



**FARKLI HASSASİYET GİDERİCİ AJANLARIN
DEMİNERALİZASYONA KARŞI STABİLİTESİNİN MİKRO
BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ KULLANILARAK ...**

Enis ŞİMŞEK

**İnönü Üniversitesi ve Selçuk Üniversitesi
Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı Ortak Programı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hacer TURGUT
Ortak Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nimet ÜNLÜ**

Doktora Tezi - 2022

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI HASSASİYET GİDERİCİ AJANLARIN DEMİNERALİZASYONA
KARŞI STABİLİTESİNİN MİKRO BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ
KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

Enis ŞİMŞEK

**İnönü Üniversitesi ve Selçuk Üniversitesi
Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı
Ortak Doktora Tezi**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Hacer TURGUT**

**Ortak Tez Danışmanı
Prof. Dr. Nimet ÜNLÜ**

Bu Araştırma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
Tarafından 1935 Proje numarası ile desteklenmiştir

MALATYA
2022

KABUL ve ONAY SAYFASI



T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

ETİK BEYANI

İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak Dr. Öğr. Üyesi Hacer TURGUT danışmanlığında hazırlayıp sunduğum **“Farklı Hassasiyet Giderici Ajanların Demineralizasyona Karşı Stabilitésinin Mikro Bilgisayarlı Tomografi Kullanılarak Değerlendirilmesi”** başlıklı Doktora tezim içinde elde ettiğim verileri, bilgileri, belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tezimde yararlandığım eserlere bilimsel kurallara uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezin özgün olduğunu, tezin çalışma ve yazımında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 23/05/2022

Enis ŞİMŞEK
İmza

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Dentin.....	4
2.2. Dentin uyarımı.....	6
2.3. Dentin hassasiyeti.....	6
2.3.1. Dentin hassasiyetinin etiyo lojisi.....	7
2.3.2. Dentin hassasiyetinin prevelansı.....	9
2.3.3. Dentin hassasiyetinin oluşum mekanizması.....	10
2.4. Dentin hassasiyetinin tedavisi.....	11
2.4.1. Dentin hassasiyetinde kullanılan ajanlar.....	12
2.5. DH giderici ajan etkinliği değ erlendirme yöntemleri.....	18
2.6. Mikro bilgisayarlı tomografi görüntüleme tekniği.....	18
2.6.1. Mineral yoğunluğunun ölçümü.....	19
2.6.2. Minerallerin internal yapısının değ erlendirilmesimesi.....	20
2.6.3. Kök kanal morfolojisinin değ erlendirilmesi.....	20
2.6.4. İmplant ve implant çevresineki kemiğin değ erlendirilmesi.....	21
2.6.5. Mine kalınlığının ölçülmesi.....	21
3. MATERYAL VE METOT.....	22
3.1. Örneklerin hazırlanması.....	22
3.2. Grupların oluşturulması.....	24
3.3. Birinci mikro bilgisayarlı tomografi taraması.....	25
3.4. Hassasiyet giderici ajanların uygulanması.....	28
3.5. İkinci mikro bilgisayarlı tomografi taraması.....	30
3.6. Demineralizasyon.....	30
3.7. Üçüncü mikro bilgisayarlı tomografi taraması.....	31
3.8. Taramalı elektron mikroskobu analizi.....	31
3.9. İstatistiksel analizler.....	33
4. BULGULAR.....	35

5. TARTIŞMA.....	40
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	49
KAYNAKLAR.....	50
EKLER.....	64
EK.1. ÖZGEÇMİŞ.....	66
EK.2. ETİK KURUL İZNİ.....	67



TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca tezimin hazırlanmasında emeklerinden dolayı tez danışmanım Dr.Öğr.Üyesi Hacer TURGUT'a;

Doktora eğitimim ve tezimin tamamlanmasında bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen ortak doktora danışmanım Prof. Dr. Nimet ÜNLÜ'ye;

Mutluluklarımız ve üzüntülerimizi beraber yaşadığımız, yıllarca yan yana görev yaptığımız araştırma görevlisi arkadaşlarıma;

Materyallerin mikro bilgisayarlı tomografi taramasındaki büyük yardımlarından dolayı Öğr. Gör. Canan YALÇIN'a;

Tarama verilerinin analizlerini yapan Prof. Dr. Kaan ORHAN'a;

Tezimin istatistiksel analizlerinde bana sabırla saatlerini ayıran Prof. Dr. Saim YOLOĞLU'na;

Her zamanda ve her durumda arkamda olan, hiçbir şeyini esirgemeyen canımdan öte annem Kerime ŞİMŞEK ve babam Osman ŞİMŞEK'e;

Düнде, bugünde yanımda olan, yarında da yanımda olacak diğer yarım, çok sevdiğim biricik eşim Prof.Dr. Neslihan ŞİMŞEK'e, aslan oğlum Hamza'ya ve güzel kızım Sena'ya;

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Farklı Hassasiyet Giderici Ajanların Demineralizasyona Karşı Stabilitésinin Mikro Bilgisayarlı Tomografi Kullanılarak Değerlendirilmesi

Amaç: Bu deneysel çalışmanın amacı; farklı remineralize edici mekanizmalara sahip olan hassasiyet giderici ajanların dentin tübülleri tıkamadaki etkinliklerini, asit maruziyeti karşısındaki stabilitelerini kıyaslamalı olarak değerlendirmek için, mikro-BT kullanarak incelemektir.

Materyal ve metod: Bu çalışmada 40 adet çürüksüz insan daimi molar dişleri kullanıldı. Hassas kesme cihazı ile kole bölgesinden 40 adet dentin bloğu elde edildi. Diskler Enamelast, Nupro Sensodyne Paste, Tooth Mousse, Colgate Sensitive Pro-Relief Desensitizing Paste olmak üzere rasgele 4 gruba ayrıldı. Her bir grup sırasıyla hiçbir işlem yapılmadan, hassasiyet giderici ajan uygulandıktan sonra ve demineralize edici ajanda bekletildikten sonra olmak üzere 3 defa mikro-BT’de tarandı. Ayrıca her gruptan bir örnek SEM ile görüntüldü.

Bulgular: İstatistiksel analiz hassasiyet giderici ajan uygulandıktan sonra Nupro ile Colgate grupları arasında mineral yoğunluk değişimi olduğunu gösterdi ($p=0.042$). Diğer gruplar arasında mineral yoğunluk düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmadı. Mineral yoğunluğu en fazla artan grup Colgate olmuş, bunu sırasıyla Enamelast, Toothmouse ve son olarak Nupro grupları izlemiştir. Demineralizasyon sonrası mineral yoğunluk değişimlerinde Toothmouse ile Colgate grupları arasında ($p=0.002$) ve Enamelast ile Colgate grupları arasında ($p<0.001$) anlamlı bir fark saptandı. Diğer gruplar arasında ise anlamlı bir farklılık bulunmadı. Mineral yoğunluk değişim en fazla Enamelast grubunda olmuş bunu sırasıyla Tooth Mousse, Nupro ve Colgate grupları izlemiştir.

Sonuçlar: Çalışmada kullanılan tüm örneklerde hassasiyet giderici ajanlar uygulandıktan sonra mineral yoğunluk değerleri artış göstermesine rağmen demineralizasyona karşı yeterli direnci gösterememiştir. Mineral yoğunluğundaki en fazla artış ve demineralizasyona karşı en fazla direnç Colgate grubunda olmuştur.

Anahtar kelimeler: Demineralizasyon, dentin, florid, hassasiyet giderici ajan, mikro-BT

ABSTRACT

Evaluation of The Stability of Different Desensitizing Agents Against Demineralization Using Micro Computed Tomography

Aim: The aim of this experimental study is to examine the effectiveness of desensitizing agents with different remineralizing mechanisms in occluding dentinal tubules and their stability against acid exposure using micro-CT device.

Material and method: In this study, 40 permanent human molar teeth were used. Forty dentin blocks were obtained from the dentinoenamel junction with the precision cutting device. The discs were randomly divided into 4 groups as Enamelast, Nupro Sensodyne Paste, Tooth Mousse, and Colgate Sensitive Pro-Relief Desensitizing Paste. Each group was scanned 3 times on micro-CT, without any action, after the application of desensitizing agent, and after holding the demineralizing agent, respectively. In addition, a sample from each group was imaged with SEM.

Result: Statistical analysis showed a change in mineral density between the Nupro and Colgate groups after application of the desensitizing agent ($p=0.042$). There was no significant difference between the other groups in terms of mineral density levels. The group with the highest increase in mineral density was Colgate, followed by Enamelast, Toothmouse and Nupro groups, respectively. A significant difference was found between Toothmouse and Colgate groups ($p=0.002$) and between Enamelast and Colgate groups ($p<0.001$) in mineral density changes after demineralization. There was no significant difference between the other groups. The group with the highest decrease in mineral density value was Enamelast, followed by Tooth Mousse, Nupro and Colgate groups, respectively.

Conclusion: Although mineral density values increased after the application of desensitizing agents in all samples used in the study, they did not show sufficient resistance to demineralization. The greatest increase in mineral density and the greatest resistance to demineralization were in the Colgate group.

Keywords: Demineralization, dentin, fluoride, desensitizing agent, micro-CT

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A-α	:A-alfa
A-β	:A-beta
A-δ	:A-delta
A-γ	:A-gamma
ACP	:Amorf kalsiyum fosfat
CİS	:Cam iyonomer siman
CPP-ACP	:Kazein fosfopeptit - amorf kalsiyum fosfat
ÇAG	:Çeyreklikler Arası Genişlik
DH	:Dentin hassasiyeti
KNO₃	:Potasyum nitrat
Mikro-BT	:Mikro bilgisayarlı tomografi
mm²	:Milimetrekare
µm	:Mikrometre
mmHg	:Milimetre civa
NaF	:Sodyum florid
ROI	:Region of interest
SEM	:Taramalı elektron mikroskobu
SrCl₂	:Stronsiyum klorit
TIFF	:Tagged Image File Format
%	:Yüzde
3B	:Üç boyutlu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
Şekil 3.1. Kron ve kök kısımları kesilmiş diş.....	21
Şekil 3.2. Soğuk akrilik.....	22
Şekil 3.3. Silindir bloklara gömülmüş numune.....	22
Şekil 3.4. Zımpara ile yüzeyleri düzeltilmiş numune.....	22
Şekil 3.5. Tırnak cilası.....	23
Şekil 3.6. Tırnak cilası ile 2x4 mm boyutunda pencere şeklinde hazırlanan dentin yüzeyi boşlukları.....	23
Şekil 3.7. Tüp içerisinde sabitlenmiş numune.....	24
Şekil 3.8. Mikro bilgisayarlı tomografi cihazı.....	25
Şekil 3.9. DataViewer programında görüntü üzerinde ayarlar.....	26
Şekil 3.10. CTAn programında seçilen ilgi bölgesi.....	26
Şekil 3.11. Enamelast (% 5 Sodium Florid Vernik; Ultradent; Utah, ABD).....	27
Şekil 3.12. Nupro (Nupro; Dentsply; York; PA; ABD)	28
Şekil 3.13. Tooth Mousse (GC Tooth Mousse; GC; Tokyo; Japonya).....	28
Şekil 3.14. Colgate Sensitive Pro-Relief (Colgate Sensitive Pro-Relief Desensitizing Paste;Colgate;New York; ABD)	29
Şekil 3.15. Yüzey kaplama cihazı(Bal-tec SCD 050 sputter coater, Los Angeles, California, ABD)	30
Şekil 3.16. Yüzeyi altın-paladyum ile kaplanmış numune.....	31
Şekil 3.17. Taramalı Elektron Mikroskobu.....	31
Şekil 3.18. Enamelast grubu SEM tarama görüntüleri	31
Şekil 3.19. Tooth Mousse grubu SEM tarama görüntüleri.....	32
Şekil 3.20. Nupro grubu SEM tarama görüntüleri.....	32
Şekil 3.21. Colgate Sensitive Pro-Relief grubu SEM tarama görüntüleri.....	32

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Sayfa No
Tablo 2.1. Dentin prevelansı ile ilgili yapılan epidemiyolojik çalışmalar.....	10
Tablo 2.2. DH tedavisinde kullanılan ajanlar.....	13
Tablo 3.1. Mikro bilgisayarlı tomografi tarama parametreleri.....	25
Tablo 4.1. Enamelast grubunda 1-2-3. tarama değerlerinin karşılaştırılması.....	34
Tablo 4.2. Toothmousse grubunda 1-2-3.tarama değerlerinin karşılaştırılması.....	35
Tablo 4.3. Nupro grubunda 1-2-3. tarama değerlerinin karşılaştırılması.....	35
Tablo 4.4. Colgate Sensitive Pro Relief grubunda 1-2-3. tarama değerlerinin karşılaştırılması.....	36
Tablo 4.5. Gruplar arasında mineral yoğunluk değerlerinin karşılaştırılması.....	37
Tablo 4.6. Gruplar arası 1.2.3. tarama mineral yoğunluk ikili karşılaştırmaları.....	38

1.GİRİŞ

Dentin hassasiyeti (DH), dişte herhangi bir defekt ya da patoloji olmasa bile termal, buharlaşma, dokunma, osmotik veya kimyasal uyarılarla birlikte ortaya çıkan ve etken ortadan kalkınca kaybolan kısa süreli, keskin ve lokalize ağrı olarak tanımlanır (1, 2). DH'ne sebep olan birçok etiyolojik faktör mevcuttur. Dentin, pulpa ile olan ilişkisinden dolayı hassas bir yapısı vardır. Normalde dentinin üzerini örten mine ve sement yapısı olduğunda bir sorun oluşmamaktadır. Dentin yüzeyinin ağız ortamına açılmasının çeşitli nedenleri olabilir. Dentin yüzeyinin ağız ortamına açılması, dişeti çekilmesi ya da minenin kaybı sebebiyle gerçekleşebilir. Bu nedenlere dişeti çekilmesi, yanlış diş fırçalama, dişeti tedavileri, asitli besin tüketme alışkanlığı, abrazyon, atrizyon, abfraksiyon ve erozyon örnek olarak verilebilir. DH bulunan dişlerdeki açık dentin tübül sayısı yedi kat daha fazladır(3). DH'nde, dentin tübül çapı büyüdükçe hassasiyet oranı artar. Bunun yanında dentin tübül yoğunluğu da hassasiyet oluşmasında etkili olabilmektedir.

DH; diş hekimliği kliniğinde çokça rastlanan ve farklı toplumlarda yetişkin popülasyonunda % 8-57 arasında değişen oranlarda görülen ağrılı klinik bir durumdur(4).

DH'nin mekanizmasıyla ilgili günümüzde farklı teoriler olmasına rağmen en fazla hidrodinamik teori kabul görmektedir. Bu teoride dentin yüzeyine gelen soğuk, sıcak, dokunma ya da osmotik uyarıcılar dentin tübüllerindeki sıvının hareket etmesine sebep olur. Dentine soğuk uygulama, dentini kurutma ya da yoğun bir kimyasal maddeye maruz bırakma dentin sıvısını dışa doğru hareketlendirerek pulpadan uzaklaştırır. Sıcak ve sondalama gibi uyarıcılarda ise dentin sıvısı pulpaya doğru hareket eder. Tübüllerdeki sıvının hareketi sonrasında sinir lifleri aktive olur ve ağrı oluşur. Uyaran ortadan kalktığı zaman ağrı da ortadan kalkar.

DH'nin tedavisinde; temel olarak dentin tübüllerinin tıkanması ve sinir iletiminin blokajı şeklinde kategorize edilebilen, farklı etki mekanizmalarına sahip hassasiyet giderici ajanlar kullanılmaktadır (5). Bu hassasiyet giderici ajanların bulunduğu diş macunlarını, gargaraları vb. hastalar evde kendileri kullanabilirler. Sonuç alınmadığı durumlarda kliniklerde hekimler tarafından klinikte uygulanır. Hekim, klinikte kompozit rezinleri, cam iyonomer simanları (CİS), bonding ajanları; stronsiyum klorit (SrCl_2) veya asetat; alüminyum, potasyum veya ferrik oksalat; silika veya kalsiyum

içeren materyalleri, protein çökelticileri ve lazerleri gibi materyalleri kullanabilmektedir.

Geleneksel olarak mine ve dentinin remineralizasyonunu sağlaması ile çürük proflaksisinde önemli bir yer edinmiş olan floridlerin dentin tübülleri içine kalsiyum florid kristallerinin çökmesini sağladıkları; bu kristallerin tükürükte kısmen erimeği ve taramalı elektron mikroskobu(SEM) çalışmalarında peritübüler dentinde granüler çökelmeler oluşturduğu izlenmiştir (6). DH'ni azaltmada sodyum florid (NaF), stannöz florid, sodyum monoflorofosfat, florosilikatlar, iyontoforezle kombine edilen floridler gibi çeşitli florid bileşikleri kullanılabilmektedir (7).

Dental dokularda remineralize edici etkinliği kabul gören florid bileşiklerinin haricinde, bir biyocam ürünü olan kalsiyum sodyum fosfosilikat yapısındaki novamin, son yıllarda DH giderici ürünlerin içerisinde yer almaktadır. Ana bileşeni kalsiyum ve fosfatın çökmesi için temel görevi gören silikadır. SEM analizlerinde biyocam uygulamasının dentin tübüllerini tıkayan bir apatit tabakası oluşturduğu görülmüştür (8).

Son yıllarda remineralizasyon oluşturmak üzere süt proteini “kazein” kullanılmaktadır. Remineralizasyon kapasitesi sayesinde hassasiyet tedavisinde de başarılı bir şekilde kullanılan kazein fosfopeptit-amorf kalsiyum fosfat (CPP-ACP)’ın stabilize olabilme özelliğiyle, aşırı doymuş kolayca çözünmeyen kalsiyum fosfat yapısı oluşumunu sağladığı bildirilmiştir (9).

Yakın zamanda tanıtılan pro-arjinin teknolojisi (% 8 arjinin ve kalsiyum karbonat(Arg-CaCO₃)) DH’nde ani ve uzun süreli rahatlama sağladığı klinik olarak kanıtlanmıştır. Tükürükte de doğal olarak bulunan arjinin amino asidi ve kalsiyum içeriği sayesinde, dentin yüzeyi ve tübül içerisinde, kalsiyum ve fosfat içeren dentin benzeri mineral çökmesinin doğal mekanizmasını hızlandırırlar (10).

Mine ve dentin dokularının demineralizasyon ve remineralizasyonları sonrası mineral değişimlerinin dinamik tespitine izin veren güçlü bir araç olarak, son yıllarda rağbet gören mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT); kıyaslanabilen parametreleri ile transvers mikroradyografi altın standardına nondestrüktif bir alternatif olarak kullanılabılır. Yöntemin hassasiyeti ışın güçlendiren etkimelerin azaltılması ve uygun mineral yoğunluğu kalibrasyon eğrilerinin kullanılması ile arttırılabilmektedir (11).

Bu deneysel çalışmanın amacı; farklı remineralize edici mekanizmalara sahip olan hassasiyet giderici ajanların dentin tübüllerini tıkamadaki etkinliklerini, asit

maruziyeti karşısındaki stabilitelerini kıyaslamalı olarak değerlendirmek için, mikro-BT cihazı kullanarak incelemektir. Bu çalışmada oluşturmuş olduğumuz sıfır hipotezimiz: ‘Çalışmada kullanılan dentin disklerinin hassasiyet giderici ajanlar uygulanmadan önceki ve hassasiyet giderici ajanlar uygulanıp demineralize edici solüsyonda bekletilmesinden sonraki mineral yoğunlukları arasında farklılık yoktur’dur.



2.GENEL BİLGİLER

2.1. Dentin

Dentin; kron ve kök pulpasını saran, kronda mine ile kökte ise sement ile örtülü, damarsal yapılar içermeyen, sarı renkte, poröz yapıda, ışığı yarı geçirgen, mezoderm kökenli biyolojik bir kompozit yapıdır. Pulpa ve dentinde bulunan odontoblast hücreleri tarafından oluşturulur. Yapısı ve gelişimi kemik ile benzerlik göstermekle birlikte kemikten daha sert ancak daha elastiktir. Bu özelliğiyle minenin dışarıdan gelen kuvvetlere karşı koyabilme yeteneğine katkıda bulunur (12).

Olgun dentinin biyokimyasal olarak ağırlığının yaklaşık %70'ini inorganik bileşikler, %20'sini organik bileşikler, %10'unu ise su oluşturmaktadır (13). Olgun dentin hacimsel olarak incelendiğinde %45-%50'si inorganik materyaller, %30'u organik materyaller, %20-25'i ise lokalizasyona bağlı olarak değişmekle beraber sudur (14). Kalsiyum fosfat ve kalsiyum hidroksit yapısındaki hidroksiapatit kristalleri inorganik yapının büyük bir kısmını oluşturur ve minedekinden daha küçük yapıdadır. Karbonat, magnezyum, potasyum, demir, çinko ve kurşun da diğer inorganik bileşenler arasında yer alır (15).

Tip I kollajen, fosfoproteinler, glikozaminoglikanlar, proteoglikanlar, glukoproteinler, büyüme faktörleri ve lipidler ise organik kısmın çoğunluğunu oluşturmaktadır (16, 17). Dentinin organik yapısında Tip 1 kollajen haricinde tip 5 ve tip 6 kollajen bulunur. Pulpa komşu alandaki predentinde ise tip 3 kollajen bulunmaktadır (17).

Dentin tübülleri, pulpadan mine-dentin ve dentin-sement birleşimine kadar dentin boyunca kadar uzanan mikro kanalcıklardır. Her bir tübülün içinde odontoblast hücrelerinin sitoplazmik uzantıları olan Tomes lifleri bulunur. Dentin kanallarının iç yüzeyi peritübüler dentinle çevrilmiştir. Peritübüler dentin, intertübüler dentine göre daha çok mineralizedir (18). Dentin tübüllerinde, kaynağı pulpa bağ dokusu olan, sinoviyal veya serebrospinal sıvı benzeri, su gibi berrak dentin sıvısı mevcuttur (19).

Pulpaya komşu dentin yüzey alanı mine-dentin veya sement-dentin birleşim alanındaki dentin yüzeyi alanından daha dardır. Odontoblastların pulpaya doğru dentin oluşturarak ilerlemesinden dolayı dentin tübülleri bu alanda birbirlerine yaklaşırlar. Mine-dentin alanındaki kanal sayısı $15000/\text{mm}^2$ ile $20000/\text{mm}^2$ arasında iken pulpaya komşu bölgede bu sayı $45000/\text{mm}^2$ ile $60000/\text{mm}^2$ arasında değişmektedir. Kanal lümenlerinin çapı da bu alanlarda farklılık gösterir. Pulpaya yakın yüzeyde 2-3µm

çapındayken mine-dentin sınırında 0.5-0.9µm arasındadır (20). Dentin tübülleri S harfi gibi dalgalanarak uzanırlar. Ancak bu bu dalgalanma insizal kenarda, kasplarda ve kökte daha düzdür (21).

Dentin tübüllerinin içinde pulpa bağ dokusu kaynaklı plazma benzeri dentin sıvısı mevcuttur (22). Pulpaya yakın kısımlarda bu sıvı dentin hacminin yaklaşık %22'sini oluştururken mineye yakın yüzeylerde dentin hacminin yaklaşık % 1'ini oluşturmaktadır. Pulpanın basıncı yaklaşık 60 mmHg civarındadır. Dentin tübüllerinin ağız ortamına açılması sonucunda bu basınç farkından dolayı dentin sıvısı içten dışa doğru hareket eder ve DH'ni oluşturduğuna inanılır (23).

Minenin oluşumundan sonra odontoblastlar dentin üretimine başlar. Dentin oluşumu mine-dentin sınırından pulpaya doğru odontoblast hücrelerinin hareket etmesiyle başlar. Odontoblastlar hareketleri esnasında kollojen matriks üretirler ve bunu takiben mineralizasyon oluşur. En son oluşan dentin tabakası pulpa yüzeyindedir ve mineralize olmamış bu dentin tabakasına predentin adı verilir. Dentin oluşumu dişin ağza sürmesinden sonra pulpa canlılığını koruduğu sürece devam eder. Dişin ilk halini şekillendiren dentin dokusuna primer dentin denmektedir. Primer dentinin oluşumu dişin sürmesinden üç yıl sonra tamamlanır. Günde ortalama olarak 4 µm primer dentin oluşturulmaktadır (24). Primer dentin oluştuktan sonra dentin oluşumu yavaşlamış bir şekilde devam eder. Bu dentine sekonder dentin denir. Sekonder dentinin miktarı ve oranı kişiye göre farklılık gösterebilir. Primer dentine göre kanalların yönleri farklıdır. Sekonder dentinin ortalama günlük üretimi 0.5 µm kalınlığındadır (25).

Bazı operatif işlemler, travma, atrizyon, erozyon, yavaş ilerleyen diş çürüğü ve abrazyon gibi hafif şiddetteki uyaranlar sonucunda odontoblastların farklılaşmasıyla oluşan dentine tersiyer dentin denir. Tersiyer dentin; tamir dentini ve reaksiyoner dentin olmak üzere ikiye ayrılır. Bu ayrımın sebebi dentini oluşturan farklı hücreler ve etkenlerdir (26). Dentine gelen uyarının şiddeti hafif ise varolan odontoblastlar tarafından oluşturulan dentine reaksiyoner dentin denir. Reaksiyoner dentin yapım hızı sekonder dentinin yapım hızına kıyasla daha yüksektir (27). Tamir dentini ise genelde diş preparasyonu esnasında pulpaya 1.5 mm'den daha az bir mesafede yaklaşırsa oluşmaya başlar. Kesilen odontoblast uzantıları ile birlikte odontoblastlar canlılığını yitirir ve geride ölü alanlar bırakır. Mezenşimal pulpa hücrelerinden farklılaşan yeni odontoblastlar oluşur ve tamir dentinini meydana getirirler. Meydana gelen tamir dentini yapı olarak sekonder dentinden farklıdır ve yüksek oranda kanalsız yapı içerirler. Bu sayede çoğu irritandan etkilenmeyerek pulpayı korurlar (25).

Yaşlanma ya da orta şiddetteki iritanlara bağlı olarak dentinin içeriğinde bazı değişiklikler oluşur. Peritübüler dentin, mine-dentin hattından pulpa yönünde ilerleyen kalsifiye materyallerin birikmesiyle genişler. Böylece daha az duyarlı, daha yoğun ve sert bir alan oluşarak pulpayı iritanlara daha iyi şekilde korur. Bu şekilde oluşan dentine sklerotik dentin denir. Fizyolojik dentin sklerozu yaşlanmaya bağlı olarak oluşurken reaktif dentin sklerozu ise orta şiddetdeki iritanlara bağlı olarak oluşur. Reaktif dentin sklerozunda kanallar S formundadır ve oluşan dentine boğumlu dentin denir. Sert, koyu renkli ve temizlenebilen bir yüzeydir.

2.2 Dentinin uyarımı

Pulpal ve dentinal yapı trigeminal sinir dalları aracılığıyla uyarılır (28). Uyarımın başlama alanları koronal odontoblast tabaka, dentinin iç tabakaları ve predentindir. A-alfa ($A-\alpha$), A-beta ($A-\beta$), A-gamma ($A-\gamma$), A-delta ($A-\delta$), B ve C lifleri olmak üzere dişlerin farklı bölgelerinde bulunabilen 6 farklı sinir liflerinden oluşurlar. Uyarıların iletim hızı sinirlerin çaplarıyla doğru orantılıdır. Sinir çapı arttıkça iletim hızı da artmaktadır. Çapları en dar olan lifler C lifleri iken, en geniş olanları A lifleridir.

A- β lifleri diğer liflere oranla daha az bulunurlar. Dentin ve pulpa boynuzu tepesindeki dentin pulpa sınırını uyarırlar (29). A- β lifleri hidrodinamik uyarılmadaki dokunma, basınç ve proprioseptif impulsları hızla taşırlar (30).

Miyelinli A- δ ve miyelinsiz C sinir lifleri sinir liflerinin büyük kısmını oluşturmaktadır. A- δ lifleri duysal sinir lifleridir ve eşik şiddetleri düşüktür. Hava uygulanması ve sondlama gibi uyarılar sonucunda oluşurlar. Kısa süreli ve keskin olan ağrıdan sorumlu liflerdir (31). İnnerve ettikleri alan dentin ve pulpa boynuzu tepelerindeki dental pulpa sınırındadır (30). Miyelin kılıflarını odontoblastik tabaka altında kaybeder ve dallara ayrılırlar. Serbest sinir uçlarından oluşan bir pleksusu oluştururlar (32).

C sinir liflerinin miyelin kılıfları yoktur ve bu sebeple iletim hızları yavaştır. Pulpitis ve sıcaklık artışı gibi durumlarda rol oynarlar (33). Bu sinir lifleriyle oluşan ağrılar sürekli zonklayan tarzda olan ağrılardır ve daha geç ortaya çıkarlar (30). C sinir lifleri hipoksi ve doku basıncının yükselmesine dirençlidir ve anestezi, enfeksiyon ve nekroz durumlarında bile ağrı oluşturabilirler (33).

2.3. Dentin hassasiyeti

Dişin ısısal, kimyasal, fiziksel veya osmotik bir uyarana ile etkilenmesi sonucunda ağız içine açılmış dentin bölgesinde oluşan, herhangi bir patoloji veya dental rahatsızlık ile ilişkilendirilemeyen ani, şiddetli ve kısa süren bir ağrı olarak tanımlanır (2). DH bir

hastalıktan olmaktan daha ziyade açık olan dentin alanlarının uyarımı ile oluşan bir semptom kompleksidir (34). Doğru tedavi planı için dental patoloji ya da defekte bağlı olarak oluşan belirtiler ile DH sonucu oluşan belirtilerin teşhis noktasında ayrılması çok önemlidir (35). Bu sebepten dolayı DH terimi genel olarak klinik uygulamalarda kabul görmüştür.

Sıcak ya da soğuk gıdaların tüketilmesi veya soğuk havaya maruz kalma DH'ndeki termal uyaranlar arasında yer alır. Termal uyaranlar arasında hassasiyete en çok soğuk sebep olmaktadır. Tedavi esnasında hava su spreyinin kullanılması ya da tükürük emicinin oluşturduğu hava da DH'ne sebep olabilmektedir. Yemek yerken kullanılan çatal ya da kaşık, tedavi esnasında kullanılan dental aletler ya da ağız hijyeninde kullanılan manuel ve elektrikli diş fırçaları mekanik olarak DH'ne sebep olabilmektedir. Ayrıca erik, limon, greyfurt gibi meyveler, asitli yiyecek ve içecekler gibi osmotik uyaranlar da DH'ne sebep olabilmektedir.

2.3.1. Dentin hassasiyetinin etiyolojisi

DH'nin etiyolojisi multifaktöriyeldir ve bu etiyolojik faktörlerin birçoğu belirlenebilmişken bir kısmı belirlenememiştir. Temel olarak DH'nin oluşabilmesi için dentinin ağız içine açılmış olması lazımdır. Bunun yanında dentin ağız ortamına açılmamış olsa da bazı dentin tübülleri diş yüzeyine kadar uzanıp ağız ortamına açılmış olup hassasiyete sebep olabilirler (3). Diğer taraftan dentinin ağız ortamına açılmış olduğu her dişte DH oluşmayabilir. Bu durumda açık olan dentin alanı yüzeyinin, kalan dentin tabakası kalınlığının, kök ve kronal dentin durumunun, dentinden geçen ajanın büyüklüğünün, çevredeki dentin varlığının ve pulpayla komşu bölgelerde tamir dentini oluşumunun etkisi büyüktür (36).

Temel olarak dentinin açığa çıkma sebebi mine dokusunun kaybolması, mine-sement bölgesinde dentinin anatomik olarak açıkta kalacak şekilde oluşmuş olması ya da sement dokusunun kaybolmasıyla kök yüzeyinin ağız içine açılmasıyla oluşur (36).

Mine dokusunun kaybolması çoğunlukla abrazyon, erozyon, abfraksiyon, travma ve kapanış bozukluklarına bağlı olarak oluşur. Atrizyon, dişlerin birbirleriyle olan temasları sonucunda oluşur. Parafonksiyonel alışkanlıklar, sert gıdaların çiğnenmesi veya oklüzal uyumsuzluklar sebebiyle meydana gelebilir. Abrazyon, diş etkenlere bağlı olarak dişlerde meydana gelen sert doku kayıplarıdır. Hatalı şekilde diş fırçalama teknikleri ve aşındırıcı oranı yüksek olan diş macunlarının kullanımı abrazyona sebep olabilir. Abfraksiyon, oklüzal yüzeylerden aşırı şekilde gelen kuvvetler sonucunda dişlerin servikal bölgelerinde meydana gelen aşınmalardır. Bruksizm ve oklüzal

parafonksiyonel kuvvetler abfraksiyona sebep olabilirler. Erozyon, beslenmeyle birlikte alınan asitlerin dişlerde kimyasal çözünmeye neden olmasıyla oluşur. Aşırı şekilde tüketilen asitli yiyecek ve içeceklerle birlikte reflü de erozyona sebep olabilir. Ayrıca tüm bunların kombinasyonu da mine dokusunun kaybı oluşabilir (35).

Kök yüzeyinin ağız ortamına açılması diş etinin çekilmesiyle meydana gelmektedir. Diş eti çekilmesi; dişlerin hatalı fırçalanması, diş eti hastalıkları, yaşlanmanın etkisi, ortodontik problemler, alışkanlıklar, şekil bozuklukları ve kapanış bozuklukları gibi sebeplerden dolayı oluşabilir (37). Sert kıllı fırçanın kullanılması, fırçalama esnasında diş aşırı kuvvet uygulama, servikal bölgelere fırçanın hiç değdirilmemesi ya da aşındıracak şekilde abartılı fırçalama yapılması hatalı diş fırçalama sebepleri arasında yer alır (38).

DH periodontitis hastalarında daha sık olarak görülür (39). Periodontal hastalıklar kemik rezorbsiyonu, ataşman kaybı ve dişeti çekilmesi gibi sonuçlara sebep olabilmektedir. Dişeti çekilmesi sonucunda sement ağız ortamına açılır. Açığa çıkan kök yüzeyi sement tabakası supragingival ve subgingival temizlikle birlikte kimyasal ajanlara maruz kalma sonucunda ortadan kalkabilir. Sement tabakası kaybıyla birlikte dentin tübülleri ağız ortamına açılır. Dentin tübüllerindeki sıvı basıncının değişmesi sonucunda hassasiyet oluşur. Ayrıca pH değişimi de DH oluşmasına sebep olabilir (40). Subgingival kök yüzey temizliği, kök yüzeyi düzleştirmesi ya da periodontal cerrahi gibi işlemler sonrası (41) ile birlikte beyazlatma ve restoratif işlemler sonrasında da DH oluşabilmektedir (42).

Mine ve sement gelişimsel olarak %30 oranında servikal bölgede aralarında boşluk kalmadan birleşirler. Sement %60 oranında bir miktar minenin üzerini örterek sonlanabiliyor. % 10 oranında ise mine sement arasında boşluk kalabiliyor. Bunun sonucunda dentin ağız ortamıyla temasa geçiyor ve DH oluşabiliyor. Bu durum kişinin bir ya da birden fazla dişinde, bu dişlerin servikal kısımlarında veya sadece bir bölgesiyle sınırlı olacak şekilde meydana gelebiliyor (43-45).

Dentin kanallarının büyüklüğü ve açıklığı DH'nin oluşmasında önemli rol oynar. DH olan dişlerde birim alandaki dentin tübüllerinin sayısı hassasiyet olmayan dişlerdekine oranla 8 kat daha fazla, dentin tübüllerinin çapı ise yaklaşık 2 kat daha geniş olduğu bildirilmiştir (3, 46).

DH hastalıktan daha çok belirti şeklinde ifade edilir. Çatlak diş sendromu, çürük dişler, kırılmış restorasyonlar veya dişler, dişeti hastalıkları, tedavi sonrası duyarlılık, palatogingival yivler, mine defektleri, konjenital olarak açık kalmış mine-dentin

bağlantısı, yalıtımı tam yapılmamış metalik restorasyonlar, kapanışa bağlı travmalar ve diş beyazlatma tedavileri de DH ile benzer semptomlar ortaya koyabilir (47).

2.3.2. Dentin hassasiyetinin prevelansı

DH kişilerin ağız sağlığına verdikleri önemin artması sonucunda sürekli yükselen bir sıkıntı halini almaktadır. Gelişmişlik seviyesi yüksek ülkelerdeki kişilerin dişlerini ağızlarında daha uzun süre tutabilmek amacıyla gösterdikleri oral hijyen bakımı arttıkça DH oluşma riski de bununla birlikte yükselmektedir (28).

DH'nin prevelansı ile ilgili literatür incelendiğinde çalışmalarda çok çeşitli sonuçlar bildirilmiştir. Yetişkin popülasyonundan elde edilen verilere göre DH prevelansı %8-57 oranları arasında değişmektedir (4). Bu oran bazı verilerde %13-74 arasında değişiklik göstermektedir (48). Kronik periodontal hastalığı olanlarda bu oran %72-98 olarak bildirilmiştir (49). Farklı toplumlar üzerinde yapılan çalışmalarda DH görülme oranı %4-74 arasında saptanmış olup , oranlar arasındaki farkın nedeni olarak çalışmalarda kullanılan farklı teşhis yöntemlerinin, ağız hijyen alışlarının, seçilmiş olan materyallerin ve çalışmaların yapıldığı yerlerin etkili olduğu bildirilmiştir (50).

DH görülme sıklığının kadınlarda erkeklere göre daha fazla oranda görüldüğü bildirilmiştir (48). Bunun sebebi olarak kadınların profesyonel destek almak için diş hekimlerine başvurmaları erkeklere oranla daha fazla olması ve diyet çeşitliliği, asitli yiyecek ya da içeceklerin tüketiminin erkeklerde daha az olması ile açıklanmıştır (51).

Dişlerin bukkoservikal ve kök yüzeyleri en fazla açığa çıkan dentin dokusu alanları olarak bildirilmiştir (52). Dolayısıyla DH dağılımı değerlendirildiğinde en çok dişlerin bukkal yüzeylerinde olduğu görülmüştür (4).

Tablo 2.1. Dentin prevelansı ile ilgili yapılan epidemiyolojik çalışmalar⁵⁰

Araştırmacılar,yıl	Ülke	Yapıldığı yer	Tipi	Kişi sayısı	Prevalans (%)
Jensen,1964	ABD	Üniversite	Klinik	3000	30
Graf ve Glase,1967	İsviçre	Muayenehane	Klinik	351	15
Flynn ve ark. ,1992	İngiltere	Üniversite	Klinik	369	18
Orchardson ve Collins, 1987	İngiltere	Üniversite	Klinik	109	74
Fisher ve ark. ,1992	Brezilya	Üniversite	Klinik	635	17
Murray ve Roberts, 1994	Endonezya	Belirtilmemiş	Anket	1000	27
Murray ve Roberts, 1994	ABD	Belirtilmemiş	Anket	1000	18
Murray ve Roberts, 1994	Japonya	Belirtilmemiş	Anket	1000	16
Murray ve Roberts, 1994	Fransa	Belirtilmemiş	Anket	1000	14
Murray ve Roberts, 1994	Almanya	Belirtilmemiş	Anket	1000	13
Murray ve Roberts, 1994	Avustralya	Belirtilmemiş	Anket	1000	13
Chabanski ve ark. , 1997	İngiltere	Üniversite	Klinik	51	73
Irwin ve McCusker, 1997	İngiltere	Muayenehane	Anket	250	57
Liu ve ark. , 1998	Tayvan	Üniversite	Klinik	780	32
Rees, 2000	İngiltere	Muayenehane	Klinik	3593	4
Taani ve Awartani, 2002	S.Arabistan	Üniversite	Klinik	295	42-60
Clayton ve ark. , 2002	İngiltere	Hava Kuvvetleri	Anket	228	50
Rees ve Addy, 2002	İngiltere	Muayenehane	Klinik	4841	4.1
Rees ve ark. , 2003	Hong Kong	Hastane	Klinik	226	67.6

DH'nin görüldüğü bölgelerin sırası ile kanin dişleri, birinci premolar dişler, kesici dişler, ikinci premolar dişler ve molar dişler olduğu bildirilmiştir (4). Yapılan başka bir çalışmada alt birinci premolar dişlerin ve üst kanin dişlerin DH'nden en fazla etkilenen dişler oldukları belirtilmiştir (53).

2.3.3. Dentin hassasiyetinin oluşum mekanizması

DH'nin oluşum mekanizmasını açıklamak üzere üç farklı teori üzerinde durulmaktadır. Bu teoriler odontoblastik transdüksiyon, nöral ve hidrodinamik teoridir (37).

- **Odontoblastik transdüksiyon teori**

Bu teori 'dentin reseptör mekanizması' olarak da geçmektedir. Bu teori tübül içerisindeki odontoblastik uzantıların dentinde reseptör mekanizması olarak çalıştıklarını iddia etmektedir (34). Kimyasal ve mekanik uyarılar dentin yüzeyine açılan odontoblastik uzantıları uyarmaktadır (54). Bu uyarıların sonucunda nörotransmitter salınır ve uyarılar sinir uçlarına iletilirler. Fakat yapılmış olan çalışmalar odontoblastik uzantıların nörotransmitter salgılarına dair hiçbir kanıt göstermemiştir (50). Ayrıca elektron mikroskobu ile yapılan incelemelerde odontoblastların reseptör olarak çalışabilmeleri için gerekli nitelikleri barındırmadığı bildirilmiştir (55). Bu sebeplerden dolayı günümüzde bu teori kabul görmemektedir.

- **Nöral teori**

Bu teoriye göre termal, kimyasal ve mekanik uyarılar ile dentin tübüllerindeki pulpa ile doğrudan ilişkili olan sinirler uyarılarak ağrının oluştuğu iddia edilmiştir (50). Miyelinsiz sinir liflerinin kök dentini dış tabakalarında bulunması (56) ve bu sinir sonlanma bölgelerinde nörojenik polipeptit varlığı (57) bu teoriyi güçlendirse de dentin yüzeyine bradikinin gibi ağrı oluşturunca maddeler uygulandığında ağrı oluşmaması ya da lokal anestezi solüsyonlarla dentin yıkandığında ağrı yok olmaması (58) gibi nedenlerden dolayı bu teori günümüzde geçerliliğini yitirmiştir.

- **Hidrodinamik teori**

Hidrodinamik teori DH'ni açıklamaya yönelik teoriler içinde günümüzde hala geçerliliğini koruyan teoridir. İlk defa 1900 yılında Gysi ileri sürmüş daha sonra da Brannstrom ve ark. tarafından geliştirilmiştir. Hidrodinamik teorinin temeli, dentin tübüllerinde bulunan sıvının dişe gelen uyarıyla hareket etmesidir. Termal, fiziksel ve ozmotik değişim gibi uyarılar ile dentin tübülleri içerisinde bir sıvı hareketi oluşur. Oluşan sıvı hareketi nedeniyle dentinde basınç değişikliği meydana gelir ve böylece mekanoreseptörler yardımıyla A-δ lifleri uyarılarak keskin bir ağrı oluşur (37, 59). Soğuk uyarılar sonrasında dentin sıvısında hacimce azalma oluşur. Sonrasında dentin sıvısı tübüller içerisinde pulpal uçtan dış kısma doğru hızlı bir şekilde hareket eder. Sıcak uyarılarda, sıvı hacminin artmasından kaynaklı pulpal yönde sıvı akımı oluşur. Ayrıca asit, şeker, tuz gibi yüksek ozmotik uyarılar da dentin sıvısında bir akıma neden olurlar (60).

2.4. Dentin hassasiyetinin tedavisi

DH tedavisine başlanmadan önce doğru teşhisin konması önemlidir. Birçok dental problem DH'yle ile benzer semptomlar gösterebilir. Teşhis için doğru bir klinik muayene ve ayrıntılı bir anamnez ile ağrıya neden olabilecek tüm nedenler elimine edilmelidir. Çürük, pulpitis, çatlak diş, palatogingival oluk, başarısız restorasyonlardaki marjinal sızıntı, beyazlatma tedavisi sonrası hassasiyet gibi pek çok neden ayırıcı teşhis açısından önemlidir (7, 38, 61).

DH tedavisinde birinci aşama olarak etyolojik faktörler belirlenmeli ve ortadan kaldırılmalıdır. Yetersiz diş fırçalaması, erken oklüzal temaslar, diş eti çekilmeleri ve diyetlerle birlikte alınan içsel ve dışsal asitler etyolojik faktörler arasında yer alabilir (58).

DH tedavisinde ikinci aşama olarak hassasiyet giderici ajanlar uygulanabilir. Bu aşamada alternatif birçok seçenek bulunmaktadır(Tablo 2.2.). Buradaki amaç dentin

sıvısının hareketini engellemek için dentin tübüllerini tıkamak veya uyarana verilecek cevabı değiştirmek için sinir duyarlılığını azaltmaktır(7).

Grossman'a göre hassasiyet giderici ajanlar bazı kriterleri içermelidirler (62). Bu kriterler şunlardır;

- Pulpaya zarar vermemeli,
- İşlem esnasında ağrı yapmamalı,
- Uygulanabilirliği kolay olmalı,
- Etkisi hızlı olmalı,
- Uzun süreli etki göstermeli,
- Boyayıcı etkisi olmamalıdır.

Hassasiyet giderici ajanlar uygulanma yöntemlerine göre evde kullanılan ve hekim tarafından ofiste kullanılan ajanlar olarak 2 gruba ayrılabilir. NaF, SrCl₂ ve kalsiyum fosfat gibi etken maddeler içeren diş macunları ve ağız gargaraları evde hastalar tarafından kullanılabilirken, kortikosteroidler, topikal uygulanan iyon ve tuzlar içeren kimyasal uygulamalar, dentin yüzeyine sürülen dentin bağlayıcılar ve yüzey örtücüler, lazerler ve lazer-kimyasal ajan kombinasyon uygulamaları hekim tarafından ofiste uygulanabilir (7, 62-65).

Yapılan uygulamalarla sonuç alınamazsa; bonding ajan ile dentin tübüllerinin kapatılması, DH olan bölgelerin CİS veya kompozit rezin ile restorasyonu, dişeti çekilmesi olan bölgelerin periodontal cerrahi ile tedavisi denenebilir. Bütün bu uygulamalara rağmen sonuç alınamıyorsa ilgili diş kanal tedavisi uygulanabilir.

2.4.1. Dentin hassasiyeti tedavisinde kullanılan ajanlar

DH'nin tedavisinde farklı fiziksel ve kimyasal ajanların kullanımı ve farklı tedavi stratejileri bulunmaktadır (Tablo 2.2.).

Tablo 2.2. DH tedavisinde kullanılan ajanlar

DENTİN HASSASİYETİ TEDAVİSİNDE KULLANILAN AJANLAR

1) SİNİRLERİN DUYARSIZLAŞTIRILMASI

Potasyum Nitrat

2) ANTİENFLAMATUAR AJANLAR

Kortikosteroidler

3) DENTİN TÜBÜLLERİNİN TIKANMASI VEYA ÖRTÜLMESİ

A) Dentin Tübüllerinin Tıkanması

a) İyonlar

Kalsiyum hidroksit

Kalsiyum fosfat

Potasyum oksalat

Florid bileşikleri

Stronsiyum klorid

Biyoaktif camlar

b) Protein Çökelticiler

Gluteraldehit

Gümüş nitrat

Arjinin içeren patlar

c) Kazein Fosfopeptidler

d) Florid İyontoforezi

B) Dentin Örtücüler

Dentin adeziv sistemler ve restoratif materyaller

4) PERİODONTAL CERRAHİ

5) LAZERLER

6) PROTETİK RESTORASYON UYGULANMASI

• Sinirlerin duyarsızlaştırılması

Potasyum Nitrat

Hodosh % 1-15 konsantrasyondaki potasyum nitrat (KNO_3)'ın DH semptomlarını azaltmada oldukça etkili olduğunu iddia etmiştir (66). Etki mekanizması; yüksek miktarlarda uygulanan potasyum tuzları tübüllerin içine birikip sinir fibrillerinin membran potansiyelini düşürerek uyarılabilme özelliklerini azaltmasıyla olduğu

bildirilmiştir (67). Ancak bunun aksine KNO_3 DH'nde sinirlerin inhibisyonuna neden olduklarına dair yeterli kanıtların olmadığı da bildirilmiştir (53).

- **Antiinflamatuvar ajanlar**

- **Kortikosteroidler**

Kortikosteroidlerin peritübüler dentinde remineralizasyon yapması sonucunda tübüleri daraltarak daha az sıvı hareketine neden olup DH'ni azalttıkları bildirilmiştir (68). Fakat kortikosteroidlerin klinik uygulamalardaki geçerliliği halen sorgulanmaktadır (50).

- **Dentin tübüllerinin tıkanması veya örtülmesi**

- ✓ **Dentin Tübüllerinin Tıkanması**

- **İyonlar**

- **Kalsiyum Hidroksit**

DH tedavisinde kullanılan kalsiyum hidroksitin dentin tübüllerini tıkayarak veya peritübüler dentin mineralizasyonunu artırarak etki ettiği öne sürülmüştür (69). Kalsiyum iyonlarının sinirlerin uyarılmasını baskılayarak etki ettiği düşünülmüş fakat sinir liflerinin uyarılmasında farklı bir etkide bulunmadığı belirlenmiştir (70).

- **Kalsiyum Fosfat**

Tükürükte bulunan kalsiyum ve fosfat iyonları çökerek remineralizasyon sağlarlar. Florid verniklere bu iyonlar eklenerek florid aracılı remineralizasyon sağlamak amacıyla amorf kalsiyum fosfat (ACP) geliştirilmiştir (71). Floridle birlikte ACP florapatit kristalleri oluşturarak dentin tübüllerini tıkayarak DH'nde etkili olur (72).

- **Potasyum Oksalat**

Oksalat bileşikleri kalsiyum iyonları ile reaksiyona girerek çözünmeyen kalsiyum oksalat kristallerini oluşturur. Oluşan bu kristaller dentin tübüllerini tıkayarak tübül içi sıvı akışını ve böylelikle uyarının sinir reseptörlerine ulaşımına engel olur (73).

- **Florid Bileşikleri**

Sodyummonofluorofosfat, kalay florid (SnF_2) ve sodyum florid (NaF) DH tedavisinde kullanılan florid bileşiklerindendir. Dış yüzeyine uygulanan floridlü bileşikler kalsiyum florid kristalleri şeklinde dentin tübüllerine çökerek dentin geçirgenliğini azaltır (4).

Sodyum floridin dentin yüzeyine uygulanmasıyla dentin sıvısının kalsiyum ve fosfat iyon konsantrasyonu artar, oluşan kalsiyum florid kristalleri dentin tübüllerine

çökerek çaplarını azaltır ve uyarı iletimini engelleyerek hassasiyeti önler (7). NaF kristallerinin ağız içi sıvılarla kolayca çözülmesinden dolayı ve kristal büyüklüklerinin 0.05 µm kadar olması sebebiyle tek seferlik sodyum florid uygulaması dentin tübüllerini tıkamada yetersiz kalır, birkaç kez uygulanması gerekmektedir (74).

Kalay floridin etki mekanizması sodyum flüorüre benzer şekilde dentin tübüllerine çökerek tübül ağzlarını tıkama şeklindedir (52). SEM çalışmalarında kalay floridün dentin yüzeylerinde çözünmeyen kristaller oluşturduğu gösterilmiştir (75).

Stronsiyum Klorid

Kalsifiye dokuların güçlü bir şekilde stronsiyumu absorbe ettiği bilinmektedir. Stronsiyum dentin kalsiyumu ile yer değiştirerek yeniden kristalleşir ve tortu tabakası halinde stronsiyum apatit kompleksi meydana getirir. Bu tabakanın derinliğinin 20 µm'ye kadar artabileceği belirtilmiştir (74). Stronsiyum ile florid birlikte uygulandıklarında aralarında reaksiyon gelişebilir ve etkinliği azalabilir. Bunun önüne geçebilmek için florid kombinasyonlarında stronsiyum asetat tercih edilir (76, 77). $SrCl_2$ diş macunları içinde sıklıkla kullanılmaktadır ve DH'ni %30-80 oranında hafiflettiği bildirilmiştir. Ayrıca plasebo etkisinin %20-25 oranında olduğu bildirilmiştir (78).

Biyoaktif Camlar

Ortopedik tedavilerde implant ile kemik arayüzünde yeni kemik oluşturma hedefiyle geliştirilmiş materyallerdir (79). DH tedavisinde kullanılan biyoaktif cam novamin (Kalsiyum-sodyum fosfosilikat) adı verilen ve temel bileşeni silika olan bir materyaldir. Silika etrafına çöken kalsiyum ve fosfat iyonlarının dentin tübüllerine nüfuz edip remineralizasyon sağlamasıyla hassasiyeti giderdiği bildirilmiştir. Bununla birlikte SEM ile alınan görüntülerde dentin tübülleri içinde apatit kristalleri olduğu görülmüş ve böylece sıvı akımını engelleyip DH'ni azalttığı bildirilmiştir (8).

✓ Protein Çökelticiler

Gluteraldehit

Gluteraldehit ($C_5H_8O_2$) dentin sıvısı içinde bulunan serum albümini ile reaksiyona girer. Bunun sonucunda pıhtılaşma oluşur ve tübül ağzlarına çökerek hassasiyetin azalmasına yardımcı olur. Fakat monomerler sıkı olmayan bu protein çökeltilerinden geçebilirler. Bu sebeple rezin içerikli bir materyalle kullanılmaları tavsiye edilmiştir (80). Kuvvetli fiksatif etkisinden dolayı yumuşak dokuyla temasını

engellemek amacıyla izolasyonun etkili bir şekilde yapılması gerektiği bildirilmiştir (50).

Gümüş nitrat

Gümüş nitrat (AgNO_3) etkisini, protein çöktirlerini odontoblastların uzantıları üstüne yapması sonucu dentin kanallarını kısmen kapatarak gösterir (81). Ancak oluşan gümüş tuzları dentinden pulpaya geçerek pulpada enflamasyon oluşturabilmekte, uygulanan yüzeyde renk değişimine sebep olabilmekte ve dişetine zarar verebilmektedir (82). Bu nedenlerden dolayı geçmişte DH tedavisinde kullanılan gümüş nitrat günümüzde tercih edilmemektedir.

Arginin içeren patlar

Arginin amino asidi ve kalsiyum karbonat tükürük içerisinde doğal olarak bulunurlar. Ev ve ofis kullanımı için birleştirilerek pro-Arginin teknolojisi geliştirilmiştir (83). Arginin tükürükte bulunan pozitif yüklenmiş amino asittir. Arginin ile kalsiyum karbonat fizyolojik pH derecesinde etkileşime girerler. Negatif yüklü dentin yüzeyine yapışarak dentin yüzeyinde ve dentin kanallarının içinde kalsiyum içeriğinden zengin bir tabaka oluşturur. Oluşan tabaka dentin tübüllerini daraltarak etki gösterir. Böylece dentin sıvısının hareketini engeller (61, 83). Hassasiyet bulunan dişlere %8 arginin-kalsiyum karbonat içerikli pat uygulamasından hemen sonra hassasiyetin azaldığı ve bir defa uygulama sonrası etkinin 28 gün süreyle etkili olduğu bildirilmiştir (83).

➤ Kazein fosfopeptitler

Kazein süttten üretilen bir proteindir. ACP'nin geliştirilmesi kalsiyum ile fosfat iyonlarının etkileşim olmaksızın iki fazlı salınım yoluyla kullanılması esasına dayanır (71). ACP'nin ağız içinde kullanılması amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda ACP ve kazein fosfopeptit (CPP) bileşimi meydana gelmiştir. Bu bileşim florid varlığında sinerjik etki gösterir (84). Asidik ortamlarda CPP-ACP, bağlı olmayan kalsiyum ve fosfat iyonlarını tamponlar ve plak içindeki kalsiyum-fosfat seviyesi yükselir. Böylece mine demineralizasyonu önlenerek remineralizasyon arttırıldığı bildirilmektedir (9, 85). Bununla beraber hidroksiapatit kristalleriyle birleşerek mine ve dentinde remineralizasyon için kalsiyum ve fosfat kaynağı oluşturup dentin tübüllerinin tıkanmasını sağlayabilirler (86).

➤ Florid iyontofarezi

Flor İyontoforez yöntemi iyonların doku içerisine girmelerini sağlamak için düşük amperli elektrik akımından faydalanmaktadır. Bu yöntemle dentin kanallarında flor

iyonunun konsantrasyonu artarak CaF₂ birikmesi sağlanır. Böylece dentin kanalları tıkanır ve DH sorunu ortadan kalkar (87, 88).

✓ **Dentin Örtücüler**

Dentin Adeziv Sistemler ve Restoratif Materyaller

Rezinler ve dentin adeziv sistemler hidrodinamik uyarıların pulpal sinir kompleksine ulaşmasını önlemek için ince bir film tabakası oluşturarak açık olan dentin tübüllerini örter (89). Adeziv ve rezinler DH tedavisinde genel olarak etkilidir ama kırılmalar ve aşınmalar sonucunda dentin tübülleri tekrar açığa çıkabilmektedir. Bu yüzden daha çok lokalize DH tedavisinde kullanılmaktadır (52). İnvaziv olmayan tüm tedavi yöntemleri DH için yeterli etkinlik gösteremediği takdirde restoratif tedaviler uygulanabilir. CİS'lar florid salma ve dentin ve mineye bağlanma özelliklerinden dolayı servikal lezyonlarda kullanılmaktadır (90). Bu özelliklerinden dolayı CİS'lar DH tedavisinde restoratif materyal olarak kullanılabilir. Resin kompozit, CİS veya resin kompozit ile kombine CİS uygulamaları sonrasında uyaranlara karşı DH'nin anlamlı bir şekilde azaldığını bildirilmiştir.

• **Periodontal Cerrahi**

Periodontal cerrahi teknikleri DH tedavisinde dişeti çekilmesi sonrası açığa çıkmış dentin yüzeylerini kapatmak için uygulanabilmektedir. Bu amaçla kullanılan teknikler koronale kaydırılan flep, laterale kaydırılan flep, serbest gingival greftler ve bağ dokusu greftleridir. Bu teknikleri uygulamadan önce defekt tam olarak belirlenmeli ve iyi bir planlama yapılmalıdır. Genellikle ilk tedavi seçenekleri değildir ve yumuşak doku grefti uygulama sonrasında DH'nin azaltılıp azaltılamayacağı öngörülür değildir (50).

• **Lazerler**

Lazerin DH tedavisindeki etkinliği; lazerin tipi, lazer ışınının uzunluğu, uygulanma şiddeti ve süresi gibi faktörlere bağlı olarak DH'ni gidermede % 5-100 arasında değişen oranlarda etkili olduğu çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir (63, 91, 92). 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 gibi mekanizmalarla lazerlerin DH'ni gidermedeki etkinlikleri öne sürülmüştür (87, 93, 94). DH tedavisinde Helyum-Neon (He-Ne), Galyum-Alüminyum-Arsenid (GaAlAs), Nd:YAG (Neodimium: Yttrium-Aluminum-Garnet), Er:YAG (Erbium: Yttrium-Aluminum-Garnet) ve karbon- dioksit (CO₂) lazerler kullanılmıştır (50, 95). DH'nin giderilmesinde lazer uygulamaları ciddi

bir potansiyel kaynağıdır. Fakat güvenilirliklerinin ispatlanması için daha ileri araştırmaların yapılması önerilmektedir (96).

2.5. DH giderici ajan etkinliği değerlendirme yöntemleri

DH teşhisinde hava spreyiyle hava uygulama, soğuk testi ve sond ile muayene en fazla kullanılan metotlardır. Fakat bu uygulamalardan çıkan sonuçlar sübjektiftir. Kişinin psikolojisi, sosyo-kültürel faktörleri, korku ve anksiyetesi verilen cevapları etkileyebilmektedir. Alınan cevapların objektif bir şekilde değerlendirilebilmesi için Görsel Karşılaştırma Skalası (Visual Analog Scale/VAS) ve Sözel Değerlendirme Skalası (Verbal Rating Scale/VRS) geliştirilmiştir. VAS 10 cm uzunluğunda düz bir ölçekten oluşur. Ölçeğin sol ucunda 0 bulunur ve 'ağrı yok' anlamına gelir. Sağ ucunda ise 10 bulunur ve 'dayanılmaz ağrı' anlamına gelir. VRS'de ise hasta Ağrı yok=0, Hafif ağrı=1, Şiddetli ağrı=2 ve 10 saniyeden uzun süreli aşırı şiddetli ağrı=3 şeklinde tanımlamalardan birini seçer. VAS, VRS'ye göre daha detaylı bir ağrı tanımı sunabilmektedir.

DH giderici ajanın etkinliğini değerlendiren laboratuvar yöntemlerinden biri SEM yöntemidir. SEM ile yüzey yapısında ve dentin kanallarında meydana gelen değişiklikler değerlendirilebilir. Elde edilen görüntüler, görüntü analiz programı ImageJ ile açık dentin tübüllerinin alanı ve açık dentin tübüllerinin çap ortalaması açısından değerlendirilir. Bilgisayarlı Sıvı Filtrasyon cihazı ile yapılan ölçümler bir başka laboratuvar yöntemidir. Bu yöntem, sistemde oluşturulan hava baloncuğunun hareketinin lazer diodlar tarafından takip edilmesine dayanır. Bu şekilde görsel okumaya bağlı hatalar ve bireysel farklılıklar ortadan kaldırılmış olur. Diğer bir DH giderici ajan etkinliği değerlendirme yönteminde ise Mikro-BT kullanılır. Bu yöntemde örneklerle zarar vermeden mikro-BT ile kesitler alınır. Kesitlerden alınan görüntüler bilgisayar programları kullanılarak karşılaştırılır ve örneklerde meydana gelen mineral değişiklikleri bulunur.

2.6. Mikro bilgisayarlı tomografi (mikro-BT) görüntüleme tekniği

Geleneksel bilgisayarlı tomografinin düşük çözünürlüğü diş gibi küçük örneklerin rekonstrüksiyonu için yetersiz gelmektedir. Mikro-BT ile vertikal çözünürlük kapasitesi 100-200 μm 'ye yükselmiştir. Son zamanlarda çözünürlük 81 μm 'ye daha sonra 36-68 μm 'ye ve 25-15 μm 'ye kadar yükseltilmiştir. Şimdi ise 10 μm çözünürlüğün altına indirilmiştir (97).

Üç boyutlu (3B) mikro-BT analizleri örneğe zarar vermeden gerçekleştirip veri kaybına neden olmayan bir yöntemdir. Bu yöntemle genelde sert dokuların rekonstrüksiyonu değerlendirilmiştir (98). Dişler, kemikler, dental implantlar ve dental restorasyon gibi yapıların mikro-BT ile taranıp 3B rekonstrüksiyon ile modellenmesi tam ve kesin veriler elde etmemizi sağlar. Bütün diş yapıları yoğunluk değerlerine göre farklı gri tonlarda ve farklı piksel değerlerinde görülebilmektedir (99, 100).

Mikro-BT’de örnek etrafında tarayıcının hareketi ile görüntüler oluşturulur. Bu görüntüler kamera ile bilgisayara aktararak elde edilir. Programlar kullanılarak küçük kesitler oluşturulur ve daha sonra birleştirilir. Bu şekilde 3B görüntü elde edilir. Bilgisayarlı X ışınlı tomografi ve mikro-BT temelde aynı prensibe göre çalışırlar (100).

Diş ve kemik gibi mineralize dokular, polimerler, biyomateryaller gibi birçok materyalin analizi mikro-BT ile yapılabilmektedir. Yumuşak dokuların analizi ise kontrast madde uygulanarak yapılabilmektedir. Bu sistemle yeni nesil cihazların yardımıyla canlı deney hayvanlarında in vivo görüntüleme yapılabilmektedir (100, 101). Diş hekimliğinde dental dokuların ölçümlerinde, kök kanal yapısının incelenmesi ve preparasyonun değerlendirilmesinde, kemik gelişimi ve tamirinin değerlendirilmesinde, mineral yoğunluğunun değerlendirilmesinde, implant ve komşu kemiğin değerlendirilmesinde kullanılabilir (102).

2.6.1. Mineral yoğunluğunun ölçümü

Diş ve kemik dokuları gibi kalsifiye dokuların mineralizasyon derecelerinin anlaşılmasında mineral yoğunluğunun doğru şekilde ölçülmesi önemli bir yer tutar. Direkt kimyasal yöntemler, taramalı elektron mikroskobu, lazer taramalı mikroskop gibi yöntemler mineral yoğunluğunu ölçmede kullanılabilen yöntemlerdir. Fakat kesit alma ve uzun süren analiz işlemleri gerektirmektedir. Bununla birlikte numune preparasyonlarındaki bozulmalar zamansal değişimlerin değerlendirilmesine engel olmaktadır (103).

Hidroksiapatit-rezin fantomlar mikro-BT ile mineral yoğunluğunun ölçülmesinde kalibrasyon için kullanılır. Bu fantomlar ticari mikro-BT üreticileri tarafından sunulmaktadır. Temel prensip olarak fantomların ve esas numunenin tarandığı x ışınının indirgemesi ve çevre doku ve su birbiri ile uyumlu olmasıdır (102, 103).

Efeoğlu ve ark. karbamid peroksit ile yapılan beyazlatma tedavisinin diş dokularında oluşturduğu demineralizasyon miktarını ölçmek için mikro-BT’den faydalandılar (104). Huang ve arkadaşları sağlam mine, opak mine lezyonu ve dentin

çürüğünün mineralizasyon miktarlarını değerlendirmede mikro-BT kullandılar (105). Hamba ve arkadaşları da farklı pat ve solüsyonların mine demineralizasyonunu inhibe etmedeki etkinliklerini karşılaştırmak için mikro-BT kullandılar (106).

2.6.2. Materyallerin internal yapısının değerlendirilmesi

Protezlerin başarısında ölçü materyallerinin yapısı önemlidir. Ölçünün ve elde edilecek modelin netliğini poröziteler etkiler. Hamilton ve arkadaşları farklı karıştırma yöntemlerinin aljinat içerisindeki hava kabarcığı miktarına etkisini mikro-BT ile yaptıkları çalışmada değerlendirmişlerdir (107).

Kompozit materyallerin büzülmesinde ve interfasiyal aralığın direkt olarak ölçülmesinde kullanılan teknik zordur ve kesit alınmalıdır (108, 109). Yüksek çözünürlüklü topografik tekniklerle materyallerin internal yapısını materyale zarar vermeden incelenebilir. Yapısal unsurların uzaysal lokalizasyonları net şekilde izlenebiliyorsa polimerizasyon büzülmesi monitörize edilebilir (110, 111). Cho ve arkadaşları hazırladıkları kavitelere zirkonyum oksit doldurucu içeren kompozit materyali uygulayarak polimerizasyon öncesinde ve sonrasında mikro-BT görüntülerini elde etmişler ve doldurucu hareketinden yola çıkarak büzülme ve polimerizasyon derecelerini belirlemişlerdir (112).

2.6.3. Kök kanal morfolojisinin değerlendirilmesi

Kök kanal sisteminin morfolojisinde birçok kök apikal kanal dallanmaları, istmuslar ve lateral kanallar gibi düzensizlikler bulunmaktadır. Klinisyen için kök kanal sistemlerinin 3B morfolojik özelliklerini bilmek başarı için önem teşkil eder. Geleneksel radyografi ile iki boyutlu bilgi elde edilebilmektedir. Kök kanal sistemlerinin morfolojisini incelenmesinde kullanılan geleneksel *in vitro* yöntemler örneklerde geri dönüşümü olmaya değişikliklere sebep olurlar. Bilgisayarlı tomografi kök kanal morfolojisini araştırmak için kullanılan invaziv olmayan bir yöntemdir, ancak geleneksel bilgisayarlı tomografi ile elde edilen kesit kalınlığı fazladır ve dolayısıyla görüntülerin çözünürlükleri azalmaktadır. Kök kanal morfolojisinin araştırılması mikro-BT'nin başlıca kullanıldığı alanlardan bir tanesidir. Kök kanal morfolojilerini belirlemek için seçilen örnekler mikro-BT tarayıcısı ile taranır ve özel yapılandırma programı kullanılarak 3B olarak tekrar oluşturulur. Yeniden yapılandırılan görüntüler üzerinden kanal morfolojileri izlenebilmektedir. Peters ve ark. dört farklı nikel-titanyum (Ni-Ti) şekillendirme sisteminin üst azı dişlerin kanal hacmi ve yüzey alanı üzerine etkisini mikro tomografi ile değerlendirmişlerdir (113). Moore ve ark. üç şekillendirme

tekniki ile şekillendirme işleminden sonra apikal üçludaki morfolojik değişiklikleri mikro-BT ile belirlemişlerdir (114).

2.6.4. İmplant ve implant çevresindeki kemiğin değerlendirilmesi

Dental implantlar ile sadece iki boyutlu görüntüler elde edilebilir. Ancak, mikro-BT ile implant yapımından sonra kemiğe zarar vermeden kemik biyomekaniği ve sert doku iyileşmesi ile ilgili 3B bilgiler elde edilebilir (115). Başarılı bir implant uygulamasının değerlendirilmesi implant-kemik ara yüzündeki osteointegrasyon ile ölçölür. Bu değerlendirme histomorfometrik analiz ile yapılabilir fakat destrüktif olan bu yöntem aynı örneğin başka bir değerlendirmede kullanılmasına engel olur (102). Son yıllarda implant ve çevresindeki kemiğin incelenmesinde mikro-BT yöntemi sıklıkla kullanılmaya başlamıştır. Mikro-BT yöntemi ile kortikal ve trabeküler kemik yıkıcı olmayan, güvenilir ve hızlı bir şekilde değerlendirilebilmektedir (116).

2.6.5. Mine kalınlığının ölçölmesi

Mine kalınlığının ölçölmesinde günümüze kadar birçok yöntem kullanılmıştır ve fiziksel kesit alma yöntemi de bunlardan biridir. Bilgisayarlı tomografide çözünürlüğün düşük ve kalitesiz olmasından dolayı istenilen sonuçlar elde edilememiştir (117). Mikro-BT yöntemi ise mine kalınlığının ölçölmesinde destrüktif olmayan etkili bir yöntemdir (118). Mikro-BT ile fiziksel kesit alma yönteminin karşılaştırıldığı bir çalışmada sonuçlar mikro-BT'nin dişin hem iç hem de dış yapısının gözlemlenmesinde güvenilir bir yöntem olduğunu bildirmiştir (117).

3. MATERYAL VE METOT

Çalışmamız “İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu” tarafından alınan 02.04.2019 tarih, 2019/7-14 karar sayılı onay ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalında çekilmiş 40 adet çürüksüz insan daimi molar dişlerinden elde edilen dentin diskleri kullanılmıştır. Yapılan power analizinde $\alpha=0.05$, $1-\beta(\text{güç})=0.80$ alındığında; mineral yoğunluğundaki ortalama farklılığın 1.58 birim olması için her bir gruptan 10’ar örneğin alınması gerektiği hesaplandı.

3.1. Örneklerin hazırlanması

Çekilen dişlerin tüm organik ve inorganik eklentileri periodontal küret yardımıyla akan su altında uzaklaştırıldıktan sonra $+4^{\circ}\text{C}$ ’de distile su içinde saklandı. Hassas kesme cihazı ile dişlerin köle bölgelerinde kron ve kök dentinini içerecek şekilde dentin diski elde etmek için dişin kron ve kök kısımları su eşliğinde kesildi (Şekil 3.1). Hazırlanan dentin disklerinden mine ve pulpa boynuzu alanları uzaklaştırıldı.



Şekil 3.1 Kron ve kök kısımları kesilmiş diş

Bu dentin diskleri, uygulanacak işlemlere kolaylık sağlaması amacıyla silindirik kalıplarda soğuk akriliğe (Şekil 3.2; Takilon, cold-curing dental polymer, Rodont, İtalya) labial yüzeyleri dışarıda kalacak şekilde gömüldü (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. Soğuk akrilik



Şekil 3.3. Silindir bloklara gömülmüş numune

Dentin yüzeylerini açığa çıkarmak amacıyla diskler sırasıyla 300 ve 600 gritlik silikon karbit zımparalar (Fuji Star, Sankyo Rikagaku, Saitama, Japonya) ile su altında manuel olarak düzeltildi (Şekil 3.4). Oluşan smear tabakası kaldırıp dentin tübül ağzılarını açmak için tüm örnekler 5 dk boyunca %1'lik sitrik asit uygulandı.



Şekil 3.4. Zımpara ile yüzeyleri düzeltilmiş numune

Gömülü dentin disklerinin kenar kısımları tırnak cilası (Şekil 3.5; Nail polish, MHS Studio, Türkiye) ile kapatılıp 2x4 mm boyutunda pencere şeklinde dentin yüzeyi boşlukları hazırlandı (Şekil 3.6).



Şekil 3.5. Tırnak cilası



Şekil 3.6. Tırnak cilası ile 2x4 mm boyutunda pencere şeklinde hazırlanan dentin yüzeyi boşlukları

Daha sonra numuneler deiyonize su ile yıkanıp temizlendi. Her bir numune ayrı kaplarda olmak üzere deiyonize su içinde muhafaza edildi.

3.2. Grupların oluşturulması

Hazırlanan 40 adet dentin diski her grupta 10'ar tane (n=10) olmak üzere rasgele 4 gruba ayrıldı.

Grup 1: Enamelast (Enamelast 5% Sodium Fluoride Varnish; Ultradent; Utah, ABD)

Grup 2: Nupro Sensodyne Paste (Nupro; Dentsply; York; PA; ABD)

Grup 3: Tooth Mousse (GC Tooth Mousse; GC; Tokyo; Japonya)

Grup 4: Colgate Sensitive Pro-Relief Desensitizing Paste (Colgate Sensitive Pro-Relief Desensitizing Paste ;Colgate; New York; ABD)

3.3. Birinci mikro-BT taraması

Deiyonize su içinde muhafaza edilen dentin diskleri hava-su spreyi ile hafifçe kurutuldu. Kurutulan numunelerin tarama esnasında tüp içerisinde hareket etmemesi için tüp içerisinde sabitlenerek (Şekil 3.7) mikro-BT (Şekil 3.8; Skyscan 1172; Bruker micro-CT, Kontich, Belçika) cihazının numune tutucusuna yerleştirildi. Daha sonra cihazın kapağı kapatıldı ve cihaz içindeki kamera yardımıyla örneğin konumu kontrol edildi. Herhangi bir hassasiyet giderici ajan uygulanmadan önce mikro-BT ile birinci taramaları yapıldı. Dentin diskleri birinci tarama işlemlerinin ardından tekrar deiyonize su içinde muhafaza edildi.



Şekil 3.7. Tüp içerisinde sabitlenmiş numune



Şekil 3.8. Mikro bilgisayarlı tomografi cihazı

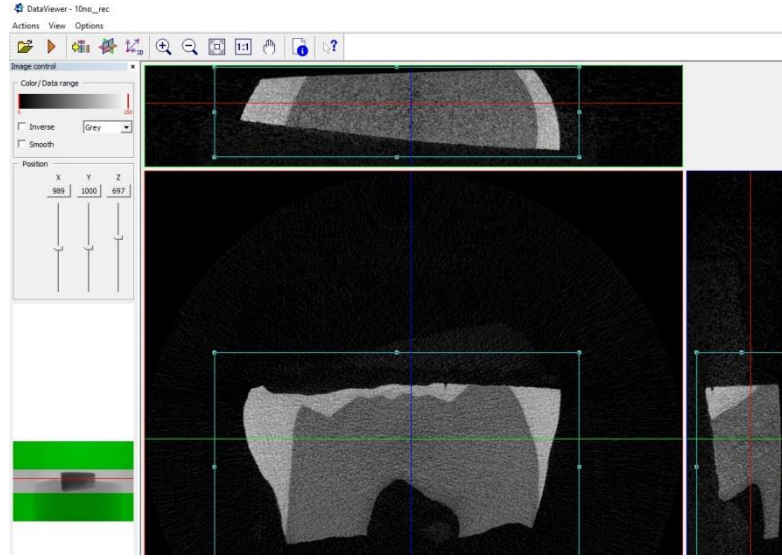
Her taramada sadece tek bir dentin diski tarandı. Her numunenin taranmasında aynı tarama parametreleri kullanıldı. Cihazın tarama parametreleri tabloda verilmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Mikro bilgisayarlı tomografi tarama parametreleri

Parametreler	
Kv	100
Amper	100
Çözünürlük (μ)	8.89
Dönme adımı	0.500
Frame Averaging	2
Rotasyon	360derece
Işınlama zamanı (dk)	49:14
Filtre	Alüminyum+Bakır

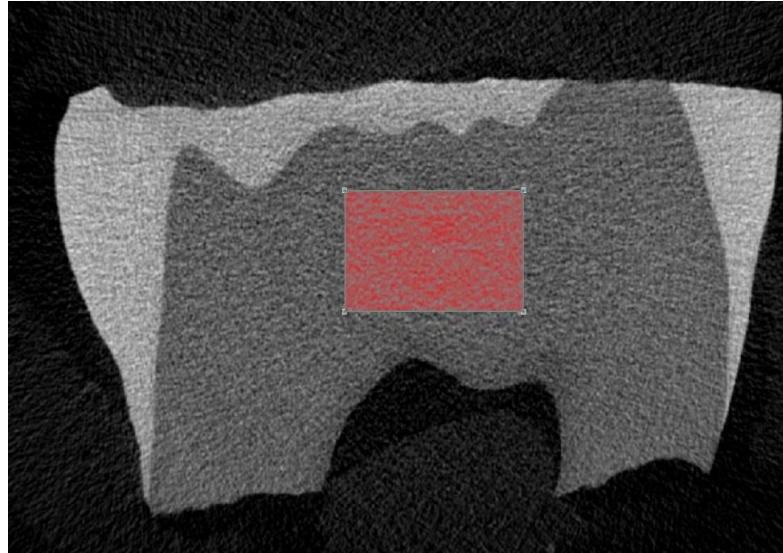
Elde edilen görüntüler TIFF (Tagged Image File Format) formatıyla kaydedildi. Bu görüntüler NRecon rekonstrüksiyon yazılımı (v.1.6.10.5. Skyscan, Kontich, Belçika) kullanılarak 290-300 kesit oluşturulacak şekilde rekonstrükte edildi. NRecon programında ilgi alanı (ROI; region of interest) daire seçildi. Seçilen görüntüler TIFF formatından BMP (Bitmap) formatına çevrildi.

3B görüntüleme ve analiz için pencere şeklindeki dentin alanı DataViewer (Skyscan, Kontich, Belçika) programı (v.1.5.2.7.) yardımı ile seçildi. DataViewer ile analizi ve karşılaştırılması yapılacak örnekler düzlem üzerinde ayarlandı ve veri boyutları küçültüldü (Şekil 3.9.). Elde edilen veriler tekrar kaydedildi.



Şekil 3.9. DataViewer programında görüntü üzerinde ayarlar

Kaydedilen görüntüler CT analyser (CTAn; Skyscan, Kontich, Belçika) programında (v1.16.4.1.) açıldı. CTAn programında açılan ham görüntü sayfasında kesitler üzerinde hesaplama için örnek üzerinde o bölüm seçildi (Şekil 3.10.). Bu programda pencere şeklindeki dentin alanı ‘region of interest’ sayfasında ROI içerisine alındı.



Şekil 3.10. CTAn programında seçilen ilgi bölgesi

Daha sonra CTAn programında görüntülerin 3B analizi yapılması için gerekli bölümler açıldı. Ölçüm yapılabilmesi için değerlendirilecek materyalin düzeltilmiş tresholding değerleri girildi. Bu değerlere göre ölçüm yapıldı.

Yoğunluk hesaplamasında 0.25 ve 0.75 yoğunluk değerlerine sahip 2 farklı fantom çubuğu mikro-BT cihazının içinde örnekler ile aynı parametrelerde su dolu bir numune içerisinde tarandı. Her bir fantom çubuğu ayrı ayrı ilgi alanı içine alınarak yoğunluk değerleri kaydedildi. Daha sonra taranan örnekler CTAn programında tekrar açıldı ve yoğunluk değerleri hesaplandı.

Birinci mikro-BT taramalarından sonra tüm numunelere hassasiyet giderici ajanlar üretici firma talimatlarına uygun olarak uygulandı.

3.4. Hassasiyet giderici ajanların uygulanması

Hazırlanan grup 1 dentin diskleri hassasiyet giderici ajan (Enamelast 5% Sodium Fluoride Varnish; Ultradent; Utah, ABD) uygulanmak amacıyla gazlı bez ile silindi ve hava su spreyi ile kurutuldu (Şekil 3.11.). Blister paketler halinde olan ajan açılarak hafifçe karıştırıldı. Uygulama fırçası yardımıyla boyama hareketleriyle ince düz bir tabaka halinde dentin disklerine uygulandı. Uygulama yapılan diskler her biri ayrı bölmelerde olmak üzere deiyonize su içinde saklandı.



Şekil 3.11. Enamelast (% 5 Sodium Florid Vernik; Ultradent; Utah, ABD)

Hazırlanan grup 2 dentin diskleri hassasiyet giderici ajan (Nupro; Dentsply; York; PA; ABD) uygulanmak amacıyla hava su spreyi ile hafif basınçla kurutuldu (Şekil 3.12). Yeterli miktarda ajan mikromotor kullanılarak yavaş hızda bir lastik yardımıyla 1 dk süreyle uygulandı. Daha sonra deiyonize su ile yıkandı.



Şekil 3.12. Nupro (Nupro; Dentsply; York; PA; ABD)

Hazırlanan grup 3 dentin diskleri hassasiyet giderici ajan (GC Tooth Mousse; GC; Tokyo; Japonya) uygulanmak amacıyla hava su spreyi ile hafif basınçla kurutuldu (Şekil 3.13). Hassasiyet giderici ajan mikromotor ile düşük hızda 30 saniye boyunca uygulandı. Uygulama sonrasında deiyonize su ile yıkandı.



Şekil 3.13. Tooth Mousse (GC Tooth Mousse; GC; Tokyo; Japonya)

Hazırlanan grup 4 dentin diskleri hassasiyet giderici ajan (Colgate Sensitive Pro-Relief Desensitizing Paste ;Colgate; New York; ABD) uygulanmak üzere hava spreyi ile hafifçe kurutuldu (Şekil 3.14). Hassasiyet giderici ajan mikromotor ile düşük hızda 30 saniye boyunca uygulandı. Uygulama sonrasında deiyonize su ile yıkandı.



Şekil 3.14. Colgate Sensitive Pro-Relief (Colgate Sensitive Pro-Relief Desensitizing Paste; Colgate; New York; ABD)

Hassasiyet giderici ajan uygulanan tüm dentin diskleri bir gün süreyle yapay tükürükte bekletildi. Sonrasında her biri ayrı ayrı bölmelerde olmak üzere deiyonize su içinde saklandı.

3.5. İkinci mikro-BT taraması

Deiyonize su içinde muhafaza edilen dentin diskleri hava-su spreyi ile hafifçe kurutuldu. Kurutulan numunelerin tarama esnasında tüp içerisinde hareket etmemesi için tüp içerisinde sabitlenerek mikro-BT cihazının numune tutucusuna yerleştirildi. Daha sonra cihazın kapağı kapatıldı ve cihaz içindeki kamera yardımıyla örneğin konumu kontrol edildi. İkinci taramalar yapıldı ve tarama işlemlerinin ardından tekrar deiyonize su içinde her biri ayrı ayrı bölmelerde olmak üzere muhafaza edildi.

Her taramada sadece tek bir dentin diski tarandı. Her numunenin taranmasında birinci taramada kullanılan parametreler tekrar edildi.

3.6. Demineralizasyon

İkinci tarama işleminden sonra dentin diskleri demineralize edici çözeltide bekletildi. Demineralize edici çözelti, 10M KOH ile pH 5.0'a ayarlanmış 2.2mM CaCl₂, 2.2 mM KH₂P0₄ ve 50mM asetik asit içeriyordu. Her örnek, 3 saat boyunca 37°C'de 10 ml demineralize edici çözeltide ayrı ayrı bölmelerde olmak üzere bekletildi. Örnekler daha sonra demineralize edici çözeltiden çıkarıldı ve mikro-BT taraması için deiyonize su ile durulandı her biri ayrı ayrı bölmelerde olmak üzere muhafaza edildi.

3.7. Üçüncü mikro-BT taraması

Deiyonize su içinde muhafaza edilen dentin diskleri hava-su spreyi ile hafifçe kurutuldu. Kurutulan numunelerin tarama esnasında tüp içerisinde hareket etmemesi için tüp içerisinde sabitlenerek mikro-BT cihazının numune tutucusuna yerleştirildi. Daha sonra cihazın kapağı kapatıldı ve cihaz içindeki kamera yardımıyla örneğin konumu kontrol edildi. Üçüncü taramalar yapıldı ve tarama işlemlerinin ardından tekrar deiyonize su içinde muhafaza edildi.

Her taramada sadece tek bir dentin diski tarandı. Her numunenin taranmasında birinci taramada kullanılan parametreler tekrar edildi.

3.8. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi

SEM analizi İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi 'nde gerçekleştirildi.

Her gruptan rastgele seçilen bir dentin diskinin yüzeyi hassasiyet giderici ajan uygulanmadan önce, hassasiyet giderici ajan uygulandıktan sonra ve demineralize edici solüsyonda bekletildikten sonra yüzey kaplama cihazında (Bal-tec SCD 050 sputter coater, Los Angeles, California, A.B.D.), (Şekil 3.15.) altın-paladyum ile kaplandı (Şekil 3.16.).



Şekil 3.15. Yüzey kaplama cihazı (Bal-tec SCD 050 sputter coater, Los Angeles, California, A.B.D.)

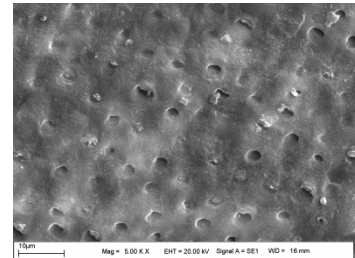
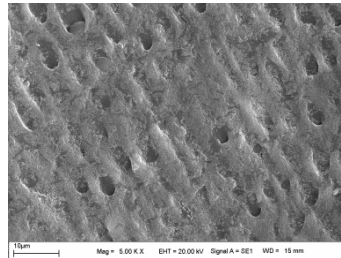
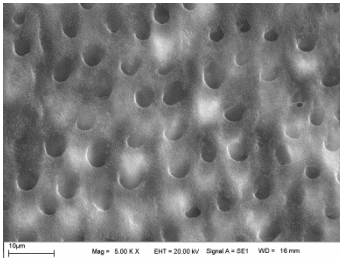


Şekil 3.16. Yüzeyi altın-paladyum ile kaplanmış numune

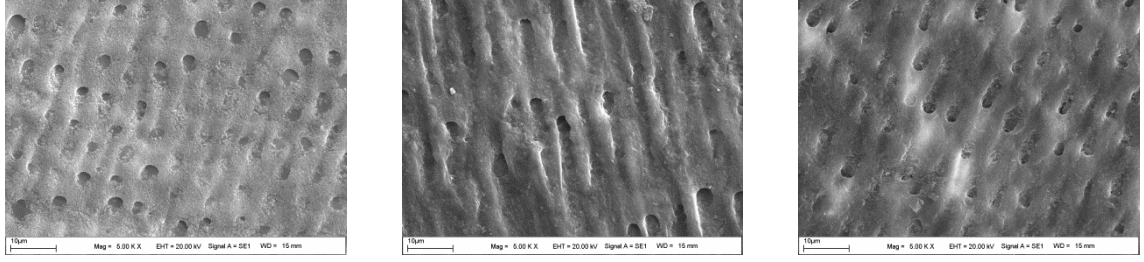
Hazırlanan dentin diskleri x5000 büyütme oranında SEM cihazı (Leo-Evo 40, Zeiss, İngiltere), (Şekil 3.17) ile incelenerek mikro fotoğraflar çekildi (Şekil 3.18, Şekil 3.19, Şekil 3.20, Şekil 3.21).



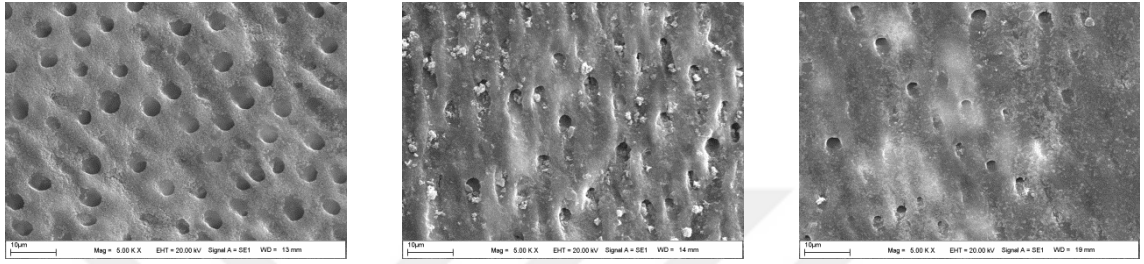
Şekil 3.17. Taramalı Elektron Mikroskobu



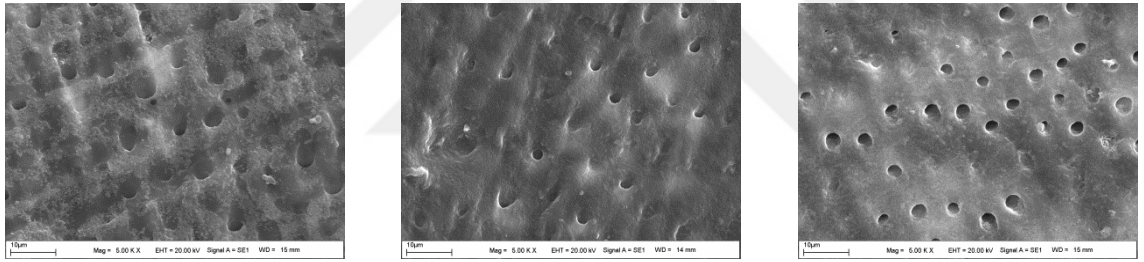
Şekil 3.18. Enamelast grubu SEM tarama görüntüleri a) hassasiyet giderici ajan uygulanmadan önce, b) hassasiyet giderici ajan uygulandıktan sonra, c) demineralizasyon sonrası.



Şekil 3.19. Tooth Mousse grubu SEM tarama görüntüleri a) hassasiyet giderici ajan uygulanmadan önce, b) hassasiyet giderici ajan uygulandıktan sonra, c) demineralizasyon sonrası.



Şekil 3.20. Nupro grubu SEM tarama görüntüleri a) hassasiyet giderici ajan uygulanmadan önce, b) hassasiyet giderici ajan uygulandıktan sonra, c) demineralizasyon sonrası.



Şekil 3.21. Colgate Sensitive Pro-Relief grubu SEM tarama görüntüleri a) hassasiyet giderici ajan uygulanmadan önce, b) hassasiyet giderici ajan uygulandıktan sonra, c) demineralizasyon sonrası

3.9. İstatistiksel analizler

Mineral yoğunlu değerlerinin sınıf içi korelasyon katsayısı Two Way Mixed model, tutarlılık değerleri üzerinden hesaplandı.

Çalışmada yer alan 1-2-3. tarama mineral yoğunluk sürekli değişkenin normal dağılıma uygunluğu Shapiro-Wilks testi ile değerlendirildi. Sürekli değişkenlerin 3. tarama mineral yoğunluk normal dağılıma uymadıkları belirlendi. Normal dağılım göstermeyen değişkenlerin değerlerinin tanımlayıcı istatistiklerinin gösteriminde ortanca (ÇAG–Çeyreklikler Arası Genişlik) değerleri kullanıldı. Normal dağılım gösteren değişkenlerin değerleri Ortalama±Standart Sapma olarak sunuldu.

Mineral yoğunluk tarama 1-2-3. değerlerinin karşılaştırılmasında bağımlı rneklem Friedman's testi ile analiz edildi. İekli karşılaştırmalarda Bonferroni düzeltmesi yapılarak analiz sonuçları verildi.

1.tarama mineral yoğunluk ve 2.tarama mineral yoğunluk ölçüm değerlerinin gruplara göre karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis non-parametrik varyans analizine başvuruldu. İekli karşılaştırmalarda Bonferroni düzeltmesi yapılarak analiz sonuçları verildi.

3.tarama mineral yoğunluk ölçüm değerlerinin gruplara göre karşılaştırılmasında One-way ANOVA testi kullanıldı. One-way ANOVA testi sonucunda fark bulunduğunda farklı grubu belirleyebilmek için post-hoc ikili karşılaştırmalar yapıldı ve Bonferroni düzeltmesi yapılarak analiz sonuçları verildi.

İstatistiksel analizler ve hesaplamalar için IBM SPSS Statistics 21.0 (IBM Corp. Released 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.) ve MS-Excel 2007 programları kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0.05$ olarak kabul edildi.

4.BULGULAR

40 adet örnek üzerinde uygulanan mineral yoğunluk two-way mixed modeli ile sınıf içi korelasyon katsayısı hesaplandı. Two-way mixed model kullanılması 2 farklı araştırmacı tarafında ölçülmesinden kaynaklandı. Sınıf içi korelasyon katsayısı 0.508 olarak tespit edildi ($p=0.001$).

Enamelast grubunda 1.tarama mineral yoğunluk ortancası 1.33 (ÇAG=0.16), 2.tarama mineral yoğunluk ortancası 1.79 (ÇAG=0.09), 3.tarama mineral yoğunluk ortancası 1.34 (ÇAG=0.11) olarak belirlenmiştir.

Enamelast grubunda mineral yoğunluk değerlerinin kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı ($p<0.001$),(Tablo 4.1.). İkili karşılaştırma sonuçlarına göre 1.tarama mineral yoğunluk değerleri ile 2.tarama mineral yoğunluk değerleri arasında ($p<0.001$) ve 2.tarama mineral yoğunluk değerleri ile 3.tarama mineral yoğunluk değerleri arasında ($p=0.011$) istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı.

Tablo 4.1. Enamelast grubunda 1-2-3. tarama değerlerinin karşılaştırılması, χ^2 : Friedman test istatistiği

	Ort±SS	Test İstatistiği	
	Medyan(ÇAG)	χ^2	p
1.tarama mineral yoğunluk	1.31±0.09	15.800	<0.001
	1.33 (0.16)		
2.tarama mineral yoğunluk	1.79±0.06		
	1.79 (0.09)		
3.tarama mineral yoğunluk	1.34±0.07		
	1.34 (0.11)		

Toothmousse grubunda 1.tarama mineral yoğunluk ortancası 1.06 (ÇAG=0.23), olarak belirlenmiştir. Toothmousse grubunda mineral yoğunluk değerlerinin kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0.001$), (Tablo 4.2.). İkili karşılaştırma sonuçlarına göre 1.tarama mineral yoğunluk değerleri ile 2.tarama mineral yoğunluk değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.001$).

Tablo 4.2. Toothmousse grubunda 1-2-3. tarama değerlerinin karşılaştırılması χ^2 :Friedman test istatistiği

	Ort±SS Medyan(ÇAG)	Test İstatistiği	
		χ^2	p
1.tarama mineral yoğunluk	0.99±0.26	20.000	<0.001
	1.06 (0.23)		
2.tarama mineral yoğunluk	1.75±0.01		
	1.75 (0.03)		
3.tarama mineral yoğunluk	1.36±0.03		
	1.37 (0.06)		

Nupro grubunda 1.tarama mineral yoğunluk ortancası 1.39 (ÇAG=0.12), 2.tarama mineral yoğunluk ortancası 1.71 (ÇAG=0.02), 3.tarama mineral yoğunluk ortancası 1.45 (ÇAG=0.01) olarak belirlenmiştir. Nupro grubunda mineral yoğunluk değerlerinin kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır. ($p<0.001$),(Tablo 4.3.) İkili karşılaştırma sonuçlarına göre 1.tarama mineral yoğunluk değerleri ile 2.tarama mineral yoğunluk değerleri ($p<0.001$) ve 2.tarama mineral yoğunluk değerleri ile 3.tarama mineral yoğunluk değerleri ($p=0.042$) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı.

Tablo 4.3. Nupro grubunda 1-2-3. tarama değerlerinin karşılaştırılması, χ^2 : Friedman test istatistiği

	Ort±SS Medyan(ÇAG)	Test İstatistiği	
		χ^2	p
1.tarama mineral yoğunluk	1.33±0.16	18.200	<0.001
	1.39 (0.12)		
2.tarama mineral yoğunluk	1.74±0.08		
	1.71 (0.02)		
3.tarama mineral yoğunluk	1.43±0.07		
	1.45 (0.01)		

Colgate Sensitive Pro Relief grubunda 1.tarama mineral yoğunluk ortancası 1.47 (ÇAG=0.27), 2.tarama mineral yoğunluk ortancası 1.85 (ÇAG=0.17), 3.tarama mineral yoğunluk ortancası 1.52 (ÇAG=0.17) olarak belirlenmiştir. Colgate Sensitive Pro Relief grubunda mineral yoğunluk değerlerinin kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır. ($p<0.001$),(Tablo 4.4.). İkili karşılaştırma sonuçlarına göre 1.tarama

mineral yoğunluk değeri ile 2.tarama mineral yoğunluk değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı ($p<0.001$).

Tablo 4.4. Colgate Sensitive Pro Relief grubunda 1-2-3. Tarama değerlerinin karşılaştırılması, χ^2 : Friedman test istatistiği

	Ort±SS Medyan(ÇAG)	Test İstatistiği	
		χ^2	p
1.tarama mineral yoğunluk	1.39±0.17	20.000	<0.001
	1.47 (0.27)		
2.tarama mineral yoğunluk	1.83±0.11		
	1.85 (0.17)		
3.tarama mineral yoğunluk	1.49±0.11		
	1.52 (0.17)		

Grupları arasında 1.tarama mineral yoğunluk değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edilmiştir ($\chi^2=18.400$, $p<0.001$),(Tablo 4.5.). Toothmouse grubu 1.tarama mineral yoğunluk değerinin ortancası 1.06 (ÇAG=0.23) iken, Colgate Sensitive Pro Relief 1.tarama mineral yoğunluk değerinin ortancası 1.47 (ÇAG=0.27) olarak saptanmıştır.

Gruplar arasında 3.tarama mineral yoğunluk değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmıştır ($F=9.174$, $p<0.001$). Gruplar arasında 3.tarama mineral yoğunluk değerleri ortalamalarına baktığımızda ise en yüksek değer 1.49±0.11 ile Colgate Sensitive Pro Relief olduğu, en düşük ortalama değerin ise 1.34±0.05 ile Enamelast de olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.5. Gruplar arasında mineral yoğunluk değerlerinin karşılaştırılması, χ^2 : Kruskal Wallis Test İstatistiği F: One-way ANOVA test istatistiği

	Enamelast Ort±SS Medyan(Ç AG)	Toothmouse Ort±SS Medyan(ÇA G)	Nupro Ort±SS Medyan(ÇA G)	Colgate Sensitive Pro Relief Ort±SS Medyan(ÇA G)	Test İstatistiği	
					χ^2 ;F	p
1.tarama mineral yoğunluk	1.31±0.09 1.33 (0.16)	0.99±0.26 1.06 (0.23)	1.33±0.16 1.39 (0.12)	1.39±0.17 1.47 (0.27)	$\chi^2=18.40$ 0	<0.001
2.tarama mineral yoğunluk	1.79±0.06 1.79 (0.09)	1.76±0.01 1.75 (0.03)	1.74±0.08 1.71 (0.02)	1.83±0.11 1.85 (0.17)	$\chi^2=8.920$	0.030
3.tarama mineral yoğunluk	1.34±0.07 1.34 (0.11)	1.36±0.03 1.37 (0.06)	1.43±0.07 1.45 (0.02)	1.49±0.11 1.52 (0.17)	F=9.174	<0.001

1.Tarama mineral yoğunluk değerleri bakımından gruplar arasında ikili karşılaştırmalarda Toothmouse ile Nupro grupları arasında (p=0.008) ve Toothmouse ile Colgate Sensitive Pro Relief grupları arasında (p<0.001) istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı. Diğer gruplar arasında 1.tarama mineral yoğunluk değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (Tablo 6).

2.tarama mineral yoğunluk değerleri bakımından gruplar arasında ikili karşılaştırmalarda Nupro ile Colgate Sensitive Pro Relief grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir (p=0.042). Diğer gruplar arasında 2.tarama mineral yoğunluk düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (Tablo 6).

3.tarama mineral yoğunluk değerleri bakımından gruplar arasında ikili karşılaştırmalarda Toothmouse ile Colgate Sensitive Pro Relief grupları arasında (p=0.002) ve Enamelast ile Colgate Sensitive Pro Relief grupları arasında (p<0.001) istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı. Diğer gruplar arasında 3.tarama mineral yoğunluk düzeyleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (Tablo 4.6.).

Tablo 4.6. Gruplar arası 1.2.3. tarama mineral yoğunluk ikili karşılaştırmaları

Gruplar 1.tarama mineral yoğunluk	P	Gruplar 2.tarama mineral yoğunluk	P	Gruplar 3.tarama mineral yoğunluk	P
Toothmouse-Enamelast	0.069	Toothmouse-Enamelast	1.000	Toothmouse-Enamelast	1.000
Toothmouse-Nupro	0.008	Toothmouse-Nupro	1.000	Toothmouse-Nupro	0.389
Toothmouse-Colgate Sensitive Pro Relief	<0.001	Toothmouse-Colgate Sensitive Pro Relief	0.942	Toothmouse-Colgate Sensitive Pro Relief	0.002
Enamelast-Nupro	1.000	Enamelast-Nupro	0.106	Enamelast-Nupro	0.057
Enamelast-Colgate Sensitive Pro Relief	0.728	Enamelast-Colgate Sensitive Pro Relief	1.000	Enamelast-Colgate Sensitive Pro Relief	<0.001
Nupro-Colgate Sensitive Pro Relief	1.000	Nupro-Colgate Sensitive Pro Relief	0.042	Nupro-Colgate Sensitive Pro Relief	0.273

5.TARTIŞMA

İn vitro çalışmalara bakıldığında hassasiyet giderici birçok ajanın dentin tübüllerini tıkayarak etki ettiği bildirilmiştir. Fakat tübül ağzlarını kapatmış görünen tıkaçlar fırçalamayla ya da ağızdaki pH değişiklikleri sonucunda uzaklaşarak tekrardan tübül ağzlarının ağız ortamına açılmasıyla sonuçlanabilir. Bu ajanların etkili olabilmesi için ağız içi ortamındaki değişikliklere karşı dirençli olması gerekmektedir (37). Yapılan çalışmalarda ajanlar uygulandıktan sonra ağız ortamını taklit etmek amaçlı örneklerin fırçalanması, yıkanması ya da eroziv/abraziv gibi uygulamalar yapılabilmektedir (119). Yapmış olduğumuz bu çalışmada %5 sodyum florid (Enamelast), novamin (Nupro Sensodyne Paste), kazein fosfopeptit amorf kalsiyum fosfat (CPP-ACP; Tooth Mousse) ve pro-arjinin (%8 arjinin ve kalsiyum karbonat; Colgate Sensitive Pro-Relief Desensitizing Paste) içeren hassasiyet giderici ajanların uygulanması sonucunda dentin tübüllerinde oluşan tıkaçların asit maruziyetine karşı dayanıklılıkları test edilmiştir.

Çalışmamızda 40 adet gömülü 3.molar diş kullanıldı. Gömülü 3.molar diş kullanmamızın sebebi mine-sement sınırı altındaki dentin tabakasının herhangi bir sebeple ağız içi ortama açılmasıyla dentin tübüllerinin çaplarında oluşabilecek farklılıkları engellemek ve daha sonraki işlemlerde standardizasyonu sağlamaktır. Ölçüm yapılacak bölgenin mine-sement sınırının altında kalan bölgede yapılacak olmasının nedeni DH'nin %93 oranında dişlerin servikal bölgesinde görülmesinden dolayıdır (53).

Dentin geçirgenliği ile ilgili çalışmalarda (120, 121), pulpası çıkarılmış kronlar ya da dentinden elde edilmiş dentin disklerinin kullanıldığı bilinmektedir. Dentin diskinin geçirgenliği üzerinde etkisi bulunan birçok değişken bulunmaktadır. Dentin diskinin elde edildiği bölgenin pulpaya olan uzaklığı, dentin diskinin kalınlığı ve açık dentin yüzey alanı arttıkça geçirgenlik miktarının arttığı bildirilmiştir (122). Dentin diski kullanan çalışmalarda genellikle 1 mm kalınlığında diskler elde edilebildiği gibi (123-125); 0.5-0.9 mm kalınlığında (126, 127) ya da 2 mm kalınlığında dentin diski kullanılan çalışmalar (128) da bulunmaktadır. Dentin disklerinin kullanılması; incelenen dokunun standardizasyonunun sağlanmasında kolaylık ve daha hassas sonuçlar elde edilebilmesi yönünde avantaj sağlar (129). Bizim çalışmamızda da bu sebeplerden dolayı 40 adet dentin diski kullanılmıştır.

Ölçümü yapılacak DH görülen dentin yüzeylerini taklit etmek amacıyla kök yüzeyinde bulunan sement tabakası döner aletler ile ortadan kaldırılmakta ve kök

yüzeyleri silikon karbid zımparalar ile zımparalanmaktadır. Bu işlemler sırasında dentin yüzeyinde smear tabakası oluşmaktadır ve smear tabakası kaldırılıp tübül ağızları tamamen açılarak asit erozyonu, fırça abrazyonu ya da başka bir nedenle mine ve/veya sement tabakasının ortadan kalktığı klinik koşullar ve hassas dentin taklit edilmektedir. Smear tabakasını ortamdaki uzaklaştırmak amacıyla farklı konsantrasyonlardaki EDTA (124, 130), fosforik asit (131), sitrik asit (128) ve hidroklorik asit gibi ajanlar kullanılabilir. Örnekleri %1'lik sitrik asitte 1 dk boyunca bekleterek oluşan smear tabakası kalıntılarının %75-%80 oranında, asidin konsantrasyonunu veya bekletme süresinin arttırarak ise %80-%100 oranda, yüzey yapısına herhangi bir zararlı etkisi olmadan ortadan kaldırılabilirliği bildirilmiştir (132). Çalışmamızda DH gösteren yüzeyleri taklit etmek amacıyla, ölçümü yapılacak dentin yüzeyi üzerindeki mine/segment yüksek devirli döner aletler ile kaldırıldıktan sonra 300 ve 600 grenli su zımparası ile düzleştirildi. Oluşan smear tabakası kaldırılıp dentin tübül ağızlarını açmak için tüm örnekler %1'lik sitrik asit içerisinde 5 dk bekletildi.

Ölçümü yapılacak dentin yüzeyi alanını standardize etmek amacıyla çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Thanatvarakorn ve ark.(127) ölçümü yapılacak dentin yüzeyinin etrafını tırnak cilası kullanarak kapatmışlardır. Camps ve ark. ise ölçümü yapılacak dentin yüzeyine ortasında standart boyutta delik açılmış su geçirmez bant yapıştırarak izolasyon ve alan standardizasyon sağlayarak çalışmalarını yapmışlardır (133). Bizim çalışmamızda ölçümü yapılacak dentin yüzeyinin etrafı tırnak cilası ile kapatılmıştır.

Mineral içeriği değerlendirmeye yönelik örneklerde tahribat yaratmayan teknikler, remineralize edici ajanların mine ve dentin üzerindeki etkilerinin uzun vadeli değerlendirilmesini sağlar. Mikro-BT yöntemi, X ışınının zayıflamasıyla elde ettiği verileri materyal yoğunluğunun uzaysal dağılımını ifade eden 3 boyutlu bir model oluşturmak amacıyla kullanılabilir. Günümüzdeki mikro-BT cihazları çözünürlüğü birkaç mikrometreye kadar artabilen izotropik voksel boyutları elde edebilmektedir (134). Mikro-BT yöntemi kemikler ve dişlerdeki gibi mineral dokuların yapısını ve mineral yoğunluğunu araştıran deneylerde sıklıkla kullanılmıştır (135-137). Bu teknik aynı zamanda mine veya dentinde demineralizasyonu veya remineralizasyonu değerlendirmek için ümit verici bir yöntemdir (138-140). Bizim çalışmamızda da her bir örnek hassasiyet giderici ajan uygulanmadan önce (1.tarama), hassasiyet giderici ajan uygulandıktan sonra (2.tarama) ve demineralize edici solüsyonda bekletildikten sonra (3.tarama) olmak üzere üç defa mikro-BT ile taranmıştır.

Asitli içecek ve yiyeceklerin tükütilmesi, diş fırçalanma ya da tükürükte çözünme gibi sebeplerden dolayı hassasiyet gidericilerin tübüllerde oluşturduğu örtüler ve tübüllerin içerisinde oluşturduğu çökelti ve tıkaçlar özölüp ortadan kalkabilmektedir. Bunun sonucunda dentin geçirgenliğinde artış olmakta ve tekrar hassasiyet oluşabilmektedir (5, 141). SEM analizi ile yapılan bir çalışmada hassasiyet giderici uygulayarak tıkama sağlanan dentin tübüllerinin bir kısmının, suyla basit şekilde yıkama sonucunda dahi tekrardan aılabildiğini bildirilmiştir (142). Ağız ortamını taklit etmek ve hassasiyet gidericilerin tüböl yüzeyinde oluşturduğu örtü, tüböl içerisinde oluşturduğu çökelti, tıkaç veya mineral birikintilerinin dayanıklılıklarını değerlendirmek amacıyla in vitro çalışmalarda örneklere yapay fırçalama (124, 130), sitrik asit uygulama ve yapay tükürükte bekletme gibi uygulamalar yapılabilmektedir. Doğal meyve ve içeceklerde yaygın olarak bulunmasından dolayı sitrik asit uygulaması hassasiyet gidericilerin dayanıklılığını değerlendirmek amacıyla birçok çalışmada kullanılan yöntemdir(130). Yine bazı çalışmalarda demineralizasyon için 10 M KOH ile pH 5.0'a ayarlanmış 2.2 mM CaCl₂, 2.2 mM KH₂PO₄ ve 50 mM asetik asit içeren çözelti kullanılmıştır (143-147). Bizim alışmamızda da demineralize edici solüsyon olarak bu çözelti tercih edilmiştir. Her numune ayrı ayrı 10 ml demineralize edici çözelti içinde 37°C'de 3 saat süreyle bekletilmiştir.

Yapılan in vitro çalışmalarda; erozyon ve remineralizasyon mekanizmalarının değerlendirilmesi, hassasiyet gidericilerin dentin tübülleri üzerinde ve içerisinde oluşturdukları örtü, tıkaç ve çökeltilerin ağız ortamında çözünmeye karşı dayanıklılıklarının değerlendirilmesi amacıyla örnekler yapay tükürük solüsyonları içerisinde bekletilmektedir (144, 148, 149). Hassasiyet giderici uygulanan dentin disklerinin farklı içeriklere sahip yapay tükürük solüsyonlarında farklı sürelerde bekletildiği bilinmektedir. Bu süreler 10 dk (125), 24 saat (130, 144), 1 hafta (125, 144), 4 hafta (127) olarak değişebilmektedir. Bizim alışmamızda dentin diskleri yapay tükürükte bir gün süreyle bekletilmiştir.

Florid, DH'nin tedavisinde uzun zamandan beri kullanılmaktadır. NaF'in hassasiyet giderici ajan olarak kullanılması ilk defa Lukomsky tarafından 1941 yılında bildirilmiştir (150). Çalışmamızda ilk gruba %5 sodyum florid içeren Enamelast uygulandı ve mineral yoğunluk değerleri kendi aralarında farklılıklar gösterdi (p<0.001) (Tablo 4.1.). Enamelast uygulandıktan sonraki mineral yoğunluk değerleri, beklenildiği gibi uygulama öncesi mineral yoğunluk değerlerine göre yüksek çıkmıştır. Alınan SEM

görüntülerinde (Şekil 3.18.) de uygulama öncesi açık olan dentin tübüllerinin büyük oranda kapandığı görünmektedir.

Hassasiyet giderici ajan uygulandıktan sonraki mineral yoğunluk değerleri ile demineralizasyon sonrası mineral yoğunluk değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark saptanmış olup, hassasiyet giderici ajan uygulandıktan sonraki mineral yoğunluk değerleri daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca demineralizasyon sonrası mineral yoğunluk değerleri, uygulama öncesi yoğunluk değerlerine göre yüksek çıkmış olsa da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu sonuçlara göre Enamelast'ın demineralizasyona karşı yeterli direnci gösteremediğini söyleyebiliriz. Dolayısıyla hipotezimiz ise kabul edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada dentine sodyum florid uygulamasının dentin sıvısını kalsiyum ve fosfat iyonlarına doyurarak kalsiyum florid kristallerinin çökelti oluşturmasıyla dentin tübüllerinin mekanik olarak tıklandığını veya tübüllerin içerisindeki floridin uyarı iletimini durdurduğunu bildirilmiştir (151). Sodyum floridli (NaF) verniklerin etkisi NaF ile dentin sıvısının Ca iyonları arasında meydana gelen reaksiyona ve bunun dentin tübüllerinin ağızlarında biriken CaF_2 kristallerini oluşturmasına bağlı olarak açıklanmıştır (87, 152, 153).

Yapılan çalışmalarda florun diş çürükleri üzerindeki durdurucu etkisi izlenmiş (154) ve DH'ni de engellediği bildirilmiştir (155). Florid yüksek konsantrasyonlarda 3-4 hafta uygulandığında kalsifiye bariyer oluşturup dentindeki sıvı hareketini engellediği bildirilmiştir (156). Ancak CaF_2 kristal boyutunun küçük olması nedeniyle tek bir NaF uygulamasının dentin tübüllerinin çapını daraltmakta etkili olamadığı ve çok sayıda uygulama gerekebileceği de birçok çalışmada bildirilmiştir (87, 152, 155, 157-161). Lan ve ark. yapmış oldukları *in vitro* bir çalışmada sodyum florid uygulanan örneklerde fırçalanma sonrası peritübüler alandaki bütün florid kristallerin uzaklaştığını, sadece tübül ağızlarında kaldığı belirtmişlerdir (162). Demineralizasyon sonrası yoğunluk değerleri ile uygulama sonrası yoğunluk değerleri arasında benzer sonuçların bulunmasının nedeni *in vitro* çalışmalarda da görüldüğü gibi yüzeydeki florid kristallerinin kolayca yer değiştirmesi, ağız sıvılarıyla da uzaklaşabilmesi olabilir (162, 163).

Novamin; amorf kalsiyum sodyum fosfosilikat yapısındaki biyocamin ticari ismi olarak geçer. Novamin, diş hekimi tarafından gerçekleştirilen profesyonel tedaviler şeklinde uygulanabilmesi amacıyla profilaksi patı içeriğine dâhil edilmiştir. Formülasyonda yer alacak novamin konsantrasyonunun belirlenmesi amacıyla farklı

oranlarda (% 3.25; % 7.5; %15; % 21) novamin eklenerek etkinlikleri belirlenmiştir. Çeşitli analizleri sonucunda; novamin konsantrasyonu arttıkça tübül tıkanma miktarının da arttığı tespit edilmiş ve en uygun doz olarak formulasyona % 15 ve % 21 oranlarında novamin dâhil edilebileceği bildirilmiştir (164). Bizim çalışmamızda kullanılan Nupro profilaksi patı % 15 konsantrasyonda novamin içermektedir.

Sunulan çalışmada Nupro grubunun mineral yoğunluk değerleri kendi içinde farklılıklar göstermiştir ($p<0.001$), (Tablo 4.2.). Nupro uygulandıktan sonraki mineral yoğunluk değerleri; uygulama öncesi mineral yoğunluk değerlerine göre yüksek çıkmıştır. Bu sonuca göre remineralizasyonun oluştuğunu söyleyebiliriz. Nupro uygulandıktan sonraki yoğunluk değerleri, demineralizasyon sonrası değerlere göre yüksek çıkmış, uygulama öncesi yoğunluk değerleri ile demineralizasyon sonrası yoğunluk değerleri arasında ise benzer sonuçlar bulunmuştur. Bu sonuçlara göre ise Nupro demineralizasyona karşı yeterli direnci gösterememiş ve başlangıç mineral yoğunluk değerlerine yakın sonuçlar vermiştir.

Golpayageni ve ark. tarafından yapılan çalışmada 40 adet çekilmiş sağlam diş ilk olarak pH döngüsüne tabi tutulmuş, daha sonra novamin uygulanıp mikrosertlik seviyeleri incelenmiş ve novamin içerikli diş macununun remineralize edici özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (165). Sharma ve ark. yapmış oldukları klinik bir çalışmada novamin içerikli diş macununun sırasıyla hava ve su için DH'ndeki etkilerini incelemişlerdir. Novamin içerikli diş macunu, hassasiyeti iki haftalık zaman noktasında, sırasıyla hava ve su için duyarlılığı %45 ve %49 oranında, 12 haftalık zaman noktasında ise duyarlılığı %87 ve %91 oranında azalttığını bildirmişlerdir (166). Aras ve ark. yapmış oldukları in vitro bir çalışmada novamin içerikli diş macununun CPP-ACPF içerikli diş macununa kıyasla demineralizasyona karşı daha dirençli olduklarını bildirmişlerdir (167). Yapılmış olan bu in vitro çalışmalarda novamin içeren diş macunlarının remineralize edici özellikleriyle dentin tübüllerini tıkama potansiyeline olduklarını ve bu şekilde DH'ni azaltmada etkili oldukları bildirilmiştir. Bu sonuçlar bizim çalışmamızı da destekler niteliktedir (165-168). Nupro profilaksi patı pomza içeren bir üründür ve dentin diskine yüksek turda çalışan polisaj lastiği aracılığıyla uygulanmaktadır. Dolayısıyla uygulama sonucunda tübül yüzeyinde ve içerisinde smear tabakası ve tıkaçlarının oluşabileceğini düşünmekteyiz.

Novamin partiküllerinin; hem tübülleri direkt tıkayarak hem de ortama remineralizasyon için gerekli olan ve hidroksi karbonat apatit (HCA) oluşturan iyonları salarak indirekt şekilde dentin geçirgenliğinin azalmasını sağladığı belirtilmiştir (169,

170). Ancak yeni jenerasyon kalsiyum esaslı remineralizasyon tedavilerinin DH'ni gidermedeki etkilerinin tübüleri sadece tıkamak yoluyla mı yoksa tübüller içerisinde gerçek bir remineralizasyon sağlamak yoluyla mı olduğu henüz tam olarak açıklanamamıştır (171).

CPP-ACP kompleksi, biyoyararlanımı yüksek kalsiyum ve fosfat iyonu içeren bir süt protein türevidir. Topikal olarak uygulanan bu kompleks antikaryojenik özelliklere sahiptir. Çalışmamızın üçüncü grubunda CPP-ACP içerikli Tooth Mousse kullanılmıştır. Tooth Mousse grubunun mineral yoğunluk değerleri kendi aralarında farklılıklar göstermiştir ($p<0.001$), (Tablo 4.3.). Toothmousse uygulandıktan sonraki yoğunluk değerleri; uygulama öncesi yoğunluk değerlerine göre yüksek çıkmıştır. Bu sonuca göre remineralizasyonun olduğunu söyleyebiliriz Uygulama öncesi yoğunluk değerleri ile demineralizasyon sonrası yoğunluk değerleri arasında ve uygulama sonrası yoğunluk değerleri ile demineralizasyon sonrası yoğunluk değerleri arasında yine benzer sonuçlar bulunmuştur. Bu sonuçlara göre ise Tooth Mousse demineralizasyona karşı yeterli direnci gösterememiş ve başlangıç mineral yoğunluk değerlerine yakın sonuçlar vermiştir.

Cohcrane ve ark. CPP-ACP'nin iyon bileşimlerinin başlangıç mine çürükleri üzerindeki in vitro etkilerinin incelendiği çalışmada CPP-ACP'nin remineralizasyon sağladığını bildirmişlerdir (172). Hongal ve ark. tarafından yapılan başka bir in vitro çalışmada GC Tooth Mousse'un dentin hassasiyeti tedavisi için etkili olduğu bildirilmiştir (173). Jayarajan ve ark. DIAGNOdent ile yapmış oldukları bir çalışmada CPP-ACP'nin remineralizasyon sağlamadaki etkilerini göstermişlerdir (174). Kanaparthi ve Aruna, klinik çalışmalarında DH tedavisi için CPP-ACP içerikli GC tooth mousse kullandılar ve bunu plasebo ile karşılaştırdılar. Sonuçlar, GC tooth mousse grubunda ağrının önemli ölçüde azaldığını ortaya koydu (175). Yine Saraf ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur (176). Ghafournia ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada CPP-ACP içeren iki hassasiyet giderici ajanın negatif kontrole kıyasla dentin tübül çapını önemli ölçüde azaltabileceğini bildirilmiştir (177).

Yang ve ark. yaptıkları in vitro bir çalışmada CPP-ACP ve novamin içeren hassasiyet giderici macunların tübül tıkanmasını dentin yüzeyi üzerinde koruyucu bir tabaka oluşturarak bir dereceye kadar indükleyebileceğini göstermiştir. CPP-ACP ve novaminin dentin tübüllerini kapamadaki olası mekanizmasının diğer çalışmalarda ortaya konduğu gibi esas olarak remineralizasyon kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir

(178). Yapılan in vivo ve in vitro çalışmalarda çalışmamızın sonucu destekleyen sonuçlar bulunmuş ve tooth mousse'un remineralizasyon sağladığı dolayısıyla ağrıyı önemli ölçüde azalttığı bildirilmiştir.

CPP-ACP'nin fonksiyon mekanizması şu şekilde açıklanabilir; CPP-ACP tedavisinden sonra dentin yüzeyinde CPP, ACP'yi stabilize eder; Ca^{2+} ve PO_4^{3-} uzun süreli su depolaması sırasında kademeli olarak salınır ve hibrit tabakada yüksek konsantrasyonlarda tutulur. Böylece bir iyon ozmotik gradyan oluşturarak hibrid tabakanın ve demineralize dentinin yeniden mineralizasyonunu destekler (179, 180). ACP'nin plak içine ve diş dış yüzeylerine diffüze olmasıyla mine demineralizasyonunu azaltmakta, serbest kalsiyum ve fosfat iyon aktiviteleri tamponlanıp, diş yüzeyinde aşırı doymuş bir kalsiyum-fosfat tabakası oluşturarak remineralizasyonu uyarmaktadır (181). Ayrıca dış kaynaklardan alınan florid iyonları ile birlikte pelikül ve plağa bağlanarak uzun süre salınım yapabilmektedir.

Arg- $CaCO_3$ içeren diş macunu, esas olarak DH'ni önlemek için kullanılan bir duyarsızlaştırma ürünüdür. Çalışmamızda dördüncü grup olarak Arg- $CaCO_3$ içerikli bir diş macunu olan Colgate Sensitive Pro-Relief Desensitizing Paste kullanıldı. Colgate Sensitive Pro-Relief grubunun mineral yoğunluk değerleri kendi aralarında farklılıklar göstermiştir ($p<0.001$), (Tablo 4.4.). Colgate Sensitive Pro Relief uygulandıktan sonraki yoğunluk değerleri; uygulama öncesi yoğunluk değerlerine göre yüksek çıkmıştır. Bu sonuca göre Colgate Sensitive Pro Relief'in remineralize edici etkisi olduğunu söyleyebiliriz. Uygulama öncesi yoğunluk değerleri ile demineralizasyon sonrası yoğunluk değerleri arasında ve uygulama sonrası yoğunluk değerleri ile demineralizasyon sonrası yoğunluk değerleri arasında benzer sonuçlar bulunmuştur. Bu sonuçlara göre ise Colgate Sensitive Pro Relief demineralizasyona karşı yeterli direnci gösterememiş ve başlangıç mineral yoğunluk değerlerine yakın sonuçlar vermiştir.

Yang ve ark. yapmış oldukları bir in vitro çalışmada Arg- $CaCO_3$ içeren diş macununun dentin tübüllerini kapamadaki etkilerini Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu (FESEM; Field Emission Scanning Electron Microscopy) görüntüleri kullanarak incelemişlerdir. Uygulama sonrası dentin tübüllerinin etkili bir şekilde tıklandığı ve örtüldüğü görülmüş ayrıca küçük partiküllerin hafif intertübüler birikimi de gözlenmiştir. Dentin yüzeylerini ve dentin tübül ağzlarını korumak için kalsiyum içeren bir tabaka oluşturulabileceğini bildirmişlerdir (178). Hirsiger ve ark. yapmış oldukları klinik bir çalışmada DH'si olan 297 hastaya %8 arginin-kalsiyum karbonat içerikli macunu ofis uygulamasından sonra evde 4, 8 ve 24 hafta sürekli kullanımından sonra

değerlendirmişlerdir. Negatif kontrol grubuna kıyasla 24 hafta boyunca %8 arginin profilaksisi ürünlerinin uygulanmasından sonra DH'de önemli bir rahatlama olduğunu bildirmişlerdir (182). Uraz ve ark. yapmış oldukları klinik bir çalışmada periodontal tedavi sonrası hastaları etkileyen DH üzerine %8 Arg-CaCO₃'ün etkinliğinin değerlendirmişlerdir. DH dokunsal, hava uygulama ve termal uyaranlar kullanılarak başlangıçta ve uygulamadan bir ay sonra kaydedilmiştir. Hastaların hassasiyetlerinin azaltılmasında %8 Arginin-CaCO₃'nin %1.23 NaF jelden daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır (183). Çalışmamızda olduğu gibi yapılan diğer in vivo ve in vitro çalışmalarda da Arg-CaCO₃ içerikli bir diş macunu olan Colgate Sensitive Pro-Relief'in remineralizasyon sağlayarak dentin hassasiyetini gidermede etkili olabileceği bildirilmiştir (178, 182-184).

Colgate Sensitive Pro-Relief'in remineralize etkisi şu şekilde açıklanabilir: Pozitif yüklü arginin, negatif yüklü dentin yüzeyine çekilir; böylece CaCO₃ çekilir ve dentin yüzeyindeki fiber ağlara yapışır ve dentin tübüllerine derinlemesine nüfuz eder. Arg-CaCO₃ çökmesi, kalsiyum ve fosfat iyonlarının çökelebileceği alkali bir ortam yaratır ve dentin tübüllerini daha da bloke eder (83, 185). CaCO₃ içeren diş macunun desensitizasyonu, tükürüğün doğal desensitizasyonuna benzerdir; bu nedenle, bu prosedür müşterek biçimde gerçekleştirilir (61).

Çalışmamızda yer alan bütün gruplarda hassasiyet giderici ajan uygulanmadan önceki ve hassasiyet giderici ajanlar uygulanıp demineralize edici solüsyonda bekletilmesinden sonraki mineral yoğunlukları arasında farklılık bulunmadığından dolayı sıfır hipotezimiz kabul edilmiştir.

Gruplar arası mineral yoğunluk değerleri incelendiğinde demineralizasyon sonrası mineral yoğunluk değerleri arasında anlamlı farklar bulunmuştur (Tablo 4.5.). Sonuçlara göre en yüksek değer Colgate Sensitive Pro Relief grubunda bulunmuştur. Bu grubu sırasıyla Nupro grubu, Tooth Mousse grubu ve en düşük değer olarak da Enamelast grubu izlemektedir. Bu sonuçlara göre demineralizasyona karşı en dirençli grubun Colgate Sensitive Pro Relief olduğu, bu grubu sırasıyla Nupro, Tooth Mousse ve Enamelast gruplarının izlediğini söyleyebiliriz.

Mineral yoğunluk değerlerinde; hassasiyet giderici ajan uygulandıktan sonra gruplar arasında yapılan ikili karşılaştırmalarda Nupro ile Colgate Sensitive Pro Relief grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmiştir (Tablo 4.6.). Bu sonuçlara göre hassasiyet giderici ajan uygulandıktan sonra mineral yoğunluğu en fazla

artan grup Colgate Sensitive Pro Relief olmuş, bunu sırasıyla Enamelast, Toothmouse ve son olarak Nupro grupları izlemiştir.

Mineral yoğunluk değerleri; demineralizasyon sonrasında gruplar arasında yapılan ikili karşılaştırılmalarda ise Toothmouse ile Colgate Sensitive Pro Relief ve Enamelast ile Colgate Sensitive Pro Relief grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptandı (Tablo 4.6.). Colgate Sensitive Pro Relief ile Nupro grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamış olsa da en yüksek değer Colgate Sensitive Pro Relief grubunda bulunmuştur.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. % 8 arjinin ve kalsiyum karbonat içerikli Colgate Sensitive Pro-Relief hassasiyet giderici ajanın dentinin mineral yoğunluğu artırmada ve demineralizasyona karşı direnç göstermede kullanılan ajanlar içinde en etkili olduğu görülmüştür.
2. % 5 NaF içerikli Enamelast hassasiyet giderici ajanın dentinin mineral yoğunluğu artırmada Colgate Sensitive Pro-Relief kadar olmasa da Tooth Mousse ve Nupro gruplarından daha etkili olduğu görülmüştür.
3. % 5 NaF içerikli Enamelast hassasiyet giderici ajanın demineralizasyona karşı direnç göstermede ajanlar içinde en düşük etkili olduğu görülmüştür.
4. CPP-ACP içerikli Tooth Mousse hassasiyet giderici ajanın dentinin mineral yoğunluğu artırmada Colgate Sensitive Pro-Relief ve Enamelast grupları kadar etkili olmasa da Nupro grubundan daha etkili olduğu görülmüştür.
5. CPP-ACP içerikli Tooth Mousse hassasiyet giderici ajanın demineralizasyona karşı direnç göstermede Colgate Sensitive Pro-Relief ve Nupro kadar olmasa da Enamelast grubundan daha etkili olduğu görülmüştür.
6. Novamin içerikli Nupro hassasiyet giderici ajanın dentinin mineral yoğunluğu artırmada kullanılan ajanlar içinde en az etkili olduğu görülmüştür.
7. Novamin içerikli Nupro hassasiyet giderici ajanın demineralizasyona karşı direnç göstermede Colgate Sensitive Pro-Relief kadar etkili olmasa da Enamelast ve Tooth Mousse gruplarından daha etkili olduğu görülmüştür.
8. Bu sonuçlara dayanarak klinikte her dört ajanın da dentin hassasiyet tedavisinde kullanılabileceği, asidik beslenmesi kontrolsüz olan bireylerin ise Colgate Sensitive Pro Relief kullanımının daha koruyucu ve kalıcı etkide olacağı düşünülmektedir.
9. Sunulan çalışma laboratuvar ortamında tek seferlik ajan uygulamasını içermektedir. Hassasiyet giderici ajanların tekrarlayan kullanımlarından sonra takip edilen uzun vadeli klinik çalışmaların yapılması önerilmektedir.
10. Hassasiyet giderici ajanların etkinliği ile ilgili çalışmalar incelendiğinde standart bir çalışma protokolünün bulunmadığı görülmektedir. Çalışmamızda kullanılan ajanlarla mikro-BT kullanılarak yapılan bir araştırma mevcut değildir. Böylece bu çalışma daha ileri çalışmalara öncü ve rehber olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Addy M. Dentine hypersensitivity: New perspectives on an old problem. *Int Dent J* 2002, 52: 367-75.
2. Kielbassa A. Dentine hypersensitivity: Simple steps for everyday diagnosis and management. *Int Dent J* 2002, 52: 394-6.
3. Absi EG, 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): 280-4.
4. Dababneh RH, Khouri AT, Addy M. Dentine hypersensitivity- an enigma? A review of terminology, mechanisms, aetiology and management. *BDJ Open* 1999, 187(11): 606-11.
5. Porto ICCM, Andrade AKM, Montes MAJR. Diagnosis and treatment of dentinal hypersensitivity. *J Oral Sci* 2009,51(3):323-32.
6. Kern DA, McQuade MJ, Scheidt MJ, Hanson B, Van Dyke TE. Effectiveness of Sodium Fluoride on Tooth Hypersensitivity With and Without Iontophoresis. *J Periodontol* 1989, 60(7): 386-9.
7. Orchardson R, Gillam DG. Managing dentin hypersensitivity. *J Am Dent Assoc* 2006, 137(7): 990-8.
8. Wilson J, Low SB. Bioactive ceramics for periodontal treatment: Comparative studies in the patus monkey. *J Appl Biomater* 1992, 3(2): 123-9.
9. Reynolds EC. Remineralization of Enamel Subsurface Lesions by Casein Phosphopeptide-stabilized Calcium Phosphate Solutions. *J Dent Res* 1997, 76(9): 1587-95.
10. Lavender SA, Petrou I, Heu R, Stranick MA, Cummins D, Kilpatrick-Liverman L, Sullivan JS, Santarpia RP. Mode of action studies on a new desensitizing dentifrice containing 8.0% arginine, a high cleaning calcium carbonate system and 1450 ppm fluoride. *Am J Dent* 2010, 23: 14-9.
11. Simsek N, Ahmetoglu F, Keles A, Bulut ET, Er K. 3D Analysis of D-RaCe and Self-Adjusting File in Removing Filling Materials from Curved Root Canals Instrumented and Filled with Different Techniques. *ScientificWorldJournal*. 2014, 2014:836513.
12. Roberson T, Heymann H, Swift E. *Sturdevant's Art and Science of Operative Dentistry*, 4th ed. St Louis, Missouri, Mosby Elsevier, 2002.

13. Nanci A. *Ten Cate's Oral Histology Development, Structure, and Function*, 6th ed, St. Louis, Missouri, Mosby Elsevier, 2003: 191-239.
14. Summitt JB, Robbins JW, Hilton TJ, Schwartz RS. *Fundamentals of operative dentistry: a contemporary approach*, Chicago, Quintessence Pub, 2006.
15. Derise NL, Ritchey SJ. Mineral Composition of Normal Human Enamel and Dentin and the Relation of Composition to Dental Caries: II. Microminerals. *J Dent Res* 1974, 53(4): 853-8.
16. Ling TY, Gillam DG. The effectiveness of desensitizing agents for the treatment of cervical dentine sensitivity (CDS)-a review. *J West Soc Periodontol Periodontal Abstr* 1996, 44(1): 5-12.
17. Lukinmaa P-L, Waltimo J. Immunohistochemical Localization of Types I, V, and VI Collagen in Human Permanent Teeth and Periodontal Ligament. *J Dent Res* 1992, 71(2): 391-7.
18. Brannström M. *Dentin and pulp in restorative dentistry*, London, Wolfe Medical Publications, 1982.
19. Seltzer S, Bender I. *The Dental Pulp*. 4th ed. Chicago, Quintessence, 2002.
20. Pashley DH, Pashley EL, Carvalho RM, Tay FR. The effects of dentin permeability on restorative dentistry. *Dent Clin North Am* 2002, 46(2): 211-45.
21. Love R, Jenkinson HF. Invasion of Dentinal Tubules by Oral Bacteria. *Crit Rev Oral Biol Med* 2002, 13: 171-83.
22. Larsson PA, Howell DS, Pita JC, Blanco LN. Aspiration and characterization of predentin fluid in developing rat teeth by means of a micropuncture and micro-analytical technique. *J Dent Res* 1988, 67(5): 870-5.
23. Linde A, Goldberg M. Dentinogenesis. *Crit Rev Oral Biol Med* 1993, 4(5): 679-728.
24. Kawasaki K, Tanaka S, Ishikawa T. On the daily incremental lines in human dentine. *Arch Oral Biol* 1979, 24(12): 939-43.
25. Murray PE, About I, Lumley PJ, Franquin JC, Remusat M, Smith AJ. Human odontoblast cell numbers after dental injury. *J Dent* 2000, 28(4): 277-85.
26. Smith AJ, Lesot H. Induction and regulation of crown dentinogenesis: embryonic events as a template for dental tissue repair? *Crit Rev Oral Biol Med* 2001, 12(5): 425-37.
27. Kusunoki M, Itoh K, Hisamitsu H, Wakumoto S. The efficacy of dentine adhesive to sclerotic dentine. *J Dent* 2002, 30(2-3): 91-7.

28. Pashley DH. Dynamics of the pulpo-dentin complex. *Crit Rev Oral Biol Med* 1996, 7(2): 104-33.
29. Byers MR. Segregation of NGF receptor in sensory receptors, nerves and local cells of teeth and periodontium demonstrated by EM immunocytochemistry. *J Neurocytol* 1990, 19(5): 765-75.
30. Byers MR, Närhi MV. Dental injury models: Experimental tools for understanding neuroinflammatory interactions and polymodal nociceptor functions. *Crit Rev Oral Biol Med* 1999, 10(1): 4-39.
31. Närhi M, Virtanen A, Huopaniemi T, Hirvonen T. Conduction velocities of single pulp nerve fibre units in the cat. *Acta Physiol Scand* 1982, 116(3): 209-13.
32. Johnsen DC, Harshbarger J, Rymer HD. Quantitative assessment of neural development in human premolars. *Anat Rec* 1983, 205(4): 421-9.
33. Edwall L, Scott D. Influence of changes in microcirculation on the excitability of the sensory unit in the tooth of the cat. *Acta Physiol Scand* 1971, 82(4): 555-66.
34. Dowell P, Addy M. Dentine hypersensitivity: a review. Aetiology, symptoms and theories of pain production. *J Clin Periodontol* 1983, 10(4): 341-50.
35. Holland GR, Närhi MN, Addy M, Gangarosa L, Orchardson R. Guidelines for the design and conduct of clinical trials on dentine hypersensitivity. *J Clin Periodontol* 1997, 24(11): 808-13.
36. Kadiroglu ET, Dag A. Dentin hipersensitivitesi ve lazerlerin etkisi. *Cumhuriyet Dent J* 2004, 7(1): 58-63.
37. West NX. Dentine hypersensitivity: preventive and therapeutic approaches to treatment. *Periodontol 2000* 2008, 48: 31-41.
38. Miglani S, Aggarwal V, Ahuja B. Dentin hypersensitivity: Recent trends in management. *J Conserv Dent* 2010, 13(4): 218-24.
39. Chabanski MB, Gillam DG, Bulman JS, Newman HN. Prevalence of cervical dentine sensitivity in a population of patients referred to a specialist Periodontology Department. *J Clin Periodontol* 1996, 23(11): 989-92.
40. Addy M. Clinical aspects of dentine hypersensitivity. *Proc Finn Dent Soc* 1992, 88: 23-30.
41. von Troil B, Needleman I, Sanz M. A systematic review of the prevalence of root sensitivity following periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 2002, 29: 173-7.
42. Haywood VB. Dentine hypersensitivity: Bleaching and restorative considerations for successful management. *Int Dent J* 2002, 52: 376-84.

43. Pashley DH. Mechanisms of dentin sensitivity. *Dent Clin North Am*, 1990, 34(3): 449-73.
44. Krauser JT. Hypersensitive teeth. Part I: Etiology. *J Prosthet Dent*, 1986, 56(2): 153-6.
45. Addy M. Etiology and clinical implications of dentine hypersensitivity. *Dent Clin North Am* 1990, 34(3): 503-14.
46. West N, Hughes JA, Addy M. Dentine hypersensitivity: The effects of brushing toothpaste on etched and unetched dentine in vitro. *J Oral Rehabil* 2002, 29: 167-74.
47. Al-Sabbagh M, Andreana S, Ciancio SG. Dentinal hypersensitivity: review of aetiology, differential diagnosis, prevalence, and mechanism. *J Int Acad Periodontol* 2004, 6(1): 8-12.
48. Rees JS. The prevalence of dentine hypersensitivity in general dental practice in the UK. *J Clin Periodontol* 2000, 27(11): 860-5.
49. Martínez-Ricarte J, Faus-Matoses V, Faus-Llácer VJ, Flichy-Fernández AJ, Mateos-Moreno B. Dentinal sensitivity: concept and methodology for its objective evaluation. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008, 13(3): 201-6.
50. Bartold PM. Dentinal hypersensitivity: a review. *Aust Dent J* 2006, 51(3): 212-8.
51. Aw TC, Lepe X, Johnson GH, Mancl L. Characteristics of noncarious cervical lesions: a clinical investigation. *J Am Dent Assoc* 2002, 133(6): 725-33.
52. Addy M, Dowell P. Dentine hypersensitivity-a review. Clinical and in vitro evaluation of treatment agents. *J Clin Periodontol* 1983, 10(4): 351-63.
53. Orchardson R, Collins WJ. Clinical features of hypersensitive teeth. *Br Dent J* 1987, 162(7): 253-6.
54. Bernick S. Innervation of the human tooth. *The Anatomical Record* 1948, 101(1): 81-107.
55. Pashley DH, Tay F, Haywood V, Collins MA, Drisko CL. Dentin hypersensitivity: Consensus-based recommendations for the diagnosis and management of dentin hypersensitivity. *Inside Dent*, 2008,4: 1-37.
56. Frank RM, Steuer P. Transmission electron microscopy of the human odontoblast process in peripheral root dentine. *Arch Oral Biol* 1988, 33(2): 91-8.
57. McGrath P. The measurement of human pain. *Endod Dent Traumatol* 1986, 2: 124-9.

58. Davari A, Ataei E, Assarzadeh H. Dentin hypersensitivity: etiology, diagnosis and treatment; a literature review. *J Dent* 2013, 14(3): 136-45.
59. Vongsavan N, Matthews B. Fluid flow through cat dentine in vivo. *Arch Oral Biol* 1992, 37(3): 175-85.
60. Brännström M, Aström A. The hydrodynamics of the dentine; its possible relationship to dentinal pain. *Int Dent J* 1972, 22(2): 219-27.
61. Cummins D. Recent advances in dentin hypersensitivity: clinically proven treatments for instant and lasting sensitivity relief. *Am J Dent* 2010, 23: 3-13.
62. Grossman L. A systematic method for the treatment of hypersensitive dentine. *J Am Dent Assoc* 1935, 22: 592-8.
63. 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): 348-58.
64. Ipci SD, Cakar G, Kuru B, Yilmaz S. Clinical evaluation of lasers and sodium fluoride gel in the treatment of dentine hypersensitivity. *Photomed Laser Surg* 2009, 27(1): 85-91.
65. Pashley DH. Dentin permeability, dentin sensitivity, and treatment through tubule occlusion. *J Endod* 1986, 12(10): 465-74.
66. Hodosh M. A superior desensitizer-potassium nitrate. *J Am Dent Assoc* 1974, 88(4): 831-2.
67. Markowitz K, Bilotto G, Kim S. Decreasing intradental nerve activity in the cat with potassium and divalent cations. *Arch Oral Bio* 1991, 36(1): 1-7.
68. Mjör IA. Histologic studies of human coronal dentine following the insertion of various materials in experimentally prepared cavities. *Arch Oral Biol* 1967, 12(4): 441-52.
69. Brännström M, Isacsson G, Johnson G. The effect of calcium hydroxide and fluorides on human dentine. *Acta Odontol Scand* 1976, 34(2): 59-67.
70. Trowbridge H, Edwall L, Panopoulos P. Effect of zinc oxide-eugenol and calcium hydroxide on intradental nerve activity. *J Endod* 1982, 8(9): 403-6.
71. Tung MS, Bowen HJ, Derkson GD, Pashley DH. Effects of calcium phosphate solutions on dentin permeability. *J Endod* 1993, 19(8): 383-7.
72. Tung MS, Eichmiller FC. Dental applications of amorphous calcium phosphates. *J Clin Dent* 1999, 10: 1-6.

73. Pashley DH, Galloway SE. The effects of oxalate treatment on the smear layer of ground surfaces of human dentine. *Arch Oral Biol* 1985, 30(10): 731-7.
74. Trowbridge HO, Silver DR. A review of current approaches to in-office management of tooth hypersensitivity. *Dent Clin North Am* 1990, 34(3): 561-81.
75. Morris MF, Davis RD, Richardson BW. Clinical efficacy of two dentin desensitizing agents. *Am J Dent* 1999, 12(2): 72-6.
76. 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): 116-20.
77. 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): 1032-6.
78. Unluyol A KE. Dentin hassasiyetinin yaygınlığı, etyolojisi ve tedavi yöntemleri. *ADO Klinik Bilimler Dergisi* 2009, 3(1): 280-4.
79. Hench LL, Paschall HA. Direct chemical bond of bioactive glass-ceramic materials to bone and muscle. *J Biomed Mater Res* 1973, 7(3): 25-42.
80. Dondi dall'Orologio G, Lone A, Finger WJ. Clinical evaluation of the role of glutardialdehyde in a one-bottle adhesive. *Am J Dent* 2002, 15(5): 330-4.
81. Berman LH. Dentinal sensation and hypersensitivity. A review of mechanisms and treatment alternatives. *J Periodontol* 1985, 56(4): 216-22.
82. Wycoff SJ. Current treatment for dentinal hypersensitivity. In-office treatment. *Compend Contin Educ Dent* 1982, 3: 113-5.
83. Kleinberg I. SensiStat. A new saliva-based composition for simple and effective treatment of dentinal sensitivity pain. *Dent Today* 2002, 21(12): 42-7.
84. Sudjalim TR, Woods MG, Manton DJ, Reynolds EC. Prevention of demineralization around orthodontic brackets in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007, 131(6): 705-9.
85. Reynolds EC. Anticariogenic complexes of amorphous calcium phosphate stabilized by casein phosphopeptides: a review. *Spec Care Dentist* 1998, 18(1): 8-16.
86. Geiger S, Matalon S, Blasbalg J, Tung M, Eichmiller FC. The clinical effect of amorphous calcium phosphate (ACP) on root surface hypersensitivity. *Oper Dent* 2003, 28(5): 496-500.

87. Corona SA, Nascimento TN, Catirse AB, Lizarelli RF, Dinelli W, Palma-Dibb RG. Clinical evaluation of low-level laser therapy and fluoride varnish for treating cervical dentinal hypersensitivity. *J Oral Rehabil* 2003, 30(12): 1183-9.
88. Gangarosa LP, Sr. Fluoride iontophoresis for tooth desensitization. *J Am Dent Assoc* 1986, 112(6): 808-10.
89. Brännström M, Johnson G. Effects of various conditioners and cleaning agents on prepared dentin surfaces: a scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent* 1974, 31(4): 422-30.
90. Gordan VV, Blaser PK, Watson RE, Mjör IA, McEdward DL, Sensi LG, Riley JL. A clinical evaluation of a giomer restorative system containing surface prereacted glass ionomer filler: results from a 13-year recall examination. *J Am Dent Assoc* 2014, 145(10): 1036-43.
91. Gerschman JA, Ruben J, Gebart-Eaglemont J. Low level laser therapy for dentinal tooth hypersensitivity. *Aust Dent J* 1994, 39(6): 353-7.
92. Cai F, Shen P, Morgan MV, Reynolds EC. Remineralization of enamel subsurface lesions in situ by sugar-free lozenges containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate. *Aust Dent J*. 2003, 48(4): 240-3.
93. Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Aoid M, Reichenbach P, Lothaller MA, Wernish 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): 211-5.
94. Schwarz F, Arweiler N, Georg T, Reich E. Desensitizing effects of an Er:YAG laser on hypersensitive dentine. *J Clin Periodontol* 2002, 29(3): 211-5.
95. West NX. The dentine hypersensitivity patient - a total management package. *Int Dent J* 2007, 57: 411-9.
96. Shiau HJ. Dentin hypersensitivity. *J Evid Based Dent Pract* 2012, 12: 220-8.
97. Jung M, Lommel D, Klimek J. The imaging of root canal obturation using micro-CT. *Int Endod J* 2005, 38(9): 617-26.
98. Aoyagi H, Tsuchikawa K, Iwasaki S. Three-dimensional observation of the mouse embryo by micro-computed tomography: composition of the trigeminal ganglion. *Odontology* 2010, 98(1): 26-30.
99. Parr WC, Chamoli U, Jones A, Walsh WR, Wroe S. Finite element micro-modelling of a human ankle bone reveals the importance of the trabecular network

- to mechanical performance: new methods for the generation and comparison of 3D models. *J Biomech* 2013, 46(1): 200-5.
100. Çivitçi F, Malkoç MA. Diş hekimliğinde mikro bt'nin kullanım alanları. *Dental Journal of Dicle* 2013, 14: 279-84.
 101. Guldberg RE, Ballock RT, Boyan BD, Duvall CL, Lin AS, Nagaraja S, Oest M, Phillips J, Porter BD, Robertson G, Taylor WR. Analyzing bone, blood vessels, and biomaterials with microcomputed tomography. *IEEE Eng Med Biol Mag* 2003, 22(5): 77-83.
 102. Swain MV, Xue J. State of the art of Micro-CT applications in dental research. *Int J Oral Sci* 2009, 1(4): 177-88.
 103. Zou W, Hunter N, Swain MV. Application of polychromatic μ CT for mineral density determination. *J Dent Res* 2011, 90(1): 18-30.
 104. Efeoglu N, Wood D, Efeoglu C. Microcomputerised tomography evaluation of 10% carbamide peroxide applied to enamel. *J Dent* 2005, 33(7): 561-7.
 105. Huang TT, Jones AS, He LH, Darendeliler MA, Swain MV. Characterisation of enamel white spot lesions using X-ray micro-tomography. *J Dent* 2007, 35(9): 737-43.
 106. Hamba H, Nikaido T, Inoue G, Sadr A, Tagami J. Effects of CPP-ACP with sodium fluoride on inhibition of bovine enamel demineralization: a quantitative assessment using micro-computed tomography. *J Dent* 2011, 39(6): 405-13.
 107. Hamilton MJ, Vandewalle KS, Roberts HW, Hamilton GJ, Lien W. Microtomographic porosity determination in alginate mixed with various methods. *J Prosthodont* 2010, 19(6): 478-81.
 108. Sato T, Miyazaki M, Rikuta A. Real-time dimensional change in light-cured composites at various depths using laser speckle contrast analysis. *Eur J Oral Sci* 2004, 112(6): 538-44.
 109. Sato T, Miyazaki M, Rikuta A, Kobayashi K. Application of the laser speckle-correlation method for determining the shrinkage vector of a light-cured resin. *Dent Mater J* 2004, 23(3): 284-90.
 110. Sun J, Fang R, Lin N, Eidelman N, Lin-Gibson S. Nondestructive quantification of leakage at the tooth-composite interface and its correlation with material performance parameters. *Biomaterials* 2009, 30(27): 4457-62.

111. Zeiger DN, Sun J, Schumacher GE, Lin-Gibson S. Evaluation of dental composite shrinkage and leakage in extracted teeth using X-ray microcomputed tomography. *Dent Mater* 2009, 25(10): 1213-20.
112. Cho E, Sadr A, Inai N, Tagami J. Evaluation of resin composite polymerization by three dimensional micro-CT imaging and nanoindentation. *Dent Mater* 2011, 27(11): 1070-8.
113. Peters OA, Laib A, Göhring TN, Barbakow F. Changes in root canal geometry after preparation assessed by high-resolution computed tomography. *J Endod* 2001, 27(1): 1-6.
114. Moore J, Fitz-Walter P, Parashos P. A micro-computed tomographic evaluation of apical root canal preparation using three instrumentation techniques. *Int Endod J* 2009, 42(12): 1057-64.
115. Garetto LP, Chen J, Parr JA, Roberts WE. Remodeling dynamics of bone supporting rigidly fixed titanium implants: a histomorphometric comparison in four species including humans. *Implant Dent* 1995,4(4): 235-43.
116. Park Y-S, Yi KY, Lee IS, Jung YC. Correlation between microtomography and histomorphometry for assessment of implant osseointegration. *Clin Oral Implants Res* 2005, 16: 156-60. Erratum In: *Clin Oral Implants Res*. 2005, 16.
117. Kim I, Paik KS, Lee SP. Quantitative evaluation of the accuracy of micro-computed tomography in tooth measurement. *Clin Anat* 2007, 20(1): 27-34.
118. Olejniczak AJ, Grine FE. Assessment of the accuracy of dental enamel thickness measurements using microfocal X-ray computed tomography. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol* 2006, 288(3): 263-75.
119. Palazon MT, Scaramucci T, Aranha AC, Prates RA, Lachowski KM, Hanashiro FS, Youssef MN. Immediate and short-term effects of in-office desensitizing treatments for dentinal tubule occlusion. *Photomed Laser Surg* 2013, 31(6): 274-82.
120. Rusin RP, Agee K, Suchko M, Pashley DH. Effect of a new desensitizing material on human dentin permeability. *Dent Mater* 2010, 26(6): 600-7.
121. Kim SY, Kim EJ, Kim DS, Lee IB. 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): 419-28.

122. 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): 293-8.
123. 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): 129-38.
124. Wang Z, Jiang T, Sauro S, Pashley DH, 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): 372-81.
125. Gandolfi MG, Iacono F, Pirani C, Prati C. The use of calcium-silicate cements to reduce dentine permeability. *Arch Oral Biol* 2012, 57(8): 1054-61.
126. Sauro S, Thompson I, Watson TF. Effects of common dental materials used in preventive or operative dentistry on dentin permeability and remineralization. *Oper Dent* 2011, 36(2): 222-30.
127. 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): 303-9.
128. 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): 269-75.
129. Pradelle-Plasse N, Wenger F, Colon P. Effect of conditioners on dentin permeability using an impedance method. *J Dent* 2002, 30(5-6): 251-7.
130. 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): 400-10.
131. 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): 401-8.
132. McAndrew R, Kourkouta S. Effects of toothbrushing prior and/or subsequent to dietary acid application on smear layer formation and the patency of dentinal tubules: an SEM study. *J Periodontol* 1995, 66(6): 443-8.

133. 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): 210-4.
134. Bouxsein ML, Boyd SK, Christiansen BA, Guldberg RE, Jepsen KJ, Müller R. Guidelines for assessment of bone microstructure in rodents using micro-computed tomography. *J Bone Miner Res* 2010, 25(7): 1468-86.
135. Stock SR, Barss J, Dahl T, Veis A, Almer JD. X-ray absorption microtomography (microCT) and small beam diffraction mapping of sea urchin teeth. *J Struct Biol* 2002, 139(1): 1-12.
136. Stock SR, Vieira AE, Delbem AC, Cannon ML, Xiao X, Carlo FD. Synchrotron microComputed Tomography of the mature bovine dentinoenamel junction. *J Struct Biol* 2008, 161(2): 162-71.
137. Zhou XZ, Zhang G, Dong QR, Chan CW, Liu CF, Qin L. Low-dose X-irradiation promotes mineralization of fracture callus in a rat model. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009, 129(1): 125-32.
138. Kinney JH, Balooch M, Haupt Jr DL, Marshall SJ, Marshall Jr GW. Mineral distribution and dimensional changes in human dentin during demineralization. *J Dent Res* 1995, 74(5): 1179-84.
139. Anderson P, Elliott JC, Bose U, Jones SJ. A comparison of the mineral content of enamel and dentine in human premolars and enamel pearls measured by X-ray microtomography. *Arch Oral Biol* 1996, 41(3): 281-90.
140. Songsiripradubboon S, Hamba H, Trairatvorakul C, Tagami J. Sodium fluoride mouthrinse used twice daily increased incipient caries lesion remineralization in an in situ model. *J Dent* 2014, 42(3): 271-8.
141. Kerns DG, Scheidt MJ, Pashley DH, Horner JA, Strong SL, Van Dyke TE. Dentinal tubule occlusion and root hypersensitivity. *J Periodontol* 1991, 62(7): 421-8.
142. 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): 366-73.
143. ten Cate JM, Duijsters PP. Alternating demineralization and remineralization of artificial enamel lesions. *Caries Res* 1982, 16(3): 201-10.

144. Lodha E, Hamba H, Nakashima S, Sadr A, Nikaido T, Tagami J. Effect of different desensitizers on inhibition of bovine dentin demineralization: micro-computed tomography assessment. *Eur J Oral Sci* 2014, 122(6): 404-10.
145. Al Haddad T, Khoury E, Farhat Mchayleh N. Comparison of the Remineralizing Effect of Brushing with Aloe vera versus Fluoride Toothpaste *Eur J Dent* 2021, 15(1): 133-8.
146. Horuztepe SA, Ergin E, Onen A, Gürgan S. Comparison of Resin Infiltration Technique with Conventional Preventive Applications on Occlusal Fissures in Terms of Chemical Analysis and SEM. *Acta Stomatol Croat* 2020, 54(4): 382-91.
147. Ahn JH, Kim JW. Time-Dependent Anti-Demineralization Effect of Silver Diamine Fluoride. *Children (Basel)* 2020, 7(12): 251.
148. Sauro S, Gandolfi MG, Prati C, Mongiorgi R. Oxalate-containing phytocomplexes as dentine desensitisers: an in vitro study. *Arch Oral Biol* 2006, 51(8): 655-64.
149. 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): 411-22.
150. Lukomsky EH. Fluorine Therapy for Exposed Dentin and Alveolar Atrophy. *J Dent Res* 1941, 20(6): 649-59.
151. Tal M, Oran M, Gedalia T. X-ray diffraction and scanning electron microscope investigations of fluoride-treated dentine in man. *Arch Oral Biol* 1976, 21(5): 285-90.
152. Gaffar A. Treating hypersensitivity with fluoride varnish. *Compend Contin Educ Dent* 1999, 20: 27-33.
153. Duran I, Sengun A. The long-term effectiveness of five current desensitizing products on cervical dentine sensitivity. *J Oral Rehabil* 2004, 31(4): 351-6.
154. Beltrán-Aguilar ED, Goldstein JW, Lockwood SA. Fluoride varnishes. A review of their clinical use, cariostatic mechanism, efficacy and safety. *J Am Dent Assoc* 2000, 131(5): 589-96.
155. Kielbassa AM, Attin T, Hellwig E, Schade-Brittinger C. In vivo study on the effectiveness of a lacquer containing CaF₂/NaF in treating dentine hypersensitivity. *Clin Oral Investig* 1997, 1(2): 95-9.
156. Lawson K, Gross KB, Overman PR, Anderson D. Effectiveness of chlorhexidine and sodium fluoride in reducing dentin hypersensitivity. *J Dent Hyg* 1991, 65(7): 340-4.

157. Pesevska S, Nakova M, Ivanovski K, Angelov N, Kesic L, Obradovic R, Mindova S, Nares S. Dentinal hypersensitivity following scaling and root planing: comparison of low-level laser and topical fluoride treatment. *Lasers Med Sci* 2010, 25(5): 647-50.
158. Joshua M, E, Kandaswamy D. Effects of six in-office agents of desensitization on the permeability of dentin - An in-vitro hydraulic conductance study. *J Conserv Dent* 2005, 8(4): 14-25.
159. Torres CR, Silva TM, Fonseca BM, Sales AL, Holleben P, Di Nicolo R, Borges AB. The effect of three desensitizing agents on dentin hypersensitivity: a randomized, split-mouth clinical trial. *Oper Dent* 2014, 39(5): 186-94.
160. 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): 279-86.
161. Camilotti V, Zilly J, Busato Pdo M, Nassar CA, Nassar PO. Desensitizing treatments for dentin hypersensitivity: a randomized, split-mouth clinical trial. *Braz Oral Res* 2012, 26(3): 263-8.
162. Lan WH, Liu HC, Lin CP. The combined occluding effect of sodium fluoride varnish and Nd:YAG laser irradiation on human dentinal tubules. *J Endod* 1999, 25(6): 424-6.
163. Hsu PJ, Chen JH, Chuang FH, Roan RT. The combined occluding effects of fluoride-containing dentin desensitizer and Nd-Yag laser irradiation on human dentinal tubules: an in vitro study. *Kaohsiung J Med Sci* 2006, 22(1): 24-9.
164. 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): 262-8.
165. Vahid Golpayegani M, Sohrabi A, Biria M, Ansari G. Remineralization Effect of Topical NovaMin Versus Sodium Fluoride (1.1%) on Caries-Like Lesions in Permanent Teeth. *J Dent* 2012, 9(1): 68-75.
166. Sharma N, Roy S, Kakar A, Greenspan DC, Scott R. A clinical study comparing oral formulations containing 7.5% calcium sodium phosphosilicate (NovaMin), 5% potassium nitrate, and 0.4% stannous fluoride for the management of dentin hypersensitivity. *J Clin Dent* 2010, 21(3): 88-92.

167. Aras A, Celenk S, Dogan M, Bardakci E. Comparative evaluation of combined remineralization agents on demineralized tooth surface. *Niger J Clin Pract* 2019, 22(11): 1546-52.
168. Amaechi BT, Mathews SM, Mensinkai PK. Effect of theobromine-containing toothpaste on dentin tubule occlusion in situ. *Clin Oral Investig* 2015, 19(1): 109-16.
169. Spolsky VW, Black BP, Jenson L. Products-old, new, and emerging. *J Calif Dent Assoc* 2007, 35(10): 724-37.
170. Rajesh K, Hedge S, Arun Kumar M, Shetty D. 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): 363-7.
171. Wolff MS. Dentin hypersensitivity, the biofilm and remineralization: what is the connection? *Adv Dent Res* 2009, 21(1): 21-4.
172. Cochrane N, Shen P, Yuan Y, Reynolds E. Ion release from calcium and fluoride containing dental varnishes. *Aust Dent J* 2014, 59: 100-5.
173. Hongal S, Torwane N, Goel P, Chandra shekar BR. The effect of 30% ethanolic extract of Indian propolis on replica of human dentin compared against commercially available desensitizing agent: A methodological SEM study in vitro. *Pharmacognosy Res* 2014, 6: 113-9.
174. Jayarajan J, Janardhanam P, Jayakumar P. Efficacy of CPP-ACP and CPP-ACPF on enamel remineralization-an in vitro study using scanning electron microscope and DIAGNOdent. *Indian J Dent Res* 2011, 22(1): 77-82.
175. Kanaparthi R AK. Clinical efficacy of amorphous calcium phosphate, GC Tooth Mousse and Gluma Desensitizer in treating dentin hypersensitivity. *Int J Dent Clin* 2011, 3: 65-9.
176. Saraf DJ AD, Zade DR, Mangalekar DS, Zade DV, Ansari DS. Evaluation of effectiveness of CPP-ACP combination in treating dentinal hypersensitivity following non surgical periodontal therapy-A randomized clinical trial. *Chhattisgarh J Health Sci* 2013, 1: 32-4.
177. Ghafournia M, Tehrani MH, Nekouei A, Faghihian R, Mohammadpour M, Feiz A. In vitro evaluation of dentin tubule occlusion by three bioactive materials: A scanning electron microscopic study. *Dent Res J* 2019, 16(3): 166-71.

178. Yang H, Pei D, Chen Z, Lei J, Zhou L, Huang C. Effects of the application sequence of calcium-containing desensitising pastes during etch-and-rinse adhesive restoration. *J Dent* 2014, 42(9): 1115-23.
179. Rahiotis C, Vougiouklakis G. Effect of a CPP-ACP agent on the demineralization and remineralization of dentine in vitro. *J Dent* 2007, 35(8): 695-8.
180. Poggio C, Lombardini M, Vigorelli P, Ceci M. Analysis of dentin/enamel remineralization by a CPP-ACP paste: AFM and SEM study. *Scanning*, 2013, 35(6): 366-74.
181. Li X, Wang J, Joiner A, Chang J. The remineralisation of enamel: a review of the literature. *J Dent* 2014, 42: 12-20.
182. Hirsiger C, Schmidlin PR, Michaelis M, Hirsch C, Attin T, Heumann C, Domejean S, Gernhardt CR. Efficacy of 8% arginine on dentin hypersensitivity: A multicenter clinical trial in 273 patients over 24 weeks. *J Dent* 2019, 83: 1-6.
183. Uraz A, Erol-Şimşek Ö, Pehlivan S, Suludere Z, Bal B. The efficacy of 8% Arginine-CaCO₃ applications on dentine hypersensitivity following periodontal therapy: a clinical and scanning electron microscopic study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2013, 18(2): 298-305.
184. Davies M, Paice EM, Jones SB, Leary S, Curtis AR, West NX. Efficacy of desensitizing dentifrices to occlude dentinal tubules. *Eur J Oral Sci* 2011, 119(6): 497-503.
185. Petrou I, Heu R, Stranick M, Lavender S, Zaidel L, Cummins D, Sullivan RJ, Hsueh J, Gimzewski D. A breakthrough therapy for dentin hypersensitivity: how dental products containing 8% arginine and calcium carbonate work to deliver effective relief of sensitive teeth. *J Clin Dent* 2009, 20(1): 23-31.

EKLER

EK-1

Özgeçmiş



EK-2

Etik kurul onayı

