işlemleri neticesinde hidrofilik HEMA'nın erimesine bağlı olarak açılmış ve SEM analizinde tübül ağızları tamamen açık olarak gözlenmiştir. Bunun yanı sıra; protein çökmesiyle oluşan tübül içi lamel yapıların bir kısmında, sitrik asit ya da yapay tükürük etkisiyle çözünme meydana gelmiş ve bu durum dentin geçirgenliğindeki artışa katkıda bulunmuş olabilir. Dentin yüzeyinde tübül ağızları tamamen açılmasına rağmen, bu alt gruplarda ölçülen ortalama dentin geçirgenlik değerleri (% Lp 4 ve % Lp 5), % 100 kabul edilen maksimum geçirgenlik değerine (% Lp 2) ulaşmamış ve belirli düzeylerde kalmıştır. Dentin geçirgenlik değerlerinin belirli düzeylerde kalabilmesinin, tedavi dayanıklılığını belirlemek amacıyla uygulanan bu işlemler sonrasında bile tübül içlerinde varlığını sürdürebilen lamel yapılar (Şekil 17c, 17d, 18c ve 18d) sayesinde gerçekleştiğini düşünmekteyiz.

Ulaşılabilir literatürde; GPG tedavisi sonucunda tübül derinliklerinde oluşan protein çökeltlerinin tükürükte çözülmeye veya asit ortama karşı dayanıklılığını inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlamadığımızdan bu anlamda karşılaştırma yapılamamıştır.

In vitro ortamda dentin disklerine uygulanan yapay dentin sıvısının; smear tabakanın kaldırılmasını takiben açılan dentin tübüllerinin içerisine ne kadar

girebildiğini ve *in vivo* ortamın ne oranda başarılı bir şekilde taklit edilebildiğini bilmemekteyiz. Yapay dentin sıvısının tübüllerin içerisine yeterince girememesi; bu alanlarda protein çökeltici mekanizmanın etkili olmamasına neden olacaktır. Dentin tübüllerindeki tıkanmayı ve dentin geçirgenliğini *in vitro* ortamda ölçen çalışmaların sonucuna dayanarak; protein çökeltici bu tip hassasiyet gidericilerin dentin hassasiyetini azaltmadaki klinik başarıları hakkında direkt olarak hüküm vermek bu anlamda eksik ve hatalı bir yaklaşım olacaktır.

Bu çalışmada florid içerikli hassasiyet gidericilerden Bifluorid 12 incelenmiştir. BIFLUORID; % 6 oranında NaF, % 6 oranında CaF₂ ve sentetik rezin içeren bir verniktir. Dentin yüzeyinde bariyer oluşturduğu ve tübül ağzlarında CaF₂ ve NaF bileşiklerinin çökmesini sağladığı bildirilmiştir (Orchardson ve Gillam, 2006; Ritter ve ark., 2006).

CaF₂'in kararsız bir bileşik olması ve tükürükle yıkanarak kolaylıkla uzaklaşması nedeniyle, oluşturduğu hassasiyet giderici etkinin kısa sürebildiği bildirilmiştir (Holland ve ark., 1997). CaF₂ kristallerinin sıvı ortamlardaki çözünmesinin; flor verniği uygulamalarında, flor solüsyonu veya flor jeli uygulamalarına kıyasla daha az oranda gerçekleştiği ileri sürülmüştür (Maas ve ark., 2013). Ayrıca CaF₂ bileşikleri, florid iyonları için rezervuar görevi görürler. Belirli termodinamik koşullar altında ve ortamda fosfat bulunması halinde bu bileşiklerin bir kısmı yüzeyde florapatit olarak tekrar birikebilmekte ve dolayısıyla remineralizasyon gerçekleşebilmektedir. Dişle temas halinde olan flor verniklerinin mevcudiyetinin bu dönüşüm için olanak sağladığı bildirilmiştir. (Beltrán-Aguilar ve ark., 2000; Maas ve ark., 2013).

BIFLUORID uyguladığımız örneklerin ortalama geçirgenlik değeri % 24,50±12,31 olarak tespit edilmiş ve BIFLUORID tedavisi sonrası geçirgenlik değerinde yaklaşık % 76 oranında azalma meydana gelmiştir. SEM incelemesinde, dentin yüzeyinin nispeten homojen bir rezin cila tabakası ile tamamen örtülü olduğu gözlenmiş ve açık tübül ağzı görüntüsüne rastlanmamıştır. Kırık hattı incelendiğinde, rezin cila örtüsünün uzaklaştığı alanlarda tübül ağzlarında biriken, tübül çaplarından daha küçük boyuttaki yapılar dikkati çekmiştir (Şekil 19).

Ulaşılabilir literatürde; florid verniklerinin dentin geçirgenliğine etkisini bu çalışmadaki yöntemle inceleyen sadece bir çalışmaya (Hoang-Dao ve ark., 2009)

rastlandı. Söz konusu çalışmada araştırıcılar; Shellac F, Duraphat ve Isodan olmak üzere 3 farklı florid verniğinin dentin geçirgenliğine etkilerini karşılaştırmışlardır. Ancak bu çalışmada; geçirgenlik ölçümleri florid verniklerinin uygulanmasını takiben hemen yapılmamış, PBS içerisinde muhafaza edilip 24 saat ve 7 gün geçtikten sonraki geçirgenlik değerleri ölçülmüştür. PBS içinde bekletilen örneklerin 24 saat sonunda geçirgenlik değerlerinde; % 76 (Shellac F), % 67 (Duraphat) ve % 60 (Isodan) oranında azalma rapor edilmiştir. 7. gün sonunda ise verniklerin dentin geçirgenliğini azaltma etkinliklerinde azalma olmuş ve aynı ölçümlerde % 51 (Shellac F), % 67 (Duraphat), % 77 (Isodan) oranlarına ulaşılmıştır.

Çalışmada BIFLUORID tedavisi sonrası 24 saat boyunca yapay tükürükte bekletilen örneklerde (n=10); ortalama dentin geçirgenlik değeri artarak % 28,15±16,05 (% Lp 3) değerinden, % 52,26±15,65 (% Lp 5) değerine ulaşmıştır (Tablo 10). SEM analizinde ise dentini örten yüzey tabakanın homojenitesini tamamen kaybettiği ve oldukça çukurlu ve poröz bir hal aldığı gözlenmiştir (şekil 21).

Hoang-Dao ve ark. (2009)'nın çalışmalarında, farklı verniklerin uygulanmasını takiben hemen yapılan bir geçirgenlik ölçümü olmamasına rağmen, dentin geçirgenliğini azaltma etkinliklerinin zaman içinde fosfat tampon çözeltisinde bekletmeye bağlı olarak azalmış olması bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir.

BIFLUORID tedavisinin dayanıklılığını ölçmek amacıyla sitrik asit uygulanan grupta (n=10); ortalama dentin geçirgenlik değeri artarak % 20,85±5,71 (% Lp 3) değerinden, % 44,75±11,68 (% Lp 4) değerine ulaşmıştır (Tablo 9). SEM incelemesinde ise, dentin yüzeyini örten tabakanın homojenitesini kaybedip çukurcuklu bir hal aldığı tespit edilmiştir (şekil 20).

BIFLUORID uygulanmış örneklerin hem yapay tükürük hem de sitrik asit alt gruplarında, ortalama geçirgenlik değerlerinde artış meydana gelmesi; muhtemelen materyalin yapısında meydana gelen bozulmayla ilişkilidir. Dentin yüzeyinde oluşan üst tabakanın porözlu bir hale gelmesi ve bariyer niteliğinin azalmasıyla birlikte, tübül ağızlarında biriken yapıların da dış ortamlarla buluşması ve yıkanarak uzaklaşması gerçekleşmiş olabilir.

Bu çalışmada novamin içerikli hassasiyet gidericilerden NUPRO profilaksi patının dentin geçirgenliğine etkisi değerlendirilmiştir. Novamin; amorf kalsiyum sodyum fosfosilikat biocamin ticari ismidir. Novaminin, dişhekimi tarafından

gerçekleştirilen profesyonel tip tedavilerle uygulanabilmesi amacıyla, profilaksi patı içeriğine dahil edilmesi yakın dönemde gündeme gelmiştir. Formülasyonda yer alacak novamin konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla farklı oranlarda (% 3,25; % 7,5; % 15; % 21) novamin eklenmiş ve etkinlikleri karşılaştırılmıştır. SEM, EDS Spektra ve FTIR analizleri sonucunda; novamin konsantrasyonu arttıkça tübül tıkanma miktarının da arttığı tespit edilmiş ve optimal doz olarak formulasyona % 15 ve % 21 oranlarında novamin dahil edilmesine karar verilmiştir (Milleman ve ark., 2012).

Bu çalışmada kullanılan NUPRO profilaksi patı da % 15 konsantrasyonda novamin içermektedir. Novamin partiküllerinin; hem tübüleri direkt tıkayarak hem de ortama remineralizasyon için gerekli olan ve HCA oluşturan iyonları salarak indirekt şekilde dentin geçirgenliğinin azalmasını sağladığı bildirilmiştir (Spolsky ve ark., 2007; Rajesh ve ark., 2012). Ancak yeni jenerasyon kalsiyum esaslı remineralizasyon tedavilerinin DH'i gidermedeki etkilerinin tübüleri sadece tıkamak yoluyla mı yoksa tübüller içerisinde gerçek bir remineralizasyon sağlamak yoluyla mı oluştuğu henüz tam olarak açıklığa kavuşmamıştır (Wolff, 2009).

Çalışmada NUPRO profilaksi patı uygulanan grupta ortalama geçirgenlik değeri $28,84 \pm 10,92$ olarak ölçülmüş ve dolayısıyla NUPRO tedavisinin geçirgenlikte yaklaşık % 71 oranında azalma yarattığı tespit edilmiştir. SEM analizinde ise, tübüllerin çoğunlukla hidroksiapatit benzeri bir tabaka ile örtülü olduğu ve yarı açık tübüllerin daha nadir bulunduğu bir görüntü elde edilmiştir (Şekil 28a ve 28b). Hidroksiapatit benzeri yapıların tübül ağzlarından tübül içlerine doğru uzandığı tespit edilmiştir (Şekil 28c ve 28d).

NUPRO profilaksi patının pomza içeren bir ürün olması ve dentin diskinde yüksek turda çalışan polisaj lastiği aracılığıyla uygulanması nedeniyle, uygulama sonucunda tübül yüzeyinde ve içlerinde smear tabaka ve tıkaçlarının oluşabileceğini düşünmekteyiz. NUPRO profilaksi patının uygulanmasının ardından azalan geçirgenlikte; bu hassasiyet gidericinin içeriğindeki novaminin etki mekanizmasının yanısıra, smear tabakanın da etkili olması muhtemeldir.

Sauro ve ark. (2010), NUPRO profilaksi patının dentin geçirgenliğine etkisini molar kron segmentleri kullanarak inceledikleri çalışmalarında, NUPRO tedavisinin 30 sn süreyle uygulanmasını takiben dentin geçirgenlik değerini $32,5 \pm 4,6$ olarak ölçmüşler ve geçirgenlikte % 67,5'lik bir azalma tespit etmişlerdir.

Sauro ve ark. (2011b)'nin başka bir çalışmalarında dentin disklerine 30 sn süreyle NUPRO profilaksi patı uygulanmasını takiben ölçülen ortalama geçirgenlik değeri % 33,1 olarak belirlenmiş ve geçirgenlikte % 66,9'luk bir azalma olmuştur.

Sauro ve ark. (2011a)'nın diğer bir çalışmalarında; dentin disklerine NUPRO hassasiyet giderici uygulandıktan sonra ölçülen geçirgenlik değeri % $85,6 \pm 4,5$ olarak bulunmuş ve dentin geçirgenlik değerlerinde % 14,4'lük bir azalma tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmada kullanılan ürünlerin uygulanma süreleri bildirilmemiştir.

Üretici firmanın, NUPRO profilaksi patının uygulanma süresiyle ilgili bir önerisi bulunmaması üzerine, bu çalışmada 60 sn süreyle tedavi uygulanması tercih edildi. Dolayısıyla daha yüksek bir tedavi etkinlik değeri elde edilmesi bundan kaynaklanmış olabilir.

Sauro ve ark. (2011b)'nin çalışmalarında, tedaviyi takiben yapılan SEM yüzey incelemesinde, dentin tübüllerinin kısmen ya da tamamen tıkanmış olduğu bildirilmiştir. Yaptığımız SEM analizinde; Sauro ve ark.'nin çalışmalarındakine kıyasla kapalı tübüllerin daha fazla bulunduğu ve yarı açık tübüllerin daha nadir olduğu bir yüzey görüntüsü elde edildi. Bu sonuç aynı zamanda tespit edilen nispeten yüksek tedavi etkinlik değerini de doğrular niteliktedir.

Çalışmada, NUPRO tedavisi sonrası sitrik asit uygulanan grupta (n=10); ortalama dentin geçirgenlik değeri anlamlı şekilde artış göstererek % $30,84 \pm 11,59$ (% Lp 3) değerinden, % $40,66 \pm 12,10$ (% Lp 4) değerine ulaşmıştır (Tablo 9). SEM analizinde, dentin yüzeyinde yer yer hidroksiapatit benzeri tabaka ile örtülmüş alanlar bulunmakla birlikte, açık ya da yarı açık tübüllerin oldukça fazla olduğu gözlenmiştir (Şekil 29a ve 29b).

Sauro ve ark. (2010) çalışmalarında, NUPRO tedavisi uygulanan örnekler 120 rpm hızda devamlı olarak karıştırılan % 0,3'lük sitrik asit solüsyonunda 5 dk boyunca bekletildikten sonra, dentin geçirgenliği yaklaşık olarak % 32,5 değerinden % 53,7 değerine artış göstermiş ve bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Sauro ve ark. (2011a), dentin disklerine 5 dk süresince % 0,3'lük sitrik asit uygulandıktan sonra, dentin geçirgenlik değerlerinde % 4,9 oranında ve istatistiksel olarak anlamlı bir artış tespit etmişlerdir.

Çalışmada, NUPRO tedavisi ardından sitrik asit solüsyonu uygulanması sonucunda, dentin yüzeyinde ve tübüllerindeki örtü ve tıkaçların uzaklaşmasına bağlı

olarak dentin geçirgenliğinde artış meydana gelmiştir. NUPRO profilaksi patının uygulanmasının ardından tübül yüzeyinde ve içlerinde birikerek dentin geçirgenliğinin azalmasına katkıda bulunduğunu düşündüğümüz smear tabaka ve tıkaçlarının; sitrik asit etkisiyle ortadan kalkması, tübüllerin bir kısmının yeniden açılmasında etkili olmuş olabilir. Ayrıca hidrostatik basınç etkisiyle bu durumun daha da şiddetlenmesi muhtemeldir. Çalışmamızda sitrik asit solüsyonu uygulanması sonrası geçirgenlik değerlerinde meydana gelen artış; Sauro ve ark. (2010) ve Sauro ve ark. (2011a)'nın çalışmalarıyla paralellik göstermektedir.

NUPRO tedavisi sonrası 24 saat boyunca yapay tükürükte bekletilen örneklerde (n=10); ortalama dentin geçirgenlik değeri artarak % 26,84±10,42 (% Lp 3) değerinden, % 39,25±6,62 (% Lp 5) değerine ulaşmıştır (Tablo 10). Dentin yüzeyinin SEM analizinde, genel olarak yarı açık ve kapalı tübül görüntüsüne rastlanmıştır (Şekil 30a ve 30b). Yalnız tedavi uygulanan gruba (Şekil 28a ve 28b) oranla daha fazla oranda tespit edilen yarı açık tübüller, ortalama geçirgenlik değerindeki artışın nedenini de açıklamaktadır. Çalışmamızda, dentin yüzeyinde ve tübüllerindeki örtü ve tıkaç şeklindeki yapıların yapay tükürük solüsyonunda çözünmesine bağlı olarak geçirgenlik değerlerinde artış meydana gelmiştir.

Hassasiyet giderici uygulandıktan sonra yapay tükürükte bekletilen örneklerde; dentin yüzeyinde ve tübüllerinde biriken yapılar çözünüp uzaklaşabileceği gibi, yapay tükürükten kaynaklanan minerallerin tekrar yüzeye çökmesi dolayısıyla remineralizasyon meydana gelmesi de söz konusu olabilir. Remineralizasyon oluşması durumunda dentin geçirgenliğinin azalması beklenmektedir (Wang ve ark., 2010).

Sauro ve ark. (2011a); NUPRO profilaksi patının, dentin disklerine bir kere uygulanmasından sonra ve uygulama sonrası remineralizasyon solüsyonunda 24 saat ve 48 saat süreyle bekletilmelerinden sonra yapılan analizlerde remineralizasyonun gerçekleşmediğini tespit etmişlerdir.

Novamin içerikli bir diş macununun remineralizasyon etkisini inceleyen Wang ve ark. (2010); uygulama sonrası 24 saat yapay tükürükte bekletilen örneklerde, dentin geçirgenliğinde artış (tedavi geçirgenlik değerlerine oranla) meydana geldiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, dentin tübüllerinde biriken yapılarda yapay tükürük etkisiyle meydana gelen çözünmenin, olası bir remineralizasyondan daha etkili olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda yapay tükürükteki 24 saatlik bekletme

süresinin, remineralizasyon oluşturma açısından yeterli olmama ihtimaline dikkat çekmişlerdir. Tübüllerin içerisinde stabil kalacak çökeltilerin bu kadar kısa sürede oluşmayabileceğini ve muhtemelen çalışmalarında kullandıkları 20 cmH₂O değerindeki basınç etkisine direnç gösteremediğini ileri sürmüşlerdir. Dolayısıyla SEM analizinde elde ettikleri görüntüden beklenilenin aksine, geçirgenlikte artış meydana gelmiştir.

Sauro ve ark. (2010) çalışmalarında, NUPRO tedavisi uygulanan örnekleri 120 rpm hızda devamlı olarak karıştırılan yapay tükürük solüsyonunda 1 saat boyunca beklettikten sonra dentin geçirgenlik değerini % 31,9±5,1 olarak tespit etmişlerdir. Yapay tükürükte 1 saat süreyle bekletmenin, geçirgenlikte istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik yaratmadığını bildirmişlerdir.

Novamin içerikli hassasiyet gidericilerle yapılan bu çalışmaların (Sauro ve ark., 2010; Wang ve ark., 2010; Sauro ve ark., 2011a) sonuçları; örneklerin yapay tükürükte bekletilmelerini takiben remineralizasyonun oluşmadığını tespit etmeleri açısından bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir.

Literatürde gerek NUPRO hassasiyet giderici ile gerekse novamin içerikli başka ürünlerle yapılan *in vitro* dentin geçirgenliği çalışmaları az sayıdadır. Mevcut çalışmalarla bizim çalışmamız arasındaki metodoloji farklılıkları nedeniyle sonuçlar arasında direkt bir kıyaslama yapılabilmesi olanaksızdır. Ancak yapılan çalışmaların sonucunda; etken maddesi novamin olan hassasiyet gidericilerin, kendilerinden beklenen remineralizasyon etkisini yeterince gösteremedikleri anlaşılmaktadır.

Lynch ve ark. (2012); novamin gibi florid içermeyen biocamları, konvansiyonel biocamlar olarak adlandırmışlardır. Florid içerikli yeni nesil biocamların, fizyolojik solüsyonlarda HCA yerine Fap oluşturduğu bildirilmiştir. Fap'in, ağız ortamında karşılaşılabilecek asit ataklarına karşı daha dayanıklı olması ve daha zor çözünmesi sayesinde, ağız ortamına açılmış dentin tübüllerini başarılı şekilde tıkayabildiği ve DH tedavisinde daha stabil sonuçlar verdiği savunulmuştur. Ayrıca son dönemde; potasyum, stronsiyum, çinko, florid gibi terapötik olarak aktif iyonların salınmasını sağlayan ve dentin tübüllerini Fap oluşturarak tıkayan, çok bileşenli yeni nesil biocamlar üzerinde durulmaktadır.

Bu çalışmanın sınırları dahilinde; incelediğimiz beş farklı hassasiyet gidericinin dentin tübüllerini örtme ve tıkama potansiyelleri *in vitro* ortamda değerlendirilmiştir. DH'i gidermede sinir duyarsızlaştırması yoluyla etki gösteren

hassasiyet gidericiler çalışmamızda yer almamıştır. Bununla birlikte, incelediğimiz hassasiyet gidericilerin DH'i gidermede ek bir mekanizma olarak sinir duyarsızlaştırması etkilerinin de bulunması halinde olası bu etkileri değerlendirilmemiştir.

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

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın sınırları dahilinde elde ettiğimiz sonuçlar ve öneriler şu şekilde özetlenebilir:

1. Bu çalışmada yer alan hassasiyet gidericiler dentin disklerine uygulandıktan sonra tüm gruplar dentin geçirgenliğini istatistiksel olarak anlamlı şekilde azaltmakla birlikte, en etkili grup GSE olarak tespit edilmiş ve bu grubu sırasıyla D/SENSE, GPG, BIFLUORID ve NUPRO grubu takip etmiştir. İstatistiksel analizde sadece GSE ve NUPRO grupları arasındaki farklılığın anlamlı kabul edilebilecek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.
2. Hassasiyet gidericilerin ağızda benzer asit ortama dayanıklılığının incelendiği ölçümlerde; tüm gruplar sitrik asit uygulamasından olumsuz etkilenmiş ve dentin geçirgenlik değerleri istatistiksel olarak anlamlı şekilde artmıştır. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmemekle birlikte; asit ortama en dayanıklı grup D/SENSE olarak tespit edilmiş ve bu grubu sırasıyla NUPRO, GSE, BIFLUORID ve GPG grupları takip etmiştir.
3. Hassasiyet gidericilerin yapay tükürükte çözünmeye karşı dayanıklılıklarını incelediğimiz ölçümlerde; tüm gruplar yapay tükürükte bekletilmekten olumsuz etkilenmiş ve ortalama dentin geçirgenlik değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı şekilde artış meydana gelmiştir. Yapay tükürükte çözünmeye en dayanıklı grup D/SENSE olarak tespit edilmiş ve bu grubu sırasıyla GSE, NUPRO, GPG ve BIFLUORID grupları takip etmiştir. İkili gruplar arasında yapılan karşılaştırmalı analizde, yapay tükürük alt gruplarından sadece D/SENSE ve BIFLUORID grupları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır.
4. Dentin geçirgenliği ile ilgili çalışmalar incelendiğinde standart bir çalışma protokolünün bulunmadığı görülmektedir. Çalışmalarda incelenen diş yapılarının standart olmaması, seçilen yapay pulpal basınç değerlerindeki ve deney dizaynındaki diğer farklılıklarla birlikte, hassasiyet gidericilerin çeşitliliği de göz önüne alındığında çalışmalar arasında tam olarak bir kıyaslama yapılması olanaksızdır.
5. Bu çalışmaya dahil edilen hassasiyet gidericiler, dentin geçirgenliğini azaltma ve tübül tıkama etkinlikleri ve bu etkinliklerinin dayanıklılığı açısından değerlendirildi. Bu hassasiyet gidericilerin, sinir duyarsızlaştırması olarak bilinen diğer bir etki

mekanizmasına sahip olmaları halinde bu yöntemle değerlendirilmeleri mümkün olmamıştır. Hassasiyet gidericilerin dentin geçirgenliğini azaltma oranları; hassasiyet semptomlarını azaltma etkinlikleri ile doğru orantılı olmakla birlikte klinik başarılarını direkt olarak göstermemekte ancak dolaylı bilgi vermektedir.

6. İncelediğimiz hassasiyet gidericilerin dentin hassasiyetini giderme etkinlikleri hakkında kesin bir yorum yapabilmek için son aşama testler olan klinik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.



KAYNAKLAR

- Absi E, Addy M, Adams D. Dentine hypersensitivity. A study of the patency of dentinal tubules in sensitive and non-sensitive cervical dentine. *J Clin Periodontol.* 1987;14(5):280-284.
- Absi E, Addy M, Adams D. Dentine hypersensitivity. The development and evaluation of a replica technique to study sensitive and non-sensitive cervical dentine. *J Clin Periodontol.* 1989;16(3):190-195.
- Addy M. Etiology and clinical implications of dentine hypersensitivity. *Dent Clin North Am.* 1990;34(3):503-514.
- Addy M. Dentine hypersensitivity: New perspectives on an old problem. *Int Dent J.* 2002;52(5):367-375.
- Ahlquist M, Franzén O, Coffey J, Pashley D. Dental pain evoked by hydrostatic pressures applied to exposed dentin in man: a test of the hydrodynamic theory of dentin sensitivity. *J Endod.* 1994;20(3):130-134.
- Ahmed T, Mordan N, Gilthorpe M, Gillam D. In vitro quantification of changes in human dentine tubule parameters using SEM and digital analysis. *J Oral Rehabil.* 2005;32(8):589-597.
- Akatsuka R, Ishihata H, Noji M, Matsumura K, Kuriyagawa T, Sasaki K. Effect of hydroxyapatite film formed by powder jet deposition on dentin permeability. *Eur J Oral Sci.* 2012;120(6):558-562.
- Al-Tayeb D. Management of root-dentine hypersensitivity following non-surgical periodontal therapy: Clinical and scanning electron microscopic study. *Egypt Dent J.* 2008;54(3):1-12.
- Amarasena N, Spencer J, Ou Y, Brennan D. Dentine hypersensitivity—Australian dentists' perspective. *Aust Dent J.* 2010;55(2):181-187.
- Anderson D, Matthews B, Gorretta C. Fluid flow through human dentine. *Arch Oral Biol.* 1967;12(2):209-213.
- Arends J, Duschner H, Ruben J. Penetration of varnishes into demineralized root dentine in vitro. *Caries Res.* 1997;31(3):201-205.
- Bamise CT, Esan TA. Mechanisms and treatment approaches of dentine hypersensitivity: A literature review. *Oral Health Prev Dent.* 2011;9(4):353-367.
- Bamise CT, Olusile AO, Oginni AO. An analysis of the etiological and predisposing factors related to dentin hypersensitivity. *J Contemp Dent Pract.* 2008;9(5):52-59.

- Barbour ME, Parker DM, Allen GC, Jandt KD. Enamel dissolution in citric acid as a function of calcium and phosphate concentrations and degree of saturation with respect to hydroxyapatite. *Eur J Oral Sci.* 2003;111(5):428-433.
- Bartold P. Dentinal Hypersensitivity: A review. *Aust Dent J.* 2006;51(3):212-218.
- Bawden JW. Fluoride varnish: A useful new tool for public health dentistry. *J Public Health Dent.* 1998;58(4):266-269.
- Bekes K, Hirsch C. What is known about the influence of dentine hypersensitivity on oral health-related quality of life? *Clin Oral Investig.* 2013;17(1):45-51.
- Beltrán-Aguilar ED, Goldstein JW, Lockwood SA. Fluoride varnishes. A review of their clinical use, cariostatic mechanism, efficacy and safety. *The J Am Dent Assoc.* 2000;131(5):589-596.
- Bergenholtz G, Jontell M, Tuttle A, Knutsson G. Inhibition of serum albumin flux across exposed dentine following conditioning with GLUMA primer, glutaraldehyde or potassium oxalates. *J Dent.* 1993;21(4):220-227.
- Borges A, Barcellos D, Gomes C. Dentin hypersensitivity-Etiology, treatment possibilities and other related factors: A literature review. *World J Dent.* 2012;3(1):60-67.
- Brännström M, Aström A. A study on the mechanism of pain elicited from the dentin. *J Dent Res.* 1964;43:619-625. In: Anderson D, Matthews B, Gorretta C. Fluid flow through human dentine. *Arch Oral Biol.* 1967;12(2):209-IN213.
- Brannstrom M, Johnson G, Nordenvall KJ. Transmission and control of dentinal pain: resin impregnation for the desensitization of dentin. *J Am Dent Assoc.* 1979;99(4):612-618. In: Orchardson R, Gillam DG. Managing dentin hypersensitivity. *J Am Dent Assoc.* 2006;137(7):990-998;quiz 1028-1029.
- Brännström M, Isacson G, Johnson G. The effect of calcium hydroxide and fluorides on human dentine. *Acta Odontologica.* 1976;34(2):59-67. In: Wolff M. Dentin hypersensitivity, the biofilm and remineralization: What is the connection? *Adv Dent Res.* 2009;21(1):21-24.
- Cai F, Shen P, Morgan M, Reynolds E. Remineralization of enamel subsurface lesions in situ by sugar-free lozenges containing casein phosphopeptide amorphous calcium phosphate. *Aust Dent J.* 2003;48(4):240-243.
- Calabria M, Porfirio R, Fernandes S, Wang L, Buzalaf M, Pereira J, Magalhaes A. Comparative in vitro effect of TiF to NaF and potassium oxalate on reduction of dentin hydraulic conductance. *Oper Dent.* 2014;39(4):427-432.

- Camps J, Giustiniani S, Dejou J, Franquin JC. Low versus high pressure for in vitro determination of hydraulic conductance of human dentine. *Arch Oral Biol.* 1997;42(4):293-298.
- Camps J, Martin P, Ladeque P, Rieu R, Fuseri J. Influence of tooth cryopreservation on human dentin permeability, in vitro. *Dent Mater.* 1994;10(3):210-214.
- Camps J, Pizant S, Dejou J, Franquin JC. Effects of desensitizing agents on human dentin permeability. *Am J Dent.* 1998;11(6):286-290.
- Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity. Consensus-based recommendations for the diagnosis and management of dentin hypersensitivity. *J Can Dent Assoc.* 2003;69(4):221-226.
- Carrilho MR, Tay FR, Sword J, Donnelly AM, Agee KA, Nishitani Y, Sadek FT, Carvalho RM, Pashley DH. Dentine sealing provided by smear layer/smear plugs vs. adhesive resins/resin tags. *Eur J Oral Sci.* 2007;115(4):321-329.
- Carvalho AO, Oliveira MTd, Nikaido T, Tagami J, Giannini M. Effect of adhesive system and application strategy on reduction of dentin permeability. *Braz Oral Res.* 2012;26(5):397-403.
- Chabanski M, Gillam D, Bulman J, Newman H. Prevalence of cervical dentine sensitivity in a population of patients referred to a specialist periodontology department. *J Clin Periodontol.* 1996;23(11):989-992.
- Chersoni S, Suppa P, Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Yiu C, Huang C, Prati C, Breschi L, Ferrari M. In vivo and in vitro permeability of one-step self-etch adhesives. *J Dent Res.* 2004;83(6):459-464.
- Chiang YC, Chen HJ, Liu HC, Kang SH, Lee BS, Lin FH, Lin HP, Lin CP. A novel mesoporous biomaterial for treating dentin hypersensitivity. *J Dent Res.* 2010;89(3):236-240.
- Chu C, Lo E. A review of sodium fluoride varnish. *Gen Dent.* 2005;54(4):247-253.
- Chu CH, Lo ECM. Dentin hypersensitivity: A review. *Hong Kong Dent J.* 2010;7(1):15-22.
- Ciucchi B, Bouillaguet S, Holz J, Pashley D. Dentinal fluid dynamics in human teeth, in vivo. *J Endod.* 1995;21(4):191-194.
- Corona S, Do Nascimento T, Catirse A, Lizarelli R, Dinelli W, Palma DIBB R. Clinical evaluation of low level laser therapy and fluoride varnish for treating cervical dentinal hypersensitivity. *J Oral Rehabil.* 2003;30(12):1183-1189.

- Cruz R, Ögaard B, Rölla G. Uptake of KOH-soluble and KOH-insoluble fluoride in sound human enamel after topical application of a fluoride varnish (Duraphat) or a neutral 2 % NaF solution in vitro. *Eur J Oral Sci.* 1992;100(3):154-158.
- Cummins D. Dentin hypersensitivity: From diagnosis to a breakthrough therapy for everyday sensitivity relief. *J Clin Dent.* 2009;20(1):1-9.
- Cummins D. Recent advances in dentin hypersensitivity: Clinically proven treatments for instant and lasting sensitivity relief. *Am J Dent.* 2010;23(Spec No A):3A-13A.
- Cunha-Cruz J, Stout J, Heaton L, Wataha J. Dentin hypersensitivity and oxalates: A systematic review. *J Dent Res.* 2011;90(3):304-310.
- Cunha-Cruz J, Wataha JC, Zhou L, Manning W, Trantow M, Bettendorf MM, Heaton LJ, Berg J. Treating dentin hypersensitivity: Therapeutic choices made by dentists of the northwest PRECEDENT network. *J Am Dent Assoc.* 2010;141(9):1097.
- Curro FA, Friedman M, Leight RS. Design and conduct of clinical trials on dentine hypersensitivity. In: Addy M, Embery G, Edgar WM, Orchardson R, editors. *Tooth wear and sensitivity.* London, Martin Dunitz. 2000;299-314.
- Çelik EU, Yıldız G, Katırcı G. Sklerotik Dentine Bağlanma. *EÜ Dişhek Fak Derg.* 2009;30:61-74.
- Dababneh R, Khouri A, Addy M. Dentine hypersensitivity: Dentine hypersensitivity-An enigma? A review of terminology, mechanisms, aetiology and management. *Br Dent J.* 1999;187(11):606-611.
- Davari A, Ataei E, Assarzadeh H. Dentin hypersensitivity: Etiology, diagnosis and treatment; a literature review. *J Dent.* 2013;14(3):136.
- Davidson DF, Suzuki M. The Gluma bonding system: A clinical evaluation of its various components for the treatment of hypersensitive root dentin. *J Can Dent Assoc.* 1997;63(1):38-41.
- De Amici D, Klersy C, Ramajoli F, Brustia L, Politi P. Impact of the Hawthorne effect in a longitudinal clinical study: The case of anesthesia. *Control Clin Trials.* 2000;21(2):103-114.
- De La Macorra JC, Escribano NI. Comparison of two methods to measure permeability of dentin. *J Biomed Mater Res.* 2002;63(5):531-534.
- Dos Santos RA, Lima A, Soares G, Ambrosano G, Marchi G, Lovadino J, Aguiar F. Effect of preheating resin composite and light-curing units on the microleakage of Class II restorations submitted to thermocycling. *Oper Dent.* 2011;36(1):60-65.
- Duke SA, Jackson RJ, Wicks MA. Non-fluoride desensitizing mouthwash, Google Patents. 1992.

- Duran I, Sengun A. The long-term effectiveness of five current desensitizing products on cervical dentine sensitivity. *J Oral Rehabil.* 2004;31(4):351-356.
- Duran I, Sengun A, Yildirim T, Ozturk B. In vitro dentine permeability evaluation of HEMA-based (desensitizing) products using split-chamber model following in vivo application in the dog. *J Oral Rehabil.* 2005;32(1):34-38.
- Eisenburger M, Addy M. Erosion and attrition of human enamel in vitro part I: interaction effects. *J Dent.* 2002;30(7):341-347.
- Elgalaid TO, Creanor SL, Creanor S, Hall AF. The repeatability of human dentine permeability measurement in vitro. *J Dent.* 2008;36(1):42-48.
- Evans CD, Wilson PR. The effects of tooth preparation on pressure measured in the pulp chamber: A laboratory study. *Int J Prosthodont.* 1999;12(5):439-443.
- Felton DA, Bergenholtz G, Kanoy B. Evaluation of the desensitizing effect of Gluma Dentin Bond on teeth prepared for complete-coverage restorations. *Int J Prosthodont.* 1991;4(3):292-8.
- Fogel H, Marshall F, Pashley D. Effects of distance from the pulp and thickness on the hydraulic conductance of human radicular dentin. *J Dent Res.* 1988;67(11):1381-1385.
- Fonseca R, Haiter-Neto F, Carlo H, Soares C, Sinhoreti M, Puppim-Rontani R, Corrêa-Sobrinho L. Radiodensity and hardness of enamel and dentin of human and bovine teeth, varying bovine teeth age. *Arch Oral Biol.* 2008;53(11):1023-1029.
- Francisconi L, Honório H, Rios D, Magalhães A, Machado M, Buzalaf M. Effect of erosive pH cycling on different restorative materials and on enamel restored with these materials. *Oper Dent.* 2008;33(2):203-208.
- Fu B, Shen Y, Wang H, Hannig M. Sealing ability of dentin adhesives/desensitizer. *Oper Dent.* 2007;32(5):496-503.
- Gandolfi M, Iacono F, Pirani C, Prati C. The use of calcium-silicate cements to reduce dentine permeability. *Arch Oral Biol.* 2012;57(8):1054-1061.
- Gandolfi M, Van Landuyt K, Taddei P, Modena E, Van Meerbeek B, Prati C. ESEM-EDX and Raman techniques to study MTA calcium-silicate cements in wet conditions and in real-time. *J Endod.* 2010a;36(5):851-857.
- Gandolfi MG, Ciapetti G, Perut F, Taddei P, Modena E, Rossi PL, Prati C. Biomimetic calcium-silicate cements aged in simulated body solutions. Osteoblast response and analyses of apatite coating. *J Appl Biomater Biomech.* 2009;7(3):160-70.

- Gandolfi MG, Silvia F, Gasparotto G, Carlo P. Calcium silicate coating derived from Portland cement as treatment for hypersensitive dentine. *J Dent.* 2008; 36(8):565-578.
- Gandolfi MG, Taddei P, Siboni F, Modena E, De Stefano ED, Prati C. Biomimetic remineralization of human dentin using promising innovative calcium-silicate hybrid “smart” materials. *Dent Mater.* 2011;27(11):1055-1069.
- Gandolfi MG, Taddei P, Tinti A, Dorigo EDS, Rossi PL, Prati C. Kinetics of apatite formation on a calcium-silicate cement for root-end filling during aging in physiological-like phosphate solutions. *Clin Oral Investig.* 2010b; 14(6):659-668.
- Gernhardt CR. How valid and applicable are current diagnostic criteria and assessment methods for dentin hypersensitivity? An overview. *Clin Oral Investig.* 2013;17(Suppl 1):S31-40.
- Gerschman J, Ruben J, Gebart E, Egglemont J. Low level laser therapy for dentinal tooth hypersensitivity. *Aust Dent J.* 1994;39(6):353-357.
- Ghazali FBC. Permeability of dentine. *Malays J Med Sci.* 2003;10(1):27.
- Gillam D, Bulman J, Eijkman M, Newman H. Dentists' perceptions of dentine hypersensitivity and knowledge of its treatment. *J Oral Rehabil.* 2002;29(3):219-225.
- Gillam D, Mordan N, Newman H. The dentin disc surface: A plausible model for dentin physiology and dentin sensitivity evaluation. *Adv Dent Res.* 1997;11(4):487-501.
- Gillam D, Mordan N, Sinodinou A, Tang J, Knowles J, Gibson I. The effects of oxalate containing products on the exposed dentine surface: An SEM investigation. *J Oral Rehabil.* 2001;28(11):1037-1044.
- Gillam D, Orchardson R. Advances in the treatment of root dentine sensitivity: Mechanisms and treatment principles. *Endod Topics.* 2006;13(1):13-33.
- Gillam DG. Current diagnosis of dentin hypersensitivity in the dental office: An overview. *Clin Oral Investig.* 2013;17(1):21-29.
- Gillam DG, Orchardson R, Närhi M, Kontturi-Närhi V. Present and future methods for the evaluation of pain associated with dentine hypersensitivity. In: Addy M, Embery G, Edgar WM, Orchardson R, editors. *Tooth wear and sensitivity.* London, Martin Dunitz. 2000;283-297.
- Goldberg A, Advincula M, Komabayashi T, Patel P, Mather P, Goberman D, Kazemi R. Polypeptide-catalyzed biosilicification of dentin surfaces. *J Dent Res.* 2009;88(4):377-381.

- Goodis H, Marshall Jr G, White J. The effects of storage after extraction of the teeth on human dentine permeability in vitro. *Arch Oral Biol.* 1991;36(8):561-566.
- Goodis H, Marshall Jr G, White J, Gee L, Hornberger B, Marshall S. Storage effects on dentin permeability and shear bond strengths. *Dent Mater.* 1993;9(2):79-84.
- Greenhill JD, Pashley DH. The effects of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin in vitro. *J Dent Res.* 1981;60(3):686-698.
- Greenspan DC, Hack GD, Litkowski LJ. Compositions containing bioactive glass and their use in treating tooth hypersensitivity, Google Patents. 1998.
- Grégoire G, Joniot S, Guignes P, Millas A. Dentin permeability: Self-etching and one-bottle dentin bonding systems. *J Prosthet Dent.* 2003;90(1):42-49.
- Grossman L. A systematic method for the treatment of hypersensitive dentin. *J Am Dent Assoc.* 1935;22:592-602. In: Davari A, Ataei E, Assarzadeh H. Dentin hypersensitivity: Etiology, diagnosis and treatment; a literature review. *J Dent.* 2013;14(3):136.
- Hahn CL, Overton B. The effects of immunoglobulins on the convective permeability of human dentine in vitro. *Arch Oral Biol.* 1997;42(12):835-843.
- Hansen SE, Swift EJ, Jr., Krell KV. Permeability effects of two dentin adhesive systems. *J Esthet Dent.* 1992;4(5):169-172.
- Haugen E, Johansen JR. Tooth hypersensitivity after periodontal treatment. *J Clin Periodontol.* 1988;15(6):399-401.
- He S, Wang Y, Li X, Hu D. Effectiveness of laser therapy and topical desensitising agents in treating dentine hypersensitivity: A systematic review. *J Oral Rehabil.* 2011;38(5):348-358.
- Hiller K, Schicker A, Schmalz G. Effects of dentin desensitizing agents on dentin permeability under different application conditions. *J Dent Res.* 2003;82(special issue A)#632.
- Hoang Dao BT, Hoang Tu H, Tran Thi NN, Koubi G, Camps J, About I. Clinical efficiency of a natural resin fluoride varnish (Shellac F) in reducing dentin hypersensitivity. *J Oral Rehabil.* 2009;36(2):124-131.
- Holland G, Narhi M, Addy M, Gangarosa L, Orchardson R. Guidelines for the design and conduct of clinical trials on dentine hypersensitivity. *J Clin Periodontol.* 1997;24(11):808-813.
- Horiuchi H, Matthews B. In-vitro observations on fluid flow through human dentine caused by pain-producing stimuli. *Arch Oral Biol.* 1973;18(2):275-294.

- Huh JB, Kim JH, Chung MK, Lee HY, Choi YG, Shim JS. The effect of several dentin desensitizers on shear bond strength of adhesive resin luting cement using self-etching primer. *J Dent*. 2008;36(12):1025-1032.
- Hungund SA, Garg N, Nagaraja C. Evaluation of Novamin Dentifrice in Reducing Dentinal Hypersensitivity. *International Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*. 2012;3(2):10-14.
- Ishihata H, Finger WJ, Kanehira M, Shimauchi H, Komatsu M. In vitro dentin permeability after application of Gluma® desensitizer as aqueous solution or aqueous fumed silica dispersion. *J Appl Oral Sci*. 2011;19(2):147-153.
- Ishihata H, Kanehira M, Finger WJ, Shimauchi H, Komatsu M. Effects of applying glutaraldehyde-containing desensitizer formulations on reducing dentin permeability. *J Dent Sci*. 2012;7(2):105-110.
- Izumi T, Yamada K, Inoue H, Watanabe K, Nishigawa Y. Fibrinogen/fibrin and fibronectin in the dentin-pulp complex after cavity preparation in rat molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1998;86(5):587-591.
- Johnson G, Olgart L, Brännström M. Outward fluid flow in dentin under a physiologic pressure gradient: Experiments in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1973;35(2):238-248.
- Joshi S, Gowda AS, Joshi C. Comparative evaluation of NovaMin desensitizer and Gluma desensitizer on dentinal tubule occlusion: A scanning electron microscopic study. *J Periodontal Implant Sci*. 2013;43(6):269-275.
- Jungbluth H, Attin T, Buchalla W. Development and validation of an in vitro model for measurements of cervical root dentine permeability. *Clin Oral Investig*. 2014.
- Kawasaki A, Ishikawa K, Suge T, Shimizu H, Suzuki K, Matsuo T, Ebisu S. Effects of plaque control on the patency and occlusion of dentine tubules in situ. *J Oral Rehabil*. 2001;28(5):439-449.
- Kazemi R, Şen B, Spångberg L. Permeability changes of dentine treated with titanium tetrafluoride. *J Dent*. 1999;27(7):531-538.
- Kerns DG, Scheidt MJ, Pashley DH, Horner JA, Strong SL, Van Dyke TE. Dentinal tubule occlusion and root hypersensitivity. *J Periodontol*. 1991;62(7):421-428.
- Kim S, Kim E, Kim D, Lee I. The evaluation of dentinal tubule occlusion by desensitizing agents: A real-time measurement of dentinal fluid flow rate and scanning electron microscopy. *Oper Dent*. 2013;38(4):419-428.
- Knight NN, Lie T, Clark SM, Adams DF. Hypersensitive Dentin: Testing of procedures for mechanical and chemical obliteration of dentinal tubuli. *J Periodontol*. 1993;64(5):366-373.

- Knutsson G, Jontell M, Bergenholtz G. Determination of plasma proteins in dentinal fluid from cavities prepared in healthy young human teeth. *Arch Oral Biol.* 1994;39(3):185-190.
- Kokubo T. Design of bioactive bone substitutes based on biomineralization process. *Materials Science and Engineering:C.* 2005;25(2):97-104.
- Kolker JL, Vargas MA, Armstrong SR, Dawson DV. Effect of desensitizing agents on dentin permeability and dentin tubule occlusion. *J Adhes Dent.* 2002;4(3):211-21
- Krejci I, Kuster M, Lutz F. Influence of dentinal fluid and stress on marginal adaptation of resin composites. *J Dent Res.* 1993;72(2):490-494.
- Lam CW, Wilson P. The effect of dentine surface treatment on pulpward pressure transmission during crown cementation: A laboratory study. *Int Dent J.* 1998;48(3):196-202.
- Ling T, Gillam D, Barber P, Mordan N, Critchell J. An investigation of potential desensitizing agents in the dentine disc model: A scanning electron microscopy study. *J Oral Rehabil.* 1997;24(3):191-203.
- Litkowski LJ, Hack GD, Greenspan DC. Compositions containing bioactive glass and their use in treating tooth hypersensitivity, Google Patents. 2002.
- Love R, Jenkinson H. Invasion of dentinal tubules by oral bacteria. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2002;13(2):171-183.
- Lukomsky E. Fluorine therapy for exposed dentin and alveolar atrophy. *J Dent Res.* 1941;20(6):649-659. In: Lynch E, Brauer DS, Karpukhina N, Gillam DG, Hill RG. Multi-component bioactive glasses of varying fluoride content for treating dentin hypersensitivity. *Dent Mater.* 2012;28(2):168-178.
- Lundy T, Stanley H. Correlation of pulpal histopathology and clinical symptoms in human teeth subjected to experimental irritation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1969;27(2):187-201. In: Pashley DH. How can sensitive dentine become hypersensitive and can it be reversed? *J Dent.* 2013;41:S49-S55.
- Lynch E, Brauer DS, Karpukhina N, Gillam DG, Hill RG. Multi-component bioactive glasses of varying fluoride content for treating dentin hypersensitivity. *Dent Mater.* 2012;28(2):168-178.
- Maas JR, Junior IMF, Lodi CS, Delbem AC. Differences in loosely bound fluoride formation and anticaries effect of resin based fluoride varnishes. *Int J Paediatr Dent.* 2013;23(3):166-172.
- Maita E, Simpson M, Tao L, Pashley D. Fluid and protein flux across the pulpodentine complex of the dog in vivo. *Arch Oral Biol.* 1991;36(2):103-110.

- Mantzourani M, Sharma D. Dentine sensitivity: Past, present and future. *J Dent.* 2013;41(Suppl 4):S3-S17.
- Markowitz K. A new treatment alternative for sensitive teeth: A desensitizing oral rinse. *J Dent.* 2013;41(Suppl 1):S1-S11.
- Markowitz K, Pashley D. Discovering new treatments for sensitive teeth: The long path from biology to therapy. *J Oral Rehabil.* 2008;35(4):300-315.
- Marshall G, Chang Y, Saeki K, Gansky S, Marshall S. Citric acid etching of cervical sclerotic dentin lesions: An AFM study. *J Biomed Mater Res.* 2000;49(3):338-344.
- Marshall Jr GW, Marshall SJ, Kinney JH, Balooch M. The dentin substrate: Structure and properties related to bonding. *J Dent.* 1997;25(6):441-458.
- Matthews B, Vongsavan N. Interactions between neural and hydrodynamic mechanisms in dentine and pulp. *Arch Oral Biol.* 1994;39(Suppl):87s-95s.
- McCarney R, Warner J, Iliffe S, Van Haselen R, Griffin M, Fisher P. The hawthorne effect: A randomised, controlled trial. *BMC Med Res Methodol.* 2007;7:30.
- Merchant V, Livingston M, Pashley D. Dentin permeation: Comparison of diffusion with filtration. *J Dent Res.* 1977;56(10):1161-1164.
- Michelich V, Pashley DH, Whitford GM. Dentin permeability: A comparison of functional versus anatomical tubular radii. *J Dent Res.* 1978;57(11):1019-1024.
- Miglani S, Aggarwal V, Ahuja B. Dentin hypersensitivity: Recent trends in management. *J Conserv Dent.* 2010;13(4):218.
- Milleman JL, Milleman KR, Clark CE, Mongiello KA, Simonton TC, Proskin HM. nupro sensodyne prophylaxis paste with novamin for the treatment of dentin hypersensitivity: A 4-week clinical study. *Am J Dent.* 2012;25(5):262.
- Mjör IA. Dentin permeability: The basis for understanding pulp reactions and adhesive technology. *Braz Dent J.* 2009;20(1):3-16.
- Moll K, Haller B. Effect of intrinsic and extrinsic moisture on bond strength to dentine. *J Oral Rehabil.* 2000;27(2):150-165.
- Mordan N, Barber P, Gillam D. The dentine disc. A review of its applicability as a model for the in vitro testing of dentine hypersensitivity. *J Oral Rehabil.* 1997; 24(2):148-156.
- Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Aoid M, Reichenbach P, Lothaller M, Wernisch J, Sperr W. Long-term effects of CO₂ laser irradiation on treatment of hypersensitive dental necks: Results of an in vivo study. *J Clin Laser Med Surg.* 1998;16(4):211-215.

- Nagata T, Ishida H, Shinohara H, Nishikawa S, Kasahara S, Wakano Y, Daigen S, Troullos ES. Clinical evaluation of a potassium nitrate dentifrice for the treatment of dentinal hypersensitivity. *J Clin Periodontol.* 1994;21(3):217-221.
- Niazy MA, Jamil WE. The role of adhesive systems and dentin desensitizers in altering the permeability of human dentin. *Cairo Dental Journal.* 2009;25(3):433-442.
- Nikaido T, Burrow MF, Tagami J, Takatsu T. Effect of pulpal pressure on adhesion of resin composite to dentin: Bovine serum versus saline. *Quintessence Int.* 1995;26(3):221-226.
- Oberg C, Pochapski MT, Farago PV, Granado C, Pilatti GL, Santos FA. Evaluation of desensitizing agents on dentin permeability and dentinal tubule occlusion: An in vitro study. *Gen Dent.* 2009;57(5):496-501.
- Olley RC, Pilecki P, Hughes N, Jeffery P, Austin RS, Moazzez R, Bartlett D. An in situ study investigating dentine tubule occlusion of dentifrices following acid challenge. *J Dent.* 2012;40(7):585-593.
- Orchardson R, Gillam DG. Managing dentin hypersensitivity. *J Am Dent Assoc.* 2006;137(7):990-998;quiz 1028-1029.
- Orucoglu H, Belli S. Evaluation of the effect of four self-etching adhesives on dentin permeability. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2009;90(1):110-115.
- Orucoglu H, Sengun A, Yilmaz N. Apical leakage of resin based root canal sealers with a new computerized fluid filtration meter. *J Endod.* 2005;31(12):886-890.
- Outhwaite WC, Mckenzie DM, Pashley DH. A versatile split-chamber device for studying dentin permeability. *J Dent Res.* 1974;53(6):1503-1503.
- Ölmez A, Erdemli E. Dentin hassasiyeti ve tedavi yöntemleri. *GÜ Dişhek. Fak. Derg.* 2003;20(1):65-71.
- Özok A, Wu MK, Wesselink P. Comparison of the in vitro permeability of human dentine according to the dentinal region and the composition of the simulated dentinal fluid. *J Dent.* 2002;30(2):107-111.
- Özok AR, De Gee AJ, Wu MK, Wesselink PR. The influence of resin composite and bonded amalgam restorations on dentine permeability in Class II cavities in vitro. *Dent Mater.* 2001;17(6):477-484.
- Özok AR, Wu M-K, De Gee AJ, Wesselink PR. Effect of dentin perfusion on the sealing ability and microtensile bond strengths of a total-etch versus an all-in-one adhesive. *Dent Mater.* 2004;20(5):479-486.
- Pamir T, Dalgat H, Onal B. Clinical evaluation of three desensitizing agents in relieving dentin hypersensitivity. *Oper Dent.* 2007;32(6):544-548.

- Pashley D. Smear layer: Overview of structure and function. *Proc Finn Dent Soc.* 1991;88(Suppl 1):215-224.
- Pashley D. Dynamics of the pulpo-dentin complex. *Crit Rev Oral Biol Med.* 1996;7(2):104-133.
- Pashley D. Pulpodentin complex. In: Hargreaves KM, Goodis HE, editors. *Seltzer and Bender's Dental Pulp.* 2nd Ed., Chicago, Quintessence. 2002;63-93.
- Pashley D, Andringa H, Derkson G, Derkson M, Kalathoor S. Regional variability in the permeability of human dentine. *Arch Oral Biol.* 1987;32(7):519-523.
- Pashley D, Carvalho R. Dentine permeability and dentine adhesion. *J Dent.* 1997;25(5):355-372.
- Pashley D, Carvalho R, Pereira J, Villanueva R, Tay F. The use of oxalate to reduce dentin permeability under adhesive restorations. *Am J Dent.* 2001;14(2):89-94.
- Pashley D, Livingston M. Effect of molecular size on permeability coefficients in human dentine. *Arch Oral Biol.* 1978;23(5):391-395.
- Pashley D, Livingston M, Greenhill J. Regional resistances to fluid flow in human dentine in vitro. *Arch Oral Biol.* 1978a; 23(9):807-810.
- Pashley D, Livingston M, Reeder O, Horner J. Effects of the degree of tubule occlusion on the permeability of human dentine in vitro. *Arch Oral Biol.* 1978b;23(12):1127-1133.
- Pashley D, Matthews W. The effects of outward forced convective flow on inward diffusion in human dentine in vitro. *Arch Oral Biol.* 1993;38(7):577-582.
- Pashley D, Matthews W, Zhang Y, Johnson M. Fluid shifts across human dentine In vitro in response to hydrodynamic stimuli. *Arch Oral Biol.* 1996;41(11):1065-1072.
- Pashley D, Nelson R, Kepler E. The effects of plasma and salivary constituents on dentin permeability. *J Dent Res.* 1982;61(8):978-981.
- Pashley D, O'meara J, Kepler E, Galloway S, Thompson S, Stewart F. Dentin Permeability: Effects of desensitizing dentifrices in vitro. *J Periodontol.* 1984a;55(9):522-525.
- Pashley D, Stewart F, Galloway S. Effects of air-drying in vitro on human dentine permeability. *Arch Oral Biol.* 1984b;29(5):379-383.
- Pashley DH. Dentin permeability, dentin sensitivity, and treatment through tubule occlusion. *J Endod.* 1986;12(10):465-474.

- Pashley DH. Dentine permeability and its role in the pathobiology of dentine sensitivity. *Arch Oral Biol.* 1994;39(Suppl):S73-S80.
- Pashley DH. How can sensitive dentine become hypersensitive and can it be reversed? *J Dent.* 2013;41(Suppl 4):S49-55.
- Pashley DH, Depew D. Effects of the smear layer, Copalite, and oxalate on microleakage. *Oper Dent.* 1985;11(3):95-102. In: Sauro S, Pashley DH, Montanari M, Chersoni S, Carvalho RM, Toledano M, Osorio R, Tay FR, Prati C. Effect of simulated pulpal pressure on dentin permeability and adhesion of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2007;23(6):705-713.
- Pashley DH, Pashley EL, Carvalho RM, Tay FR. The effects of dentin permeability on restorative dentistry. *Dent Clin North Am.* 2002;46(2):211-245.
- Peacock JM, Orchardson R. Effects of potassium ions on action potential conduction in A- and C-fibers of rat spinal nerves. *J Dent Res.* 1995;74(2):634-641.
- Perdigão J. Dentin bonding-Variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater.* 2010;26(2):e24-e37.
- Pereira JC, Martineli ACBF, Tung MS. Replica of human dentin treated with different desensitizing agents: A methodological SEM study in vitro. *Braz Dent J.* 2002;13(2):75-85.
- Pereira JC, Segala AD, Gillam DG. Effect of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin subjected to different surface pre-treatments-an in vitro study. *Dent Mater.* 2005;21(2):129-138.
- Pereira R, Chava VK. Efficacy of a 3% potassium nitrate desensitizing mouthwash in the treatment of dentinal hypersensitivity. *J Periodontol.* 2001;72(12):1720-1725.
- Petersson LG. The role of fluoride in the preventive management of dentin hypersensitivity and root caries. *Clin Oral Investig.* 2013;17(1):63-71.
- Pillon FL, Romani IG, Schmidt ER. Effect of a 3% potassium oxalate topical application on dentinal hypersensitivity after subgingival scaling and root planing. *J Periodontol.* 2004a;75(11):1461-1464.
- Pillon FL, Romani IG, Schmidt ER. Effect of a 3% potassium oxalate topical application on dentinal hypersensitivity after subgingival scaling and root planing. *J Periodontol.* 2004b;75(11):1461-1464.
- Pinheiro HB, Lopes B, Klautau EB, Cardoso J, Silva BR, Cardoso PEC. Influence of bioactive materials used on the dentin surface whitened with carbamide peroxide 16%. *Materials Research.* 2010;13(2):273-278.

- Pinto SCS, Pochapski MT, Wambier DS, Pilatti GL, Santos FA. In vitro and in vivo analyses of the effects of desensitizing agents on dentin permeability and dentinal tubule occlusion. *J Oral Sci.* 2010;52(1):23-32.
- Plagtnann H-C, König J, Bernítnoulin J-P. A clinical study comparing two high fluoride dentifrices for the treatment of dentinal hypersensitivity. *Quintessence Int.* 1997;28(6):403.
- Porto IC, Andrade AK, Montes MA. Diagnosis and treatment of dentinal hypersensitivity. *J Oral Sci.* 2009;51(3):323-332.
- Poulsen S, Errboe M, Lescay Mevil Y, Glenny AM. Potassium containing toothpastes for dentine hypersensitivity. *Cochrane Database Syst Rev.* 2006;(3):CD001476.
- Pradelle-Plasse N, Wenger F, Colon P. Effect of conditioners on dentin permeability using an impedance method. *J Dent.* 2002;30(5):251-257.
- Prati C. What is the clinical relevance of in vitro dentine permeability tests? *J Dent.* 1994;22(2):83-88.
- Prati C, Montebugnoli L, Suppa P, Valdrè G, Mongiorgi R. Permeability and morphology of dentin after erosion induced by acidic drinks. *J Periodontol.* 2003;74(4):428-436.
- Qin C, Xu J, Zhang Y. Spectroscopic investigation of the function of aqueous 2-hydroxyethylmethacrylate/glutaraldehyde solution as a dentin desensitizer. *Eur J Oral Sci.* 2006;114(4):354-359.
- Rajesh K, Hedge S, Arun Kumar M, Shetty DG. Evaluation of the efficacy of a 5% calcium sodium phosphosilicate (Novamin) containing dentifrice for the relief of dentinal hypersensitivity: A clinical study. *Indian J Dent Res.* 2012;23(3):363.
- Reeder O, Walton R, Livingston M, Pashley D. Dentin permeability: Determinants of hydraulic conductance. *J Dent Res.* 1978;57(2):187-193.
- Reis AF, Carrilho MR, Ghaname E, Pereira PN, Giannini M, Nikaido T, Tagami J. Effects of water-storage on the physical and ultramorphological features of adhesives and primer/adhesive mixtures. *Dent Mater J.* 2010;29(6):697-705.
- Reis AF, Giannini M, Kavaguchi A, Soares CJ, Line SR. Comparison of microtensile bond strength to enamel and dentin of human, bovine, and porcine teeth. *J Adhes Dent.* 2004;6(2):117-121.
- Rimondini L, Baroni C, Carrassi A. Ultrastructure of hypersensitive and nonsensitive dentine. *J Clin Periodontol.* 1995;22(12):899-902.

- Rios D, Honório H, Magalhães A, Delbem A, Machado M, Silva S, Buzalaf M. Effect of salivary stimulation on erosion of human and bovine enamel subjected or not to subsequent abrasion: An in situ/ex vivo study. *Caries Res.* 2006a;40(3):218-223.
- Rios D, Honório HM, Magalhães AC, Buzalaf MAR, Palma-Dibb RG, Machado MADAM, Silva SMBD. Influence of toothbrushing on enamel softening and abrasive wear of eroded bovine enamel: An in situ study. *Braz Oral Res.* 2006b;20(2):148-154.
- Ritter A, Dias W, Miguez P, Caplan D, Swift E. Evaluation of a new fluoride varnish for cervical dentin hypersensitivity, IADR. 2004
- Ritter AV, de LDW, Miguez P, Caplan DJ, Swift EJ, Jr. Treating cervical dentin hypersensitivity with fluoride varnish: A randomized clinical study. *J Am Dent Assoc.* 2006;137(7):1013-1020;quiz 1029.
- Rusin RP, Agee K, Suchko M, Pashley DH. Effect of a new desensitizing material on human dentin permeability. *Dent Mater.* 2010;26(6):600-607.
- Sahin C, Cehreli ZC, Yenigul M, Dayangac B. In vitro permeability of etch-and-rinse and self-etch adhesives used for immediate dentin sealing. *Dent Mater J.* 2012;31(3):401-408.
- Sales-Peres SHdC, Brianezzi LFdF, Marsicano JA, Forim MR, da Silva MFdGF, Sales-Peres A. Evaluation of an experimental gel containing euclea natalensis: An in vitro study. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2012;2012:184346.
- Santiago SL, Pereira JC, Martineli ACBF. Effect of commercially available and experimental potassium oxalate-based dentin desensitizing agents in dentin permeability: Influence of time and filtration system. *Braz Dent J.* 2006;17(4):300-305.
- Sauro S, Gandolfi MG, Prati C, Mongiorgi R. Oxalate-containing phytocomplexes as dentine desensitisers: An in vitro study. *Arch Oral Biol.* 2006;51(8):655-664.
- Sauro S, Pashley DH, Montanari M, Chersoni S, Carvalho RM, Toledano M, Osorio R, Tay FR, Prati C. Effect of simulated pulpal pressure on dentin permeability and adhesion of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2007;23(6):705-713.
- Sauro S, Thompson I, Watson T. Effects of common dental materials used in preventive or operative dentistry on dentin permeability and remineralization. *Oper Dent.* 2011a;36(2):222-230.
- Sauro S, Watson TF, Thompson I. Dentine desensitization induced by prophylactic and air-polishing procedures: An in vitro dentine permeability and confocal microscopy study. *J Dent.* 2010;38(5):411-422.

- Sauro S, Watson TF, Thompson I. Ultramorphology and dentine permeability changes induced by phophylactic procedures on exposed dentinal tubules in middle dentine. *Medicina Oral Patología Oral y Cirugía Bucal*. 2011b;16(7):1022-1030.
- Saylor CD, Overman PR. Dentine hypersensitivity: A review. *Registered Dental Hygienist*. 2011;1.
- Schiff T, Bonta Y, Proskin HM, DeVizio W, Petrone M, Volpe AR. Desensitizing efficacy of a new dentifrice containing 5.0% potassium nitrate and 0.454% stannous fluoride. *Am J Dent*. 2000a;13(3):111-115.
- Schiff T, Zhang YP, DeVizio W, Stewart B, Chaknis P, Petrone ME, Volpe AR, Proskin HM. A randomized clinical trial of the desensitizing efficacy of three dentifrices. *Compend Contin Educ Dent Suppl*. 2000b;(27):4-10;quiz 28.
- Schilke R, Bauss O, Lisson J, Schuckar M, Geurtsen W. Bovine dentin as a substitute for human dentin in shear bond strength measurements. *Am J Dent*. 1999;12(2):92-96.
- Schilke R, Lisson JA, Bauß O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol*. 2000;45(5):355-361.
- Schmalz G, Hiller K-A, Nunez LJ, Stoll J, Weis K. Permeability characteristics of bovine and human dentin under different pretreatment conditions. *J Endod*. 2001;27(1):23-30.
- Schubach P, Lutz F, Finger W. Closing of dentinal tubules by Gluma desensitizer. *Eur J Oral Sci*. 1997;105(5P1):414-421.
- Schwarz F, Arweiler N, Georg T, Reich E. Desensitizing effects of an Er: YAG laser on hypersensitive dentine. *J Clin Periodontol*. 2002;29(3): 211-215.
- Seong J, Macdonald E, Newcombe R, Davies M, Jones S, Johnson S, West N. In situ randomised trial to investigate the occluding properties of two desensitising toothpastes on dentine after subsequent acid challenge. *Clin Oral Investig*. 2013;17(1):195-203.
- Sharma S, Shetty NJ, Uppoor A. Evaluation of the clinical efficacy of potassium nitrate desensitizing mouthwash and a toothpaste in the treatment of dentinal hypersensitivity. *J Clin Exp Dent*. 2012;4(1):e28-33.
- Sixou J-L. How to make a link between oral health-related quality of life and dentin hypersensitivity in the dental office? *Clin Oral Investig*. 2013;17(1):41-44.
- Sowinski J, Ayad F, Petrone M, DeVizio W, Volpe A, Ellwood R, Davies R. Comparative investigations of the desensitising efficacy of a new dentifrice. *J Clin Periodontol*. 2001;28(11):1032-1036.

- Sowinski JA, Bonta Y, Battista GW, Petrone D, DeVizio W, Petrone M, Proskin HM. Desensitizing efficacy of Colgate Sensitive Maximum Strength and Fresh Mint Sensodyne dentifrices. *Am J Dent*. 2000;13(3):116-120.
- Spolsky VW, Black BP, Jenson L. Products: Old, new, and emerging. *J Calif Dent Assoc*. 2007;35(10):724-737.
- Stenvik A, Iversen J, Mjör I. Tissue pressure and histology of normal and inflamed tooth pulps in macaque monkeys. *Arch Oral Biol*. 1972;17(11):1501-1511. In: Pashley DH. How can sensitive dentine become hypersensitive and can it be reversed? *J Dent*. 2013;41(Suppl 4):S49-55.
- Strohmenger L, Brambilla E. The use of fluoride varnishes in the prevention of dental caries: A short review. *Oral Dis*. 2001;7(2):71-80.
- Suge T, Ishikawa K, Kawasaki A, Yoshiyama M, Asaoka K, Ebisu S. Duration of dentinal tubule occlusion formed by calcium phosphate precipitation method: In vitro evaluation using synthetic saliva. *J Dent Res*. 1995;74(10):1709-1714.
- Suhonen CH. Stabilized stannous fluoride toothpaste, Google Patents. 1991
- Taani DQ, Awartani F. Prevalence and distribution of dentin hypersensitivity and plaque in a dental hospital population. *Quintessence Int*. 2001;32(5):372-376.
- Tagami J, Tao L, Pashley D. Correlation among dentin depth, permeability and bond strength of adhesive resins. *Dent Mater*. 1990;6(1):45-50.
- Talioti E, Hill R, Gillam DG. The efficacy of selected desensitizing OTC products: A systematic review. *ISRN Dent*. 2014;2014:865761.
- Tarbet WJ, Silverman G, Stolman JM, Fratarcangelo PA. Clinical evaluation of a new treatment for dentinal hypersensitivity. *J Periodontol*. 1980;51(9):535-540.
- Tay FR, Pashley DH. Guided tissue remineralisation of partially demineralised human dentine. *Biomaterials*. 2008;29(8):1127-1137.
- Thanatvarakorn O, Nakashima S, Sadr A, Prasansuttiorn T, Ikeda M, Tagami J. In vitro evaluation of dentinal hydraulic conductance and tubule sealing by a novel calcium-phosphate desensitizer. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2013;101(2):303-309.
- Thompson WJ. Mouthwash, Google Patents. 1992
- Titley K, Chernecky R, Rossouw P, Kulkarni G. The effect of various storage methods and media on shear-bond strengths of dental composite resin to bovine dentine. *Arch Oral Biol*. 1998;43(4):305-311.

- Tjäderhane L, Carrilho MR, Breschi L, Tay FR, Pashley DH. Dentin basic structure and composition-an overview. *Endod Topics*. 2009;20(1):3-29.
- Vieira A, Lugtenborg M, Ruben J, Huysmans M. Brushing abrasion of eroded bovine enamel pretreated with topical fluorides. *Caries Res*. 2006;40(3):224-230.
- Vongsavan N, Matthews B. The permeability of cat dentine in vivo and in vitro. *Arch Oral Biol*. 1991;36(9):641-646.
- Vongsavan N, Matthews B. Fluid flow through cat dentine in vivo. *Arch Oral Biol*. 1992a;37(3):175-185.
- Vongsavan N, Matthews B. The vascularity of dental pulp in cats. *J Dent Res*. 1992b;71(12):1913-1915.
- Vongsavan N, Matthews B. The relation between fluid flow through dentine and the discharge of intradental nerves. *Arch Oral Biol*. 1994;39:S140.
- Vongsavan N, Matthews R, Matthews B. The permeability of human dentine in vitro and in vivo. *Arch Oral Biol*. 2000;45(11):931-935.
- Walters PA. Dentinal hypersensitivity: A review. *J Contemp Dent Pract*. 2005;6(2):107-117.
- Wang Z, Jiang T, Sauro S, Pashley D, Toledano M, Osorio R, Liang S, Xing W, Sa Y, Wang Y. The dentine remineralization activity of a desensitizing bioactive glass containing toothpaste: An in vitro study. *Aust Dent J*. 2011;56(4):372-381.
- Wang Z, Sa Y, Sauro S, Chen H, Xing W, Ma X, Jiang T, Wang Y. Effect of desensitising toothpastes on dentinal tubule occlusion: A dentine permeability measurement and SEM in vitro study. *J Dent*. 2010;38(5):400-410.
- Wara-aswapati N, Krongnawakul D, Jiraviboon D, Adulyanon S, Karimbux N, Pitiphat W. The effect of a new toothpaste containing potassium nitrate and triclosan on gingival health, plaque formation and dentine hypersensitivity. *J Clin Periodontol*. 2005;32(1):53-58.
- Wegehaupt F, Gries D, Wiegand A, Attin T. Is bovine dentine an appropriate substitute for human dentine in erosion/abrasion tests? *J Oral Rehabil*. 2008;35(5):390-394.
- West N. Dentine hypersensitivity. In: Lussi A. *Dental Erosion, Monographs in Oral Science*. Vol 20, Basel, Karger, 2006;173-189.
- West N, Addy M, Jackson R, Ridge D. Dentine hypersensitivity and the placebo response. *J Clin Periodontol*. 1997;24(4):209-215.
- West NX. Dentine hypersensitivity: Preventive and therapeutic approaches to treatment. *Periodontol 2000*. 2008;48(1):31-41.

- Wolff M. Dentin hypersensitivity, the biofilm and remineralization: What is the connection? *Adv Dent Res.* 2009;21(1):21-24.
- Yassen GH, Platt JA, Hara AT. Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: A review of literature. *J Oral Sci.* 2011;53(3):273-282.
- Yilmaz HG, Cengiz E, Kurtulmus Yilmaz S, Lelebicioglu B. Effectiveness of Er, Cr: YSGG laser on dentine hypersensitivity: A controlled clinical trial. *J Clin Periodontol.* 2011;38(4):341-346.
- Yiu CK, Hiraishi N, Chersoni S, Breschi L, Ferrari M, Prati C, King NN, Pashley DH, Tay FR. Single-bottle adhesives behave as permeable membranes after polymerisation. II. Differential permeability reduction with an oxalate desensitiser. *J Dent.* 2006;34(2):106-116.
- Yu C, Abbott P. An overview of the dental pulp: Its functions and responses to injury. *Aust Dent J.* 2007;52(s1):S4-S6.
- Yu X, Liang B, Jin X, Fu B, Hannig M. Comparative in vivo study on the desensitizing efficacy of dentin desensitizers and one-bottle self-etching adhesives. *Oper Dent.* 2010;35(3):279-286.
- Zhang Y, Agee K, Pashley D, Pashley E. The effects of PainFree desensitizer on dentine permeability and tubule occlusion overtime, in vitro. *J Clin Periodontol.* 1998;25(11):884-891.



Sayı : B.14.2.TBT.0.06.03.02-161-26266

12/02/2014

Konu : 114S019 Numaralı Proje Öneriniz

Sayın Doç. Dr. ERTAN ERTAŞ

Kurumumuza "Hızlı Destek Programı" kapsamında destek başvurusunda bulunduğunuz "Çeşitli Hassasiyet Gidericilerin Dentin Geçirgenliği Ve Tübül Tıkayıcılığındaki Etkinliklerinin Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon Yöntemi Ve Sem Ile In Vitro Değerlendirilmesi" başlıklı ve 114S019 numaralı proje önerinizin değerlendirme süreci tamamlanmıştır.

Proje öneriniz, konunun uzmanı danışmanlar tarafından "Özgün Değer", "Yöntem", "Proje Yönetimi, Ekip Ve Araştırma Olanakları" ve "Yaygın Etki" boyutlarında değerlendirilmiş olup Grup Yürütme Komitemizin 12/02/2014 tarih ve 721 sayılı toplantısında incelenerek görüşülmüş ve yapılan değerlendirmeler sonucunda proje önerinizin desteklenmesi uygun bulunmuştur.

Çalışmalarınızda başarılar diler, saygılar sunarım.

Prof. Dr. Mehmet Kemal Irmak
Sağlık Bilimleri Araştırma Destek
Grubu
Yürütme Komitesi Sekreteri V.

PANEL PUAN SEVİYESİ: B

A: Çok İyi B: İyi C: Orta D: İyi Değil E: Yetersiz

Panel toplam puanı A ve B seviyesinde olan projeler desteklenmiştir.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Nasibe Aycan YILMAZ

Doğum Yeri: İstanbul

Doğum Tarihi: 27. 05. 1981

Medeni Hali: Bekar

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

İlkokul Aydın Yedieylül İlköğretim Okulu / 1987 – 1992
Ortaokul Aydın Efeler Ortaokulu / 1992 – 1995
Lise Aydın Efeler Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi / 1995 – 1999
Üniversite Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi / 1999 – 2004
Doktora Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Restoratif Diş Tedavisi A.D. / 2011 – Halen

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Ankara Sincan Özel Gama Polikliniği / 2004 – 2005
Muş Hasköy Merkez Sağlık Ocağı / 2006 – 2008
Afyon Başmakçı Devlet Hastanesi / 2008 – 2011
Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi / 2011– Halen

E-posta:

dt.aycanyilmaz@yahoo.com