

K.K.T.C.
YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DENTİN HASSASIYETİNİN TEDAVİSİNDE
ERBİYUM, KROM:
İTRİYUM-SKANDİYUM-GALYUM-GARNET LAZERİN,
SUBABLATİF DOZLARDA UYGULANMASININ İMMEDİAT
ETKİSİNİN KLİNİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ VE
YÜZEY DEĞİŞİKLİKLERİNİN TARAMALI ELEKTRON
MİKROSKOBU İLE İNCELENMESİ

Dişhek. Hakan BAYINDIR

Periodontoloji Programı
DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI
Yrd. Doç. Dr. H. Güney YILMAZ

LEFKOŞA
2011

Yakın Doğu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

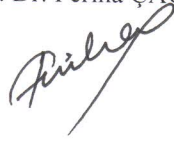
Periodontoloji Anabilim Dalı Programı çerçevesinde yürütölmüş olan bu çalışma
Aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 19.12.11

İmza

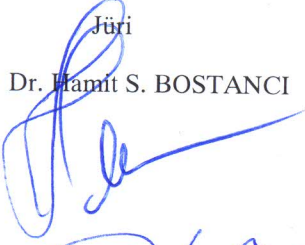
Jüri Başkanı

Prof. Dr. Feriha ÇAĞLAYAN



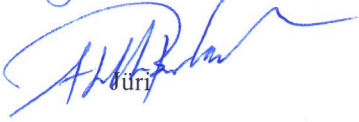
Jüri

Prof. Dr. Hamit S. BOSTANCI



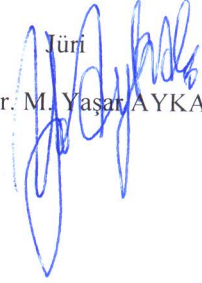
Jüri

Prof. Dr. Atilla BERBEROĞLU



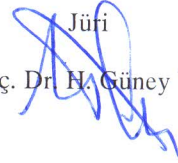
Jüri

Prof. Dr. M. Yaşar AYKAÇ



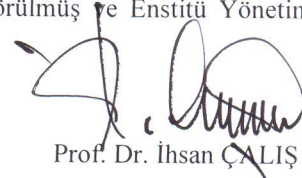
Jüri

Yrd. Doç. Dr. H. Güney YILMAZ



ONAY:

Bu tez, Yakın Doğu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görölmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.



Prof. Dr. İhsan ÇALIŞ

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimine başladığım ilk günden itibaren bana her konuda destek olan, bilgisi ve sabrı ile bu meslekte bilgi ve beceri sahibi olmamı sağlayan, tezimin hazırlanmasında fikirleri ile yol gösteren ve tezimin oluşmasında bana destek olan saygıdeğer hocam Yrd. Doç. Dr. H. Güney YILMAZ' a sonsuz teşekkür ederim.

Doktora eğitimimdeki önemli katkılarından dolayı değerli hocalarım başta Prof. Dr. Atilla BERBEROĞLU olmak üzere Prof. Dr. Hamit S. BOSTANCI ve Prof. Dr. Yaşar AYKAÇ' a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmamdaki katkılarından dolayı Dr. Dişhek. Sevcan Kurtulmuş YILMAZ, Dişhek. Esra CENGİZ, Dişhek. İlkim KARADAĞ ve ODTÜ Metalürji Mühendisliği SEM Araştırma Laboratuvarı teknisyeni Cengiz Mehmet TAN' a teşekkür ederim.

Anlayışları ve yardımları için çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Sevgisiyle her zaman yanımda olan ve tez çalışmam süresince bana sabırla destek veren Av. Simge BULUT' a tüm kalbimle teşekkür ederim.

Doğduğum günden bugüne kadar bana maddi manevi her türlü desteği veren, her zaman yanımda olduklarını bildiğim ve beni bu yolda her konuda destekleyen karşılık beklemeden beni her zaman seven ve bugünlere gelmemi sağlayan aileme sonsuz teşekkür ederim.

ÖZET

Bayındır, H. Dentin Hassasiyetinin Tedavisinde Erbiyum, Krom: İttriyum-Skandiyum-Galyum-Garnet Lazerin, Sub-ablatif Dozlarda Uygulanmasının Anlık Etkisinin Klinik Olarak Değerlendirilmesi ve Yüzey Değişikliklerinin Taramalı Elektron Mikroskobu ile İncelenmesi. Yakın Doğu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Periodontoloji Programı, Doktora Tezi, Lefkoşa, 2011.

Dentin hassasiyeti (DH) herhangi bir dental defekt veya patoloji ile açıklanamayan, kimyasal, termal, ozmotik veya buharlaştırıcı uyaranlara karşı ortaya çıkan kısa süreli keskin bir ağrı olarak tanımlanmaktadır ve doğru tedaviyi seçmek zordur. DH'nin konvansiyonel tedavileri için gelecek vadeden bir alternatif olarak lazer üzerinde çalışılmaktadır. Özellikle Erbiyum, Krom: İttriyum-Skandiyum-Galyum-Garnet (Er,Cr:YSGG) lazer, hidroksil iyonları ve su tarafından yüksek derecede absorbe edilen dalga boyu sebebiyle sert doku uygulamalarında dikkat çekmektedir. Ancak DH üzerine Er,Cr:YSGG lazerin etkilerini inceleyen sınırlı çalışma olduğu görülmektedir. Planlanan bu çalışmada; DH'nin tedavisinde Er,Cr:YSGG lazerin, sub-ablatif dozlarda (0.25 W ve 0.5 W) uygulanmasının anlık etkisinin klinik olarak değerlendirilmesi ve dentindeki yüzey değişikliklerinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmamız en az 3 dişinde sınıf III mobilitesi olan ve belirgin DH olan 20 hasta üzerinde yürütülmüştür. Detartraj ve kök düzlemesini takiben DH, görsel ağrı skalası (VAS) kullanılarak değerlendirilmiştir. Grup 1'deki dişlere lazer emisyonu olmadan plasebo lazer, grup 2 ve 3'de ise Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz, mz6 tip, % 0 su ve %10 hava ayarı) sırasıyla 0.25 W ve 0.5 W'da 30 sn kullanılmıştır. Lazer tedavisi sonrası DH yeniden değerlendirilmiş, ardından dişler çekilmiştir ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) incelemesi için kesit çıkarılmıştır. Plasebo, 0.25 W ve 0.5 W lazer gruplarının grup-içi preoperatif ve postoperatif VAS skorları karşılaştırıldığında lazer irradyasyonun tedavi sonrasında DH'nin azaltılması üzerine immediat olarak etkinliği anlamlı bulunmuştur ($p = 0.0001$). Ayrıca postoperatif VAS skorları karşılaştırıldığında 0.5 W grubunun en iyi sonucu verdiği görülmüştür. ($p = 0.0001$). SEM incelemesi sonucunda da tübül kapatmasında en iyi sonucu grup 3 göstermiştir ($p = 0.0001$). Her

iki lazer grubunda da karbonizasyon ve çatlak gibi termal yan etkiler gözlenmemiştir. Bu çalışmanın sınırları dahilinde, DH'nin tedavisinde tek uygulama sonrası Er,Cr:YSGG lazerin pulpayı irrite etmeden ve termal yan etki göstermeden etkili olduğu sonucu çıkarabilir. 0.5 W güçte Er,Cr:YSGG lazer en iyi klinik ve SEM sonucunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Dentin hassasiyeti, Er,Cr:YSGG lazer, SEM

ABSTRACT

Bayındır, H. The Clinical Evaluation of Immediate Effect of Erbium; Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet Laser Usage at Sub-Ablative Dosages for Dentin Hypersensitivity Treatment and SEM Analysis of Dentin Surface. Near East University Institute of Health Sciences, PhD Thesis in Periodontology, Lefkoşa, 2011.

Dentine hypersensitivity (DH) is a painful condition from exposed dentin, typically in response to a chemical, thermal, tactile or osmotic stimulus that can not be explained as arising from any other form of dental defect or pathology; and it is difficult to choose the right treatment strategies available. Laser treatment have been studied as a promising alternative procedure for the conventional treatment of DH. Especially, Erbium; Chromium: Yttrium-Scandium-Gallium-Garnet (Er,Cr:YSGG) laser draw attention in hard tissue operations because of its wavelength which is highly absorbed by hydroxyl ions and water. However, there is limited studies on the effects of Er,Cr:YSGG laser on DH. The aim of this randomized, controlled, split-mouth clinical study was to evaluate the immediate effects of Er,Cr:YSGG laser at sub-ablative power settings on DH treatment and SEM analysis of irradiated dentin surface. The study conducted on 20 patients who had at least 3 teeth of Grade III mobility with clinically elicitable DH divided into 3 groups. Following scaling and root planning assesment of hypersensitivity using visual analog scale (VAS) was done. Group 1 teeth received plasebo laser treatment without emission; group 2 and 3 teeth received Er,Cr:YSGG laser (20 Hz, mz6 tip, 0% of water and 10% air setting) at 0.25 W and 0.5 W power settings for 30 seconds, respectively. After laser treatment, hypersensitivity was again asessted, and teeth were extracted, sectioned, and scanned using scanning electron microscopy (SEM). When compared plasebo, 0.25 W and 0.5 W groups' baseline and immediate VAS scores in both laser groups, laser irradiation provided a desensitizing effect immediately after treatment ($p = 0.0001$). And group 3 showed the most pronounced decrease in postoperative VAS scores ($p = 0.0001$). For tubule diameters group 3 showed the most pronounced closure of dentinal tubules after irradiation ($p = 0.0001$). No thermal side effect like carbonization and cracks were seen in both laser groups. Within the limitations of

this study, it can be concluded that Er,Cr:YSGG laser were effective in the treatment of DH following a single application with not irritating the pulp and without thermal side effects. The Er,Cr:YSGG laser at a power of 0.5 W showed the best performance in the clinical evaluations and SEM analysis.

Key words: Dentin, hypersensitivity, Er,Cr:YSGG laser, SEM

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
TABLolar DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Dentinin Yapısı	4
2.1.1. Dentin Tabakaları	6
2.1.2. Odontoblastlar	8
2.1.3. Dentinin İnnervasyonu	8
2.2. Dentin Hassasiyeti	10
2.2.1. Dentin Hassasiyetinin Tanımı	10
2.2.2. Dentin Hassasiyetinin Mekanizmaları	12
2.2.2.1. Odontoblast Reseptör Teorisi	13
2.2.2.2. Doğrudan sinir sonlanması teorisi	13

2.2.2.3. Hidrodinamik Teori	14
2.2.3. Dentin Hassasiyeti Etiyolojisi	15
2.2.4. Dentin Hassasiyetinde Tükrüğün Rolü	18
2.2.5. Dentin Hassasiyetinin Prevalansı	19
2.2.6. Dentin Hassasiyetinin Ayırt Edici Tanısı	20
2.3. Dentin Hassasiyetinin Tedavisi	21
2.3.1. Evde Uygulanan Tedaviler	22
2.3.2. Dental Klinikte Tedavi	25
2.3.2.1. Sinir Duyarsızlaştırılması	25
2.3.2.2. Anti-inflamatuar ajanlar	26
2.3.2.3. Dentin Tübüllerinin Kapatıcı veya Tıkayan Ajanlar	26
2.3.2.4. Periodontal Cerrahi	29
2.3.2.5. Lazerler	29
2.3.2.5.1. Lazerin Tanımı	29
2.3.2.5.2. Lazerler Işıklarının Temel Özellikleri	30
2.3.2.5.3. Lazer Enerjisinin Oluşumu	31
2.3.2.5.4. Lazer-Doku Etkileşimi	33
2.3.2.5.5. Lazer Işıklarının Dokularda Yaratabileceği Etkiler	34
2.3.2.5.6. Lazerlerin Sınıflaması	36
2.4. Dentin Hassasiyetinin Tedavisinde Lazer Kullanımı	38
2.4.1. Düşük Güçteki (Low-Output) Lazerler	39

2.4.1.1. He-Ne Lazer	39
2.4.1.2. GaAlAs Lazer	40
2.4.2. Orta Güçteki (Middle-Output) Lazerler	40
2.4.2.1. Nd:YAG Lazer	40
2.4.2.2. CO₂ Lazer	41
2.4.2.3. Erbiyum Lazerler	41
2.4.2.3.1. Er:YAG Lazer	43
2.4.2.3.2. Er,Cr:YSSG Lazer	43
3. GEREÇ VE YÖNTEM	46
3.1. Çalışma Grupları	47
3.2. Dişlerin Hazırlanması	47
3.3. Ağrının Değerlendirilmesi	47
3.4. Lazer Uygulaması	48
3.5. SEM İncelemesi	49
3.6. Örnek Sayısının Hesaplanması	51
3.7. İstatistiksel Değerlendirme	51
4. BULGULAR	53
5. TARTIŞMA	60
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR	85
YAYINLAR	103

SİMGELER VE KISALTMALAR

cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
CO ₃	Karbonat
dk	Dakika
Er,Cr:YSGG	Erbiyum, Krom; İttriyum-Skandiyum-Galyum-Garnet
Er:YAG	Erbiyum: İttriyum-Alüminyum-Garnet
GaAlAs-Diode	Galyum-Alüminyum-Arsenik
HA	Hidroksiapatit
He-Ne	Helyum-Neon
HPO ₄	Hidrojen fosfat
Hz	Hertz
J/cm ²	Joule/santimetre ²
kV	Kilovolt
m	Metre
m/s	Metre/saniye
mA	Miliamper
mm	Milimetre
mW	Miliwatt
NaOCl	Sodyum hipoklorit
Nd:YAG	Neodyum: İttriyum Alüminyum-Garnet
nm	Nanometre
°C	Santigrat derece
OH	Hidroksil
pH	Hidrojenin gücü

Pps	Her saniyedeki atım
Psi	pound/inç kare
sn	Saniye
TetCP	Tetrakalsiyum fosfat
TGF- β	Transforme edici büyüme faktörü-beta
Torr	milimetre civa
TRPV1	Transient receptor potential vanilloid subfamily 1
VAS	Görsel ağrı skalası
VRS	Sözel tanımlama skalası
W	Watt
α –TCP	Alfa trikalsiyum fosfat
β -TCP	Beta trikalsiyum fosfat
μ m	Mikrometre

ŞEKİLLER

	Sayfa
1. Lazerler ışınlarının dalga boylarına göre sınıflandırılması	37
2. Vitalometre ile dişin pulpa canlılığının değerlendirilmesi	47
3. İzolasyon sonrasında hava spreyi uygulaması	47
4. Lazer uygulaması öncesi servikal bölgenin görünümü	48
5. Lazer uygulaması sonrasında servikal bölgede oluşan beyaz renk değişimi	48
6. Düşük hızlı testere	49
7. Akril blok içine gömülmüş dişlerin görüntüsü	49
8. Düşük hızlı testere ile kesme işleminin görüntüsü	49
9. Dehidratasyon işlemi sonrasında alüminyum bloklar üzerine yerleştirilen örnekler	50
10. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)	50
11. SEM görüntüsü üzerinden yapılan ölçümler	51
12a. Kontrol grubuna ait SEM görüntüsü	58
12b. 0.25 W güçte Er,Cr:YSGG lazer uygulanmış dentin yüzeyi	58
12c. 0.5 W güçte Er,Cr:YSGG lazer uygulanmış dentin yüzeyi	58
13. Bölünmüş dentin örneğinde tübül içerisindeki tıkaç şeklinde birikintiler	59

TABLÖLAR

	Sayfa
1. Hastaların demografik özellikleri	54
2. Çalışmaya dahil edilen dişlerin dağılımı	54
3. Hastaların gruplara göre pre-op ve post-op VAS skorları	55
4. Her grup için VAS skorlarının ortalamaları ve standart sapmaları	56
5. Hastaların gruplara göre dentin tübül çapı ortalamaları	56
6. Her grup için dentin tübülü çapı ortalamaları ve standart sapmaları	57
7. Gruplar arası dentin tübülü çapı karşılaştırmaları	57

1. GİRİŞ

Günümüzde giderek artan bir sorun olarak karşımıza çıkan dentin hassasiyeti (DH) herhangi bir dental defekt veya patoloji ile açıklanamayan, kimyasal, termal, ozmotik veya buharlaştırıcı uyaranlara karşı ortaya çıkan kısa süreli keskin bir ağrı olarak tanımlanmaktadır (Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003). Yetişkinlerde DH görülme oranı %4 ile %74 arasında değişmektedir (Holland *et al.*, 1997; Rees ve Addy, 2002; Bartold, 2006) ve bu oran periodontal hastalığı olan bireylerde %98 'lere kadar çıkmaktadır (Al-Sabbagh *et al.*, 2009; Porto *et al.*, 2009). Hassasiyet görülen diştten kaynaklanan ağrı çok yoğun olabilir ve yemek, içmek ve hatta nefes almayı etkileyecek kronik bir irritasyon kaynağı olarak karşımıza çıkabilir. DH'nin prevalansının gelecekte, ağız bakımına verilen önemin artmasına ve asidik yiyeceklerin alımındaki artışa bağlı olarak özellikle genç yaş gruplarında daha yüksek olacağı düşünülmektedir (Attar ve Korkmaz, 2006). DH, bu sebeplerden dolayı üzerinde durulması gereken önemli bir durumdur.

Mine kaybı veya dişeti çekilmesi sonrasında dentin yüzeyinin açığa çıkmasıyla dentin tübüllerinin oral kaviteye açılması sonucunda DH oluşabilir. Erozyon, abrazyon, atrizyon ve abfraksiyon lezyonları dentin tübüllerinin açığa çıkmasına neden olan sert doku kayıplarıdır (Dababneh *et al.*, 1999; West, 2008; Wolff, 2009). Diş eti çekilmeleri dentinin açığa çıkmasındaki diğer bir nedendir. Periodontal operasyonlar, yanlış diş fırçalama alışkanlığına bağlı mekanik travmalar, periodontal hastalıkları, yaş, dişin dental ark üzerindeki malpozisyonu dişeti çekilmesine neden olan faktörlerdendir (Chabanski *et al.*, 1997; Wichgers ve Emert, 1996).

Günümüzde DH'yi açıklamada en yaygın olarak kabul edilen teori Brännström (1966) tarafından tarif edilen hidrodinamik teoridir. Bu teoriye göre ağız ortamına açılmış dentin tübüllerindeki dentinal sıvı akışı arttığında; bu akış odontoblastlar etrafındaki serbest sinir fibrillerin uyararak DH'ye neden olmaktadır. Dolayısı ile hassasiyet tedavisinde; açık dentin tübüllerini tıkamak veya çaplarını

küçültülerek dentin sıvısının hareketi azaltılmasıyla hassasiyetin giderilmesi ve pulpal sinir iletiminin bloke edilmesi hedeflenir (Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003; Chabanski *et al.*, 1997; Gilliam ve Orchardson, 2006; Orchardson ve Gillam, 2006; West, 2008).

DH tedavisinde yapılan uygulamalar, evde ve klinikte yapılanlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan evde bireyin kendi uyguladığı tedaviler hassasiyet giderici diş macunları ve ağız gargaralardır. Evde, 2-4 hafta süre ile devam edilen DH tedavisine rağmen, ağrı şiddetinde azalma meydana gelmemiş ise tedaviye klinik ortamda devam edilmesi gereklidir (Orchardson ve Gillam, 2006). Klinik olarak DH'nin tedavisinde; sinir iletimini bloke etmek, dentin tübüllerinin daralmasını veya tıkanması sağlamak veya anti inflamatuvar etki elde etmek amacıyla çeşitli kimyasal ve fiziksel ajanlar kullanılmaktadır (Orchardson ve Gillam, 2006; Bartold, 2006). Sinir iletiminin bloke eden ajanlar olarak potasyum nitrat veya potasyum klorid kullanılabilir. Dentin tübüllerindeki sıvı akışını azaltmak için ise sodium florür cilaları, kavite vernikleri, kalsiyum bileşikler, dentin bonding ajanları gibi çeşitli desensitivite edici ajanlar kullanılmaktadır (Bartold, 2006). Kimyasal ajanların yanı sıra lazerler de hassasiyet tedavisinde kullanılmaktadırlar. Helyum Neon (He-Ne), Galyum-Alüminyum-Arsenid (GaAlAs-Diode), Neodyum: Yitriyum-Alüminyum-Garnet (Nd:YAG), Karbondioksit (CO₂), Erbiyum: İttriyum-Alüminyum-Garnet (Er:YAG) ve Erbiyum, Krom: İttriyum-Skandiyum-Galyum-Garnet (Er,Cr:YSGG) lazer gibi lazerlerin desensitivite edici etkileri vardır. Dentin üzerine lazerin etkisini açıklayan birçok farklı teori vardır. Genel olarak en çok kabul göreni; dentinin erime ve rekristalizasyonu ile dentin kanallarının tıkanması ya da daraltılmasıdır (Aranha *et al.*, 2009). Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerler ise sırasıyla 2940 ve 2780 nm dalga boylarında çalışmaktadır. Bu dalga boylarındaki lazer enerjisinin su molekülleri tarafından maksimum derecede emilmesi ve dentindeki hidroksil gruplarını da hedef alması sebebiyle dental uygulamalarda etkindirler. Er: YAG lazer irradyasyonunun DH'nin tedavisinde klinik başarısı çalışmalarda gösterilmiştir. Ancak literatür incelendiğinde Er,Cr:YSGG lazerle hassasiyet tedavisi ile ilgili sınırlı çalışma olduğu görülmektedir.

Bu tez çalışmada; DH'nin tedavisinde Er,Cr:YSGG lazerin, sub-ablatif dozlarda (0.25-0.5W) uygulanmasının immedat etkisinin klinik olarak değerlendirilmesi ve dentindeki yüzey değişikliklerinin taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmesi amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Dentinin Yapısı

Dentin kron yüzeyinde mine ve kök yüzeyinde ise sement tabakası ile pulpa dokusu arasında bulunan ve dişin asıl kütlesini oluşturan, dişe şeklini veren pöröz ve sarımsı renkli, ışığı yarı geçirgen özelliğe sahip bir yapıdır. Kompakt kemikten daha sert olan dentin, gelişme ve kimyasal yapı bakımından kemiği andırır. Sert ve kırılğan olan minenin aksine hafif deformasyonlara karşı koyabilir ve çok elastiktir (Linde ve Goldberg, 1993). Ektomezenşimden gelişen odontoblast hücreleri tarafından oluşturulan dentinin kütlesi %70 mineraller, %20 organik materyaller ve %10 sudan oluşmaktadır (Pashley, 2002, s. 63-64). Hacimsel olarak %45-50'si inorganik, %30'u organik, %20-25'i sudur. Dentinin ağırlık yüzdesinin hacim yüzdesinden çok daha fazla olması, $2.05-2.3 \text{ g/cm}^3$ arasında değişen yüksek yoğunluğuna bağlıdır (Linde ve Goldberg, 1993). Organik kısmın %92'si kollajendir ve ana maddesi mukopolisakkarittir. Kollajenler organik matriksin mineralizasyonu için çatı vazifesi görür ve dentine dayanıklılık ile esneklik sağlarlar. Organik kısmın kalanını ise nonkollajenöz protein büyüme faktörleri ve proteoglikanlar oluşturmaktadır. İnorganik kısmın büyük bir bölümü ise hidroksiapatit kristallerinden meydana gelmiştir. Dentinin su içeriğinin lokalizasyonla birlikte değişmekle beraber, %8-16 arasında olduğu rapor edilmektedir (Pashley, 2002, s. 63-64).

Dentinin inorganik yapısında kalsiyum fosfat ve kalsiyum hidroksit bileşimindeki hidroksiapatit bulunur. Dentindeki hidroksiapatit kristalleri minedekinden daha küçük yapıdadır (Linde ve Goldberg, 1993). Bunun sonucu olarak da asitte daha çabuk erirler ve dentin çürüğü minedekine oranla daha hızlı ilerler. Diğer inorganik bileşenler arasında karbonat, magnezyum, potasyum, demir, çinko ve kurşun vardır (Pashley, 2002, s. 65-67).

Organik matriksin yaklaşık %93'ü kollajen fibrillerden oluşur (Pashley, 2002, s. 67-68; Linde ve Goldberg, 1993). Ana maddesi mukopolisakkarittir. Kollajen lifler birbirleriyle çok sıkı temasta olup demetler yaparlar (Linde ve Goldberg, 1993).

Genel olarak dentin matriksinde yoğun olarak tip 1 kollajen vardır. Bunun dışında tip 5 ve tip 6 kollajen, pulpaya yakın bölgedeki predentine tip 3 kollajen bulunmaktadır (Linde ve Goldberg, 1993). Organik yapının kollajen olmayan bileşenleri ise fosfoproteinler, glikozaminoglikan, proteoglikanlar, proteinler, asidik glikoproteinler, odontoblastları kontrol eden büyüme faktörleri ve yağlardır. (Linde ve Goldberg, 1993).

Histolojik olarak incelendiğinde dentinin kompleks bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Dentin dokusunun yapı elemanları; pulpal kaviteden başlayan ve her yöne uzanan mikroskobik boyutlarda, çapları ortalama 0,8 μm ile 2,5 μm arasında olan dentin kanalları, dentin dokusunu oluşturan odontoblast hücreleri ve bunların uzantıları olan Tomes lifleri, dentin kanallarının etrafını saran peritübüler dentin ile intertübüler dentindir. Dişin koronal kısmındaki dentin tübülleri mineden pulpaya uzanır ve 2.5-3.5 mm uzunluğundadır. Her bir dentin tübülü en geniş kısmı pulpada, en dar kısmı ise mine-dentin birleşiminde olan ters çevrilmiş koni gibidir. Gençlerde dentin kanalları pulpa odası yakınlarında 3-4 μm çapında iken mine-dentin sınırında bu çap 2 μm 'ye kadar düşmektedir. Dentin kanallarının mine-dentin sınırında veya sement yakınında mm^2 deki sayısı 70.000–90.000 arasında iken pulpaya yakın bölgelerde 30.000–75.000 olarak değişmektedir (Pashley, 2002, s. 70-72; Linde ve Goldberg, 1993). Dentin kanalları mine-dentin sınırında dallara ayrılmakta ve bir pleksus meydana getirmektedirler. Kanallar diğer kanallara açılan yan dallar vermektedir (Linde ve Goldberg, 1993).

Dentin kanallarının içini, odontoblast hücrelerine ait Tomes lifleri olarak adlandırılan bir uzantı doldurur (Pashley, 2002, s. 70-72). Genellikle bu odontoblast uzantıları ile kanal çeperi arasındaki aralığı dentin lenfi doldurur. Tomes lifleri kanalların yan dal verdikleri yerlerde dallanarak yan kanalcıkları da doldururlar. Kimyasal, bakteriyel, fiziksel, ısısal ve travmatik uyaranlar pulpaya dentin kanalları vasıtasıyla iletilirler. Kanalların içerisinde kollajenden fakir, hipermineralize bir halka bulunur ve bu kısma “peritübüler dentin” adı verilir. Peritübüler dentin halkacıkları arasında kalan ve organik yapıyı oluşturan kollajen ağ üzerine çökelmiş olan hidroksiapatit kristallerinin oluşturduğu tabakaya ise “intertübüler dentin” adı verilir (Linde ve Goldberg, 1993). Peritübüler dentin genç bireylerde dentin kanalını

bir kılıf gibi sardığı halde yaş ilerledikçe kalınlaşır. Peritübüler dentin az miktarda kollajen içerdiği için asitlerle muamele edilince intertübüler dentinden daha çabuk erir. Ancak peritübüler dentin, intertübüler dentinden daha fazla mineralize olmuştur, dolayısıyla daha serttir (Linde ve Goldberg, 1993).

Dentin lenfi, pulpanın damarlarında dolaşan kanın bir ultrafiltratıdır ve yapı olarak plazmayı andırır. Bu sıvı odontoblastlar arasından dentin kanallarına girer ve sonuçta minede bulunan küçük deliklerden dışarı akar. Dentin lenfi dentin hacminin %22'sini oluşturan sıvılar arasında yer alır (Linde ve Goldberg, 1993). Pulpa dokusunun basıncı ortalama 0-60 mm civa basıncına eşittir. Bu nedenle pulpadan ağız içerisine doğru yani içten dışa doğru bir akım basıncı vardır. Kanalcıkların herhangi bir nedenle açılması halinde açığa çıkan dentin yüzeyinden sıvı küçük damlacıklar halinde dışarı akar. Bu sıvının hızla dışarı akmasının ise DH'ye neden olduğuna inanılmaktadır (Linde ve Goldberg, 1993).

2.1.1. Dentin Tabakaları

Dişin gelişimi yönünden incelendiğinde üç tip dentin oluşumu görülür. Bunlar primer dentin, sekonder dentin ve tersiyer dentindir. Dişin sürmesinden önce oluşan orijinal tübüler dentin primer dentindir. Primer dentinin dış tabakası manto dentin olarak adlandırılır ve merkezden uzaktaki dentine göre ortalama %4 daha az mineralizedir. Manto dentin yeni farklılaşmış odontoblastlar tarafından ilk oluşturulan dentin tabakası olup, yaklaşık olarak 150 µm genişliğindedir. Bu hücreler tam olarak farklılaşmamış olabilirler ya da ideal mineralizasyondan daha az mineralizasyona neden olacak şekilde daha kısa odontoblast uzantılarına sahip olabilirler (Smith, 2002, s. 46-47).

Sekonder dentin primer dentin gibi pulpa çevresindeki dentindir, fakat sekonder dentin kök oluşumunun tamamlanmasından sonra oluşmaktadır. Primer ve sekonder dentin arasındaki en büyük farklılık, sekonder dentinin primer dentine göre oldukça yavaş oluşmasıdır. Her iki tip dentini de aynı odontoblastlar oluşturduğu için, tübüllerin devamlılığı korunur. Yıllar boyunca, pulpa odasının tavanında ve tabanında çok fazla miktarda sekonder dentin oluşturulması sonucu pulpa odası

giderek daralır. Benzer bir şekilde, sekonder dentin formasyonu kök kanalının yaşla birlikte daralmasına neden olur (Smith, 2002, s. 47).

İrritasyon dentini, irregüler sekonder dentin, reaksiyoner dentin, tamir dentini yada koruyucu dentin olarak da bilinen üçüncü tip dentin tersiyer dentindir. Bu tip dentin sekonder dentin yapımı devam ederken çürük, atrizyon, abrazyon, erozyon veya restoratif işlemler gibi herhangi bir uyaran sonucunda pulpa-dentin bütünlüğü etkilenmesiyle, etkilenen alana bağlı olarak ilgili alanda dentin yapımının hızlanmasıyla oluşur (Smith, 2002, s. 48). Reaksiyoner ve tamir tipi olmak üzere iki tip tersiyer dentin mevcuttur. Reaksiyoner dentin yapım hızı, fizyolojik sekonder dentin yapım hızının 3 katıdır (Smith, 2002, s. 49-50). İrritasyon çok şiddetli olduğunda bu odontoblastlar ölür ve pulpadaki farklılaşmamış mezenşimal hücreler yeni sekonder odontoblastlara farklılaşarak tamir tersiyer dentini sentezlerler (Smith, 2002, s. 50).

Reaksiyoner veya reparatif dentin yapımı pulpa dentin bütünlüğünün bir savunma mekanizmasıdır (Smith, 2002, s. 50). Lokal tersiyer dentinin yapısı ve bileşenleri, primer ve sekonder dentinden oldukça farklıdır (Smith, 2002, s. 50-51). Tersiyer dentin düzensiz, daha az mineralize ve primer dentinden daha yüksek bir organik içeriğe sahiptir. Sekonder dentin ile tersiyer dentinin birleşim yerindeki dentin tübüleri direkt ilişkide olmayıp bu kesintili yapı yabancı maddelerin pulpaya geçişinde bir bariyer görevi görmektedir (Smith, 2002, s. 50-51). Bu yapı genelde düzensizdir. Dolayısıyla oluşan kanallar primer dentindeki gibi devamlılık göstermez. Bu özellik nedeniyle dentin kanallarındaki sıvı iletimi yavaşlar (Smith, 2002, s. 50-51).

Dentin tübülü uyarının pulpaya ulaşmasını sağlayan bir yoldur. Bu kanallar farklı noktalarda, debris, intratübüler sıkışmalar ve tersiyer dentin oluşumu gibi nedenlerle tıkanabilir. Tüm bunlar pulpadaki sıvının akışını, tübüller boyunca difüzyonunu değiştirir. Yapılan çalışmalarda hassas dentinde hassas olmayan dentine göre daha geniş ve daha fazla açık dentin tübülü olduğu saptanmıştır (Addy, 2002; Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003; Absi *et al.*, 1987). Dış yüzeyde tübüleri açık olmasına rağmen hassas olmayan dişlerde ise daha derinde

tersiyer dentin gibi faktörlerin etkisiyle tıkanma belirlenmiştir. Bu durum yaşlı bireylerde daha az dentin hassasiyeti görülmesini açıklamaktadır (Addy, 2002; Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003).

2.1.2. Odontoblastlar

Odontoblastlar, pulpa dokusunun dentine komşu yüzeyinde yer alan, tek yönlü fonksiyon gösterebilen, ileri derecede diferansiye olmuş özel bağ dokusu hücreleridir. İntrauterin hayatın 17-18. Haftasında oluşmaya başlayan odontoblastlar dentin yapımına katılırlar ve ölene kadar canlılıklarını korurlar. Kron pulpasında uzun silindirik biçimdedirler. Kök pulpasının orta bölümünde kübik şekil almaya başlarlar. Apikal foramen yakınında ise ince ve yassı bir görünüm alırlar. Kron pulpasındaki silindirik odontoblastlar düzenli kanallar taşıyan dentin dokusu yaparlar (Linde ve Goldberg, 1993). Odontoblastların esas görevi kollajen sentezi yapmak ve dentinin organik matriksini oluşturan kollajen harici proteinlerin salınımıdır (Linde ve Goldberg, 1993). Hücresel fonksiyondan sorumlu genel olarak transforme edici büyüme faktörü (TGF- β) ailesinden sinyal molekülleri salgırlar. Buna ek olarak dentin matriks mineralizasyonu, fizyolojik sekonder dentin salınımı ve sentezinde rolü olabileceği düşünülmektedir. Çeşitli zararlı uyarılara karşı da sekretuar aktivitelerinin artmasıyla ve tersiyer dentinin senteziyle cevap verebilir (Linde ve Goldberg, 1993). Dentin tübüllerindeki sıvı akışının sinyal taşınımını etkilemesiyle, odontoblastların bu gibi cevaplar vermesi ilişkilendirilebilir. Bununla birlikte duyuşal iletide de rolü olabileceği düşünülmektedir (Linde ve Goldberg, 1993).

2.1.3. Dentinin İnnervasyonu

Pulpa dentin kompleksi içerisindeki sinir lifleri büyük periferik sinir sisteminin bir parçasıdır. Dişler afferent ve post-ganglionik sempatik aksonlar içeren trigeminal sinirin dalları tarafından innerve edilirler. Dişlerin duyuşal innervasyonu ilk olarak koronal odontoblast tabakası, predentin ve dentinin iç tabakalarından başlamaktadır. İletim hızlarına göre sınıflama yapıldığında sırasıyla miyelinli ve miyelinsiz olacak şekilde: A (iletim hızı > 2 m/s) ve C (iletim hızı ≤ 2 m/s) lifleri olarak ayrılabilir (Demi *et al.*, 2009). A lifleri en geniş çaplıdır, en dar çaplı olanlar C lifleridir. Nöron boyunca uyarının gidiş hızı aksonun çapıyla direkt olarak

ilişkilidir. Sinir liflerinin çapı arttıkça iletim hızı da artar. A sinir liflerinin küçük bir oranını orta büyüklükte miyelinize lifler olan A-beta lifleri oluşturmaktadır. A-beta lifleri başlıca dentini ve pulpa boynuzu tepelerindeki dentin pulpa sınırını innerve ederler (Demi *et al.*, 2009). A-beta lifleri dentinin mekanik (hidrodinamik) uyarılmasındaki en hassas liflerdir ve dokunma, basınç ve proprioseptif impulsları hızla taşırlar (Demi *et al.*, 2009).

Dental sinir liflerinin %25-50'si birçok farklı reseptörler içeren küçük miyelinize A-delta liflerdir. Bu sinir liflerinin çoğu dentini, predentini ve mine altındaki koronal bölgelerdeki odontoblast tabakalarını innerve eder (Abd-Elmeguid ve Yu, 2009). Bu lifler travmatik veya yaralayıcı etkenlerle oluşan ağrı (nosiseptif duyu, nosipersepsiyon), ısı ve dokunma duyularını iletirler. Çoğu A-delta innervasyonu dentinde pulpa boynuzu tepelerinde yoğunlaşmaktadır. Bu tip innervasyon servikal bölgede daha nadir görülürken kök dentininde en az seviyededir A liflerinin aktivasyonu sonucu oluşan ağrı şiddetli ve yanıcı bir tarzdadır (Abd-Elmeguid ve Yu, 2009). Dişlerin içerisindeki sinir liflerinin büyük çoğunluğunu myelinize olmamış, yavaş iletim hızına sahip C-lifleri oluşturmaktadır. Bu lifler polimodal yapıdadırlar; histamin ve bradikinin gibi inflamatuvar mediatörler karşı cevap oluştururlar. Bu lifler periferel pulpa içerisinde veya pulpadaki kan damarları boyunca sonlanmaktadır ve pulpal hasar sonucunda en fazla aktive olurlar. Aktivasyonları sonucu oluşan ağrı iletim hızları yavaş olduğu için daha geç ortaya çıkar (Abd-Elmeguid ve Yu, 2009).

Diş pulpasındaki A-delta sinir lifleri daha hızlı iletim hızına sahip olduklarından başlangıç ağrı algılanmasından sorumludurlar. Devamlı zonklayan ağrının ise daha küçük C lifleri aktivitesi sonucu olduğu düşünülmektedir (Abd-Elmeguid ve Yu, 2009). Kısa sürede sonlanan, keskin ve nispeten iyi lokalize edilebilen bir ağrı, muhtemelen pulpada A lifleri aktivasyonu ile hissedilmektedir (Demi *et al.*, 2009). Bunun gibi ağrılar DH'nin karakteristiktir semptomudur. A liflerinin aktivasyonu için dentin tübülleri içerisinde yeterince güçlü sıvı hareketine neden olabilecek ısısal, kimyasal, ozmotik veya mekanik uyarılara gerek vardır (Demi *et al.*, 2009). Zayıf olarak lokalize edilebilen diş ağrısı C liflerinin aktivasyonu ile ilişkilidir. C lifleri pulpaya tam olarak ulaşmış sıcak veya soğuk ve

yine hidrodinamik olarak dentin uyarısı olmayan histamin ve bradikinin gibi inflamatuvar mediatörler gibi şiddetli dış kaynaklı uyaranlara karşı cevap verirler (Demi *et al.*, 2009; Abd-Elmeguid ve Yu, 2009).

2.2. Dentin Hassasiyeti

2.2.1. Dentin Hassasiyetinin Tanımı

Dentin hassasiyeti herhangi bir dental defekt veya patoloji ile açıklanamayan, kimyasal (asit ve şeker), termal (sıcak yada soğuk), temas (diş fırçalama), ozmotik veya buharlaştırıcı (hava) uyaranlara cevap olarak artan ve uyaran ortadan kalktıktan sonra geçen lokalize, ağız ortamına açılmış dentin yüzeylerinden yayılan, kısa süreli keskin bir ağrı olarak tanımlanmaktadır (Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003; Dababneh *et al.*, 1999; Addy, 2002). Genel olarak bu klinik durumu anlatan “dentin hassasiyeti” terim yerine başka araştırmacılar, dentin hipersensitivitesi, servikal dentin hassasiyeti / hipersensitivitesi ve son olarak hassasiyetin peridontal hastalıktan ya da periodontal tedavi sonucunda ortaya çıkabileceğini vurgulamak için kök dentini hassasiyeti / hipersensitivitesi terimlerini de kullanmışlardır (Gilliam ve Orchardson, 2006; Attar ve Korkmaz, 2006). Tanımından da anlaşılacağı gibi ağız ortamına açılmış dentin dışındaki herhangi bir diğer dental defekt veya patoloji şekline bağlı ağrı semptomları, DH teşhisinde elimine edilmelidir (Attar ve Korkmaz, 2006; Holland *et al.*, 1997). DH gerçek bir hastalıktan daha çok açığındaki dentin yüzeyinde uyarı iletimi sonucunda oluşan bir semptom kompleksidir (Addy, 2002). Bununla birlikte normal dentin duyarlılığı ile patolojik DH arasındaki muhtemel farklılıkları ayırt etmek ve saptamak çok zordur ve bundan dolayı DH ifadesi genel olarak klinik uygulamalarda kabul edilmiştir (Attar ve Korkmaz, 2006; Holland *et al.*, 1997).

Kök dentininde kron dentininden daha az sayıda dentin tübülü vardır. Kök dentini tübülleri koronal dentin tübüllerinden daha küçük çaplıdır (Pashley, 2002, s. 60). Koronal dentinin geçirgenliği pulpa boynuzu üzerindeki alanlarda en yüksek iken, okluzal yüzeyin santral fossasının bulunduğu merkez alan etrafında dentin geçirgenliği en düşüktür (Pashley, 2002, s. 75). Dentin geçirgenliği dentin tübülünün açık veya kapalı olması durumlarına göre değişmektedir. Dentin tübüllerini tıkayan

doğal debrisler asit ile dağlama yapılarak uzaklaştırılırsa, dentin tübüllerinin anatomik ve fonksiyonel çapları oldukça artacak ve dolayısıyla hassasiyet oluşma ihtimali de artacaktır (Markowitz ve Pashley, 2008).

Gerçekte DH, dentin tübüllerinin fonksiyonel ve anatomik çaplarıyla ilişkili olduğu kadar ağız ortamına açılmış dentin içerisindeki tübüllerin yoğunluğuyla da ilişkilidir. Hassas kök yüzeyinde hassas olmayan dişe göre, 8 kat daha fazla tübül gözlenmiştir (Absi *et al.*, 1987). Benzer olarak hassas dentinde tübül çapı hassas olmayan dentine göre 2 kat daha fazladır (hassas dentin tübül çapı $0.83\mu\text{m}$ –hassas olmayan dentin tübül çapı $0.4\mu\text{m}$). Bu bulgular, dentin yüzeyinde daha fazla ve daha geniş dentin tübülünün uyarı iletimi olasılığını ve ağrı iletimini arttırdığını göstermiştir (Addy, 2002, Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003; Absi *et al.*, 1987). Poiseuille kuralına göre akışkanın hızı tübül genişliğinin dördüncü kuvveti ile doğru orantılı olduğundan tübül genişliği önemlidir. Tübül çapının iki katına çıkması akış hızının $16 (2^4)$ kat artması ile sonuçlanır (Absi *et al.*, 1987; Addy, 2002, Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003). Artan açık dentin tübül sayısı ve tübül çapı kombine olarak hassas dentinde yaklaşık olarak hassas olmayan dentine göre 100 kat daha fazla akışa neden olur (Addy, 2002). Bu durumda ağız ortamına açık dentin tübülleri dentin sıvısı akışının artması için risk oluştururlar. Bu risk koruyucu bariyer olarak görev yapan dental sert dokuların devamlılığının bozulduğu durumlarda artmaktadır. Bu sert dokulardan sement, mine - sement sınırında kök dentini üzerinde sadece 25-50 μm kalınlıktadır. Kök yüzeylerinin ağız ortamına açık olduğu bölgelerde sement, besin ve bakteriyel asitler varlığında kolayca çözülebilir. Sement yine hatalı diş fırçalama teknikleri ve periodontal tedavi sırasında kök düzenlenmesi ve küretaj işlemleri sonucunda kolaylıkla aşınabilir. Sonuç olarak ağız ortamına açılmış kök yüzeyleri hassas hale gelebilir (Addy, 2002, Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003).

DH'den kaynaklı ağrı hafif rahatsızlıktan aşırı yoğunluğa kadar çok farklı şekilde değişkenlik gösterebilir. Ağrının şiddeti dişlere ve kişilere göre değişebilmektedir. Bu durum hastaların ağrı toleransınlarına bu da emosyonel ve fiziksel faktörlere bağlıdır. DH bir veya birden fazla dişte ortaya çıkabilir; bazı durumlarda ise çenelerin tüm kadranlarında hissedilebilir (Gilliam ve Orchardson,

2006). DH olan hastalar hekime termal uyarılar osmotik uyarılar, dış fiziksel uyarılar gibi etkilere tepki olarak aniden ortaya çıkan kısa süreli, keskin ve rahatsız edici ağrı şikâyeti ile başvurmaktadır (Addy, 2002; Kielbassa, 2002; Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003). Termal uyarılar, sıcak ya da soğuk yiyecek-içeceklerin tüketilmesi, özellikle kış aylarında atmosferik soğuk havanın solunması olabilir. Termal uyarılardan soğuk, hassasiyete neden olan en genel uyarandır. Osmotik uyarılar şekerli ve asitli yiyecek-içeceklerin tüketilmesidir. Asit uyarıları greyfurt, limon, şarap gibi asitli içecekler ve ilaçları (aspirin, vitamin C) içermektedir. Genel mekanik uyarılar ise diş fırçaları, çatal kaşık gibi yemek aletleri ve dental enstrümanların dişe temasıyla oluşmaktadır (Gilliam ve Orchardson, 2006). Dental hava spreyinden soğuk hava, soğuk su ve dental aspiratör ucunun kullanımı fiziksel olarak rahatsızlığı neden olabilmektedir (Gilliam ve Orchardson, 2006).

DH'nin verdiği rahatsızlıktan dolayı, oral hijyen işlemlerinin uygulanmasında zorluk yaşanabilir. Hastalar bu sebeple diş fırçasını ağrılı bölgeye temasından rahatsız oldukları için plağı etkili olarak uzaklaştıramamaktadırlar. Bu sebeple periodontal sağlığın korunması ve DH'nin kontrolü açısından olumsuzluklarla karşılaşmaktadır (Drisko, 2002).

2.2.2. Dentin Hassasiyetinin Mekanizmaları

Son yıllarda giderek artan bir sorun olarak karşımıza çıkan DH'nin mekanizması yoğun ilgi konusu olmuştur. Uyarının periferik dentinden pulpa dentin sınırındaki duyuşal reseptörlere nasıl iletiildiği tartışılmaktadır. Dentin dokusunun hassasiyetini açıklığa kavuşturmak için bugüne kadar üç hipotez öne sürülmüştür (Gilliam ve Orchardson, 2006; Porto et al., 2009; Demi *et al.*, 2009). Bunlar:

1. Odontoblast reseptör teorisi
2. Doğrudan sinir sonlanması teorisi (nöral teori)
3. Hidrodinamik teori

2.2.2.1. Odontoblast Reseptör Teorisi

Dentin-predentin ve odontoblast tabakasındaki aksonlar ve odontoblastlar arasındaki yakın ilişkisi odontoblast reseptör teorisi olarak sayılmaktadır. Odontoblastların duyuşal reseptör olarak davrandıkları bu sebeple pulpadaki duyuşal sinir uçlarına uyarının etkisini ilettikleri varsayılmaktadır (Addy, 2002; Bartold, 2006). Uyarının dentin tübülleri içerisinde bulunan Schwan kılıfı taşımayan miyelinsiz duyuşal sinir liflerinin doğrudan uyarılması sonucu oluştuğı düşünölmektedir. Bu teoriye göre kimyasal veya mekanik uyarılar nörotransmitterlerin salınmasına neden olur ve uyarılar sinir uçlarına iletilir. Günümüzde ise odontoblastik uzantıların nörotransmitter saldığına dair hiçbir kanıt bulunamamıştır (Bartold, 2006). Odontoblast uzantısı iletimde rol alıyor olsaydı yapılan çalışmalarda dentin tabakası kaldırıldığında odontoblastik uzantıları da ortamdan uzaklaşacağından dişte dentin duyarlılığının yok olması gerekirdi ancak; teorinin aksine dişlerin daha da hassasiyet gösterdiği bildirilmiştir (Demi *et al.*, 2009; Gilliam ve Orchardson, 2006; Porto *et al.*, 2009). Kuvvetli ozmotik uyarıcı ajanlar olan potasyum klorür ve kinin odonblast uzantılarına uygulandığında hassasiyete neden olmamaktadır. Odontoblast hücrelerinin membran potansiyelleri bir reseptör hücreye kıyasla 10-20 defa daha düşüktür (Abd-Elmeguid ve Yu, 2009). Dentinde odontoblastlar aracılığıyla bir reseptör mekanizması olduğu kanıtlanamazken, ağrının doğrudan pulpa içerisindeki sinirlerin uyarılması sonucu oluştuğı düşünölmektedir (Addy, 2002).

2.2.2.2. Doğrudan sinir sonlanması teorisi

Odontoblastik reseptör teorisinin bir uzantısı olan bu teori ısısal, kimyasal veya mekanik uyarılarla doğrudan pulpa içerisindeki sinir lifleriyle ilişkide bulunan dentin tübülleri içerisindeki sinir uçlarının uyarıldığını öne sürmektedir (Bartold, 2006). Bu teoride uyarının oluşmasında doğrudan pulpanın sorumlu olduğu ileri sürölmektedir. Kök dentininin dış tabakaları içerisinde miyelinsiz sinir liflerinin varlığının gösterilmesi ve bu sinir sonlanmaları alanlarında nörojenik polipeptitlerin varlığı bu teoriyi desteklemektedir (Markowitz ve Pashley 2008). Ancak yapılan histolojik çalışmalarda akson uçlarının dentin tübüllerinin 0.1-0.2 mm içersine kadar

uzandıkları, sinir sonlanmalarının dentinin en hassas bölgesi olan mine-dentin birleşimine kadar ulaşmadığı gösterilmiştir (Markowitz ve Pashley, 2008; Pashley, 2002, s. 96-97). Asetil kolin, potasyum klorit ve bradikinin gibi pulpa üzerine uygulandığında ağrıya neden olan maddelerin, açılmış kaviteler üzerine uygulandığında sinir sonlanmalarını etkileyerek ağrıya neden olmaları beklenirken ağrının oluşmaması, açık dentin yüzeyinde doğrudan bir sinir sonlanması olmadığına göstergesidir. Açık sinir uçlarına uygulanan lokal anestezikler de ağrı iletimini tamamen durdurmaktadırlar. Halbuki açık dentin yüzeylerine uygulanan lokal anestezikler ağrı olusumunu durduramamaktadır (Markowitz ve Pashley, 2008; Pashley, 2002, s. 96-97). Bunlar hassasiyet mekanizmasının doğrudan bir sinir sonlanmasına bağlı olmadığını göstermektedirler. Bu teori tartışılmaktadır ve henüz kabul görmemiştir (Markowitz ve Pashley, 2008; Pashley, 2002, s. 96-97).

2.2.2.3. Hidrodinamik Teori

İlk defa Brännström (1966) tarafından ortaya konulan bu teori, dış kaynaklı uyaranların mekanoreseptörler ve pulpal nosiseptif fiberleri uyaran dentin lenfinin hareketine sebep olmasına dayanmaktadır. DH açıkça dentinin permeabilitesine bağlıdır (Markowitz ve Pashley, 2008). Ekspoze olmuş dentin yüzeyinden smear tabakasının uzaklaştırılması hassasiyeti arttırmaktadır (Kawasaki et al., 2001; Markowitz ve Pashley, 2008). Isısal, fiziksel veya ozmotik değişimler dentin sıvısı hacminin değişimine veya hareketine neden olarak bir basınç reseptörünü uyarır ve bu da sinirler üzerinde impuls oluşturur (Brännström, 1966). Uyarının çeşitine göre dentin sıvısı dentin tübülleri içerisinde dışarıya veya içeriye doğru hareket eder. Sıcak dışındaki tüm uyaranlar dentin sıvısını dışarıya doğru hareket ettirirken, sıcak ise içeriye doğru hareket ettirir. Sıvının bu tipte bir hareketi odontoblast tabakası altında yer alan duyu reseptörler tarafından elektrik sinyallerine dönüştürülürler. Dentin sıvısının duyu reseptörlerinin hücre membranlarını geçerken oluşturduğu hızlı hareket, hücre membranını bozmakta ve reseptörü aktive etmektedir. Bütün sinir hücreleri iyon geçişi sırasında şarj olan membran kanallarına sahiptirler ve bu doğru akım eğer yeterince büyük olursa hücreyi uyarak hücrenin impulsları göndermesine neden olur (Gilliam ve Orchardson, 2006; Porto et al., 2009; West, 2008). DH'nin nedenlerini belirlemek için yapılan elektron mikroskobu incelemelerinde hassas olan

bölgelerdeki dentinin, hassasiyet belirtisi olmayan bölgelerdeki dentine göre daha geniş çaplı ve ortamla bağlantısı olan dentin tübülleri içerdiği gösterilmiştir. DH’de rol oynayan dentin tübüllerinin çapı genişledikçe dentin lenfi akış hızı artar ve bu sebeple hassasiyet oranı artar, bununla birlikte ortama açılmış dentin içinde bulunan dentin tübülü yoğunluğu da hassasiyet oluşumunda etkilidir. Bu da stimülüs iletimini hidrodinamik teoriyle açıklayan hipotezi desteklemektedir (Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003; Porto et al., 2009; Orchardson *et al.*, 1994). DH’de Hidrodinamik Teori dünya çapında en fazla kabul görmüş teoridir (Bartold, P.M. 2006; Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003; Dababneh *et al.*, 1999; Parolia *et al.*, 2011).

2.2.3. Dentin Hassasiyeti Etiyolojisi

DH’nin etiolojisinde değişik faktörler rol almaktadır ve DH’nin oluşması için esas olarak mine veya sementin kaybıyla, dişeti çekilmesiyle veya her ikisinin kombinasyonu ile servikal dentinin veya kök dentininin ya da dentin tübüllerinin ağız ortamına açılmış olması gerekir (Parolia *et al.*, 2011). Bununla birlikte ağız ortamına açılmış her dentin yüzeyinde hassasiyet olması gerekmez, hastanın yaşı, fizyolojik ve psikolojik durumu, ağrı eşiği, tükürük içerisindeki proteinlerin, dentin tübüllerindeki kalsiyum fosfatın çökmesi ve pulpaya yakın bölgede tamir dentini oluşması gibi faktörler DH oluşumunu etkileyebilir (Kielbassa, 2002).

Erozyon, abrazyon, atrizyon ve abfraksiyon lezyonları dentin tübüllerinin açığa çıkmasına neden olan sert doku kayıplarıdır. Atrizyon mastikasyonda olduğu gibi diş diş kontakta sonuclanan fizyolojik aşınma olarak belirtilmiştir (Litonjua *et al.*, 2003). Atrizyon yaşa bağlı olarak insizal, oklüzal ve bazen proksimal yüzeylerde de görülen bir durumdur. Oklüzal fonksiyonla ilişkilidir ve alışkanlıklar ya da brüksizm gibi parafonksiyonel aktiviteler ile şiddeti artabilir (Dababneh *et al.*, 1999; Litonjua *et al.*, 2003; West, 2008). Abrazyon, başka bir diş haricinde yabancı bir cisim ile diş yüzeyinin aşınmasıdır. Diş fırçası/diş macunu abrazyonu ve pipo içmek gibi alışkanlıklar sonucu oluşmuş fasetler abrazyona örnek gösterilebilir. Dişlerin ark üzerindeki malpozisyonuyla fırça travmasına daha açık hale gelmeleri, yoğun kuvvet uygulanarak yapılan özellikle eroziv asit atağı sonrası agresif fırçalama abrazyona

sebebe olabilir (Dababneh *et al.*, 1999; Litonjua *et al.*, 2003; Gilliam ve Orchardson, 2006). Diş aşınmasının en büyük etkeni olarak sayılan erozyon ise bakteriyel orijinli olmayan asitlerle diş yüzeyinin aşınmasıdır. İnorganik matriks, gastrik reflü hastalarında içsel (hidroklorik asit), meyve suları, karbonatlı içecekler, şarap, ekşi meyveler gibi çeşitli yiyecek ve içeceklerden kaynak alan dışsal asitler (sitrik asit, malik asit, fosforik asit) vasıtasıyla demineralize olur. Böylece minenin çözünürlüğü artar, yapısından demineralizasyonla kalsiyum kaybı başlar, abrazyonlara direnç azalır (Dababneh *et al.*, 1999; Wolff, 2009). Son olarak abfraksiyondan söz edilebilir. Oklüzal parafonksiyonel kuvvetler sonucu çürüğe bağlı olmadan baskı ve gerilim stresleri sonucu servikal bölge zayıflar ve buna bağlı çatlak ve kırıklar oluşarak abrazyon ve erozyonun oluşmasında predispozan faktör olarak rol alır (Addy, 2002; Dababneh *et al.*, 1999). Atrizyon, abrazyon, erozyon ve abfraksiyon tek başlarına mine ve sementin aşınmasında etkilidirler bununla beraber kombinasyonları çok daha ciddi aşınmalara sebep olurlar (Addy, 2002; West, 2008).

DH'nin bir diğer sebebi de dişeti çekilmesiyle kökün açığa çıkması, bunu takiben kök dentini üzerindeki sementin kolayca aşınması sonucu dentin kanallarının ağız ortamına açılması gösterilebilir. Travmatik fırçalama veya tam tersi olarak yetersiz fırçalama ve oral hijyen sonucu dental plak birikimiyle periodontal hastalıklar başlatan gingival enfeksiyonlar sonucu periodontal dokulardaki yıkım, restorasyonların marjinal uyumunun bozulması, hareketli parsiyel protez kroşeleri, yüksek frenulum ataşmanları, kötü alışkanlıklar (dişetini tırnakla itme vb.), dişin malpozisyonu sonucu incelen bukkal veya lingual alveolar kemikteki rezorbsiyonlar, detartraj ve kök düzlemesi, cep eliminasyonu, kron boyu uzatma işlemlerini içeren periodontal cerrahi ve cerrahi olmayan tedaviler dişeti çekilmesinin sebeplerinden sayılabilir (Dababneh *et al.*, 1999; Drisko, 2002; Porto *et al.*, 2009).

Mineral artıklarından oluşan değişik tipteki smear tabakası ağız ortamına açılmış dentin yüzeyini kaplayabilir. Bu mineral artıkları dentin tübüllerinin ağzını tıkayarak dentin sıvısı iletkenliğini ve böylece DH'yi azaltırlar (Litonjua *et al.*, 2003). Bakteri veya besin kaynaklı asitler dentin yüzeyini koruyan smear tabakasını çözebilir ve dentin geçirgenliğinde bir artmaya neden olur (Absi *et al.*, 1987). Bu durumda plak kontrolünün etkinliği ve DH'nin etiyolojisi arasındaki ilişki önem

kazanmaktadır. Bazı çalışma sonuçları iyi bir plak kontrolü sağlayan bireylerde DH'nın arttığını belirtilirken (Gilliam ve Orchardson, 2006). bazıları ise iyi plak kontrolünün açık dentin tübüllerinin tıkanmasına neden olarak hassasiyeti azalttığını bildirmişlerdir (Kawasaki *et al.*, 2001). Çalışmalar arasındaki farklılıklar hastaların plak kontrolündeki oral hijyen alışkanlıklarıyla ilişkili olabilir. Düzenli hijyen uygulamaları ortamda bulunan minerallerin dentin tübülleri ağzına çökerek yeni oluşturacakları tıkaçıcı tabakanın kalkmasına ve hassasiyetin devam etmesine neden olabilir. Aksine kötü hijyene sahip hastalarda yoğun plak birikimi sonucunda ortamda bulunan mineraller dentin tübüllerinin ağızlarına ulaşamazlar ve böylelikle yüzeye çökelemezler. Plagın kendi mekanizması sonucu oluşan organik asitler yeni oluşmuş zayıf dentin tıkaçlarını çözerek, dentin tübüllerinin ağızlarının ortama açık kalmasına neden olabilirler (Gilliam ve Orchardson, 2006; Kawasaki *et al.*, 2001).

Diş fırçalama, plak kontrolünün genelini oluşturmaktadır. Fırçalamanın da nasıl ve ne zaman yapıldığı önem kazanmaktadır. Aşırı kuvvet uygulayarak travmatik fırçalamak hem oluşan smear tabakasını ortadan kaldıracaktır hem de dişlerde abrazyonlara neden olarak dentin tübüllerinin açığa çıkmasına neden olacaktır. Özellikle yemek sırasında oluşan asit atağı sonrası beklenilmeden yapılan agresif fırçalama sert dokulardaki aşınma miktarını dramatik bir şekilde arttıracaktır. Diş macunlarının içeriklerindeki abrazyonlar de bu konuda önem taşımaktadır (Gilliam ve Orchardson, 2006).

Hassas dentin yüzeyine sahip bir hasta ağrılı alanları fırçalamaktan kaçınır. Bunun sonucunda bu bölgede plak birikimi oluşarak periodontal ve dental sağlık bozulur. Oral bölge bakterilerin büyümesi ve bölünmesi için iyi bir ortam sağlar ve dentin tübülleri boyunca bakteriyel yayılım ilerleyerek pulpaya ulaşabilir (Gilliam ve Orchardson, 2006; Demi *et al.*, 2009). Dentin tübüllerinin ağızlarındaki smear tabakasının ve plakların kaybı; bakteriler ve oluşturdukları toksinler gibi dış kaynaklı ajanların pulpaya ulaşarak pulpal irritasyon meydana getirmesine neden olabilir (Demi *et al.*, 2009).

2.2.4. Dentin Hassasiyetinde Tükürüğün Rolü

Demineralizasyonun önlenmesinde ve remineralizasyonun desteklenmesinde tükürüğün birçok fonksiyonu olduğu kabul edilmektedir (Wolff, 2009). Bu fonksiyonlar bikarbonat, tükürük proteinleri ve kalsiyum fosfatı kullanarak asit ortamı tamponlamayı; eroziv ajanların dilüe edilmesi ve temizlenmesini içermektedir (Wolff, 2009). Tükürük, apatit ve diğer çözünmeyen kalsiyum fosfat türlerine göre kalsiyum ve fosfata doygundur. Normal koşullarda tükürük mineralleri çökerek dentin tübüllerinin ağızlarını kapatma eğilimindedirler. Bu durum DH'nin azalmasındaki mekanizmayı açıklayabilir. Restoratif işlemler sonucu mekanik etkilerle oluşan koruyucu smear tabakası, ağız ortamındaki asitlerin etkisinin tükürüğün tamponlama kapasitesi üzerine çıkması sonucunda çözülerek uzaklaşır (Wolff, 2009). Kollajenlerin tıkaçlar oluşturmak üzere dentin tübülleri içerisine salgılanması veya pulpal kan damarlarından sızan geniş plazma proteinlerinin tübüllerin içerisine doğru yayılması ve çökmesi sonucu doğal olarak dentin tübüllerinin ağız kapanır. Dentin tübülü tıkaçları yine dentin yüzeyinden tübüller içerisine doğru akan ve tübül içerisinde çözünmez kristalize yapı haline gelen cep sıvısındaki proteinler veya mineraller tarafından da oluşturulabilirler (Kawasaki *et al.*, 2001).

Diş fırçalama (diş macunsuz) ve çiğneme kuvvetlerine dirençli olan; proteinden zengin biyofilm tabakası ya da pelikül, tükürüğün salınımıyla 2 saat içerisinde bölgeye bağlı olarak 20 ile 500 nm arası kalınlığa ulaşabilir. Pelikül oluşumunun ilk 3 dakikasında bile mineyi sitrik asit ataklarından koruyabilir ve mine demineralizasyonuna karşı belirgin direnç sunar (Hannig *et al.*, 2003). Pelikül diş yüzeyi, tükürük ve eroziv asitler arasındaki reaksiyonu düzenleyen arayüz olarak görev yapmaktadır. Pelikülün mine üzerine koruyucu etkisi birçok araştırmacı tarafından iyi dökümanite edilmiştir. Ancak aynı koruyuculuğun dentin üzerine olan etkisi hakkında bilgi sınırlıdır. Bir çalışmada, iki saatlik pelikülün dentin üzerine eroziv atağa karşı çok az bir direnç gösterdiği tespit edilmiştir (Hara *et al.*, 2006). Dentin üzerine pelikülün bu düşük koruyuculuğunun dentinin mineye göre daha çözünür olması ve pelikülün asit atağına dayanamaması olabilir. Pelikülün en az 2 saat

veya daha uzun süre olgunlaşması için uygun ortam oluşturulursa, dentine daha iyi koruma sağlaması beklenebilir (Hara *et al.*, 2006).

2.2.5. Dentin Hassasiyetinin Prevalansı

DH'nin günümüzdeki gerçek prevalansı hakkındaki çalışmalar kısıtlıdır. Gelişmiş ülkelerde DH artan bir problem haline gelmiştir. İnsanlar kişisel oral hijyen bakımlarına özen göstererek dişlerini ağızlarında uzun süre tutabilmektedir ve bu yüzden DH ile karşılaşma riskleri de artmaktadır (Bartold, 2006). DH, ırkları, sosyal sınıfları, meslek gruplarını, yaş ve cinsiyet gruplarını değişen derecelerde etkilemektedir (Rees ve Addy, 2002). Her grup kendi yaşam çevresine, beslenme şekline ve ağız temizliği alışkanlığına ve tekniklerine sahiptir. Tipik olarak DH mevsimsel olarak görülmeye eğilimlidir. Bu durum ısı değişiklikleri sonucunda özellikle havanın ısınmasıyla serinlemek için daha sık tüketilen asitli içeceklerin artan kullanımına bağlı olabilir (Rees ve Addy, 2002). DH'ye yönelik olarak yapılan çalışmalarda, farklı toplumlarda %4-74 arasındaki oranlarda DH'nin görüldüğü saptanmıştır. Bildirilen prevalans oranları arasındaki farklılıkların nedeni çalışma durumları, seçilen materyaller ve teşhis metotları tarafından etkilenmektedir (Bartold, 2006; Chabanski ve Gilliam, 1997; Dababneh *et al.*, 1999; Rees ve Addy, 2002; Yılmaz *et al.*, 2011d). Genellikle çoğu popülasyonda DH görülme prevalansının %10 ile %30 arasında değiştiği söylenebilir (Bartold, 2006). DH genç yetişkinlerde en yüksek oranda prevalansa sahip iken artan yaşla birlikte bu prevalans düşmektedir (Bartold, 2006; Dababneh *et al.*, 1999). Bu durum daha çok 20-40'lı yaşlarda daha yaygın görülmektedir (Chabanski ve Gilliam, 1997).

Kötü oral hijyene sahip popülasyona göre iyi oral hijyene sahip popülasyonlarda prevalans daha yüksektir. Coğrafik farklılıklar, yaş, cinsiyet, meslek ve çevre beslenme alışkanlıklarını etkilerler ve dolayısıyla DH prevalansında da etkili faktörlerdir (Rees ve Addy, 2002). Genellikle DH bayanlarda erkeklere göre biraz daha fazla oranda görülmektedir (Chabanski ve Gilliam, 1997). Bu durum bayanların erkeklere göre daha iyi oral hijyen sağlamaları ve diş fırçalama alışkanlıklarına daha bağlı olmalarıyla açıklanabilir (Chabanski ve Gilliam, 1997). Bir başka açıklama ise ağırlı durumlara karşı tepkilerdeki genel cinsiyet farklılıkları

olabilir. Bayanlarda diş ağrısına karşın daha düşük tolerans ve daha çok duyarlılık bulunmuştur. Bayanlar sıklıkla daha profesyonel yardım almak için gerekli yerlere başvurumaktadırlar. Bayanların diş hekimlerine başvuru sayıları bu sebeplerden dolayı erkeklere göre daha fazla olduğundan bayanlardaki DH prevalansının yüksek çıkmasının nedeni tamamen başvuru sayısının yüksek olması olabilir (Chabanski ve Gilliam, 1997).

Bir dişin herhangi bir yüzeyindeki açık dentin yüzeyi duyarlı hale gelebilir, ancak daha çok dişlerin bukkal bölgelerinin servikal alanları etkilenmektedir (Chabanski ve Gilliam, 1997). Bu alanlar diş fırçası travmasına daha çok maruz kalırlar ve periodontal hastalıklar sonucu oluşan gingival çekilmelere bağlı olarak servikal dentin sıklıkla ortama açılmış durumdadır. DH'nin görülme sıklığı, her iki çenede de kaninler ve küçük azılarda daha yüksektir ve özellikle sağ elini kullanan bireylerin sol tarafında daha yaygın olarak görülür (Rees, 2000). En sık lokalizasyonu vestibüle yakın servikal marjindir (%85), bununla birlikte hassasiyetin yine lingual, palatinal bölgelerde ve tüberkül yüzeylerinde de görüldüğü bildirilmiştir (Gilliam ve Orchardson, 2006). Gilliam ve Orchardson (2006) alt birinci büyük azıların ve üst kaninlerin DH'den en sık olarak etkilendiklerini bildirmişlerdir. Araştırmacılar hassasiyete sahip dişlerin %68'inde belirgin bir şekilde gingival çekilme varlığını bildirmişlerdir. Rees ve Addy (2002) küçük ve büyük azıların hava spreğine ve sondalama uyarılarına en hassas dişler olduklarını ve keserlerin en az hassasiyet gösteren dişler olduklarını bildirmişlerdir.

2.2.6. Dentin Hassasiyetinin Ayırt Edici Tanısı

DH olan hastalar hekime termal uyarılar (soğuk-sıcak yiyecek ve içecek alımı), ozmotik uyarılar (şekerli-ekşi yiyecek ve içecek alımı), dış fiziksel uyarılar (diş fırçalama) gibi etkilere tepki olarak aniden ortaya çıkan kısa süreli, keskin ve rahatsız edici ağrı şikâyeti ile başvurumaktadır (Addy, 2002; Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003; Kielbassa, 2002). Dikkatli klinik ve radyografik muayene ile doğru anamnez DH'nin dişleri etkileyen diğer patolojilerden ayrılmasını sağlar. Bunlar; genellikle posterior dişlerde görülen çiğneme esnasında da kısa ve ağırlı cevap veren çatlak diş sendromu, çatlak

restorasyonlar, diş çürükleri, post-operatif hassasiyet, akut hiperfonksiyonlu diş, palato-gingival oluk, konjenital olarak açık mine sement birleşimi, pulpanın reversibl veya irreversibl enflamasyonları, vital ağartma sonrası oluşan hassasiyettir (Gilliam ve Orchardson, 2006). Ayırıcı tanının yapılmasının en zor olduğu durum çatlak diş sendromudur. Bu sendromun klinik görüntüsünde ağrı ara sıra ortaya çıkar veya devamlı olabilir ve ağrı çok şiddetlidir. Isısal uyaranlara karşı özellikle soğuğa karşı hassasiyet tipik olarak kendini gösterir. Ağrı yine çiğneme ile başlayabilir ve bu durum DH olan dişlerde çok nadir olarak görülür (Orchardson ve Gillam, 2006).

DH olan hastalarda teşhiste hava spreyi, soğuk su gibi ısı testleri, dental yada periodontal sond ile muayene, perküsyon testi, ısırma stres testi, oklüzyon değerlendirilmesi, ayırıcı anestezi testi, transillüminasyon gibi yöntemler kullanılabilir (Kielbassa, 2002; Kleinberg *et al.*, 1994; West, 2008).

Genel olarak hassas bölgelerde mekanik veya termal stimulusların sond ve hava-su spreyiyle uygulanması ardından hastaların verdiği cevapların değerlendirilmesinde görsel karşılaştırma skalası (VAS: hasta 10cm lik bir doğru üzerinde ağrı şiddetini kendine göre belirler. 0=ağrı yok, 10=dayanılmaz ağrı) ya da şiddetli, orta, hafif gibi kelimelerle ağrının tanımlandığı sözel tanımlama skalası (VRS) kullanılır. VAS hastalara doğru anlatıldığında hipersensitive değerlendirilmesinde anlaşılır, kullanımının kolay, ağrı yoğunluğunun ölçülmesinde ve tedavilerin etkinliğinin değerlendirilmesinde diğer metodlara göre hassas olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Gilliam ve Orchardson, 2006; Kumar ve Mehta, 2005; Orchardson ve Gillam, 2006; Porto *et al.*, 2009; Shetty *et al.*, 2010).

2.3. Dentin Hassasiyetinin Tedavisi

DH tedavisinde çok sayıda tedavi seçeneği ve kimyasal ajan bulunmaktadır. Bu materyaller ve tedavi yöntemleri kullanılırken, Grossman'ın ideal hassasiyet gideren ajan için yaptığı pulpaya irritan olmamalı uygulama sırasında ağrı yaratmamalı, kolaylıkla uygulanabilmeli, etkinlik süresi uzun olmalı, hızlı etki etmeli, dişlerde renklenme yapmamalı, etkinliği kalıcı olmalı önermeleri göz önünde bulundurulmalıdır (Porto *et al.*, 2009). Tedavi genel olarak dentin tübülleriindeki sıvı akışının azaltılmasına ve sinir iletimini bloke eden ajanların kullanımına dayalıdır.

DH'nin tedavisi problemin derecesine ve hekim/hasta tercihine bağılı olarak profesyonel olarak hekimler tarafından ya da evde hasta tarafından uygulanabilir.

2.3.1. Evde Uygulanan Tedaviler

Profesyonel olarak uygulanan tedaviler haricinde; DH'nin tedavisi bireysel olarak evde hasta tarafından yapılabilir. Diyetin düzenlenmesi ve para-fonksiyonel alışkanlıkların kontrolü DH'yi azaltmada ve kontrol altına almada önemli rol oynamaktadır (Addy, 2002; West, 2008).

İlk olarak hastanın diyetinin düzenlenmesi ve sistemik durumun kontrolü yapılmalıdır. Mine ve sementin erozyonu sonucunda dentinin açığa çıkmasına sebep olabileceğinden; ekşi meyveler ve suları, turşusu yapılmış yiyecekler, şarap, yoğurt, kola gibi asidik yiyecek ve içeceklerin tüketimi kontrol edilmelidir. Bunlar gibi eroziv yiyecek ve içecekler smear tabakasının çözülmesine ve diş sert dokulardan demineralizasyona sebep olurlar (Litonjua *et al.*, 2003). Eroziv yiyecek ve içeceklerin aralıklarla alınması yerine bir defada alınması, gece yatmadan önce alımından kaçınılması, eroziv potansiyellerinin azlatılması için soğutulması önerilebilir. Öğün aralarında nötral ve alkali gıdalar tercih edilmesi ve tükürük akışını hızlandırmak bu sayede ağız içi pH sını yükseltmesi sebebiyle şekersiz sakızların kullanımı da tavsiye edilebilir. Anoreksia nevroza gibi psikolojik yeme bozukluğu ve gastroözofageal reflü gibi hastalıklar göz ardı edilmemelidir. Diyet tavsiyesi, uzman doktorlardan uygun tedavi için konsültasyon gerekli olabilmektedir (Litonjua *et al.*, 2003).

Para-fonksiyonel alışkanlıkların da gözden geçirilmesi DH'nin kontrolünde önemli rol oynamaktadır. Bruksizm, diş gıcırdatma gibi alışkanlıklar atrizyon ve abfraksiyona neden olabilecek zararlı oklüzal kuvvetlere neden olurlar (Addy, 2002; West, 2008). Bu lateral oklüzal kuvvetler sonucu diş sert dokusu aşınarak dentin açığa çıkabilir ve DH tablosu ağırlaşabilir. Stres azaltma metodları ve oklüzal gece koruyucu splintler, para-fonksiyonel alışkanlıkların eliminasyonu ya da etkilerinin azaltılmasında kullanılmalıdır (Litonjua *et al.*, 2003).

Bunlara ek olarak evde bireyin kendi uyguladığı tedaviler; hassasiyet giderici diş macunları ile yumuşak diş fırçaları ve ağız gargaralarının kullanımı da içermektedir. Hasta tarafından yapılan bu uygulamalar ekonomik ve kullanımlarının kolay olması bakımından günümüzde popülerliğini korumaktadır (Orchardson *et al.*, 1994).

DH'nin tedavisinde kullanılan ilk diş macunlarının içeriğine bakılacak olursa; etkin madde olarak; sodyum monoflorofosfat, sodyum florür ve kalay florür gibi florürler dikkat çekmektedirler. Bu florür bileşikleri remineralizasyonu arttırdıkları ve çoğunlukla kalsiyum florür globülleri gibi çözülmez bileşimleri açık dentin yüzeyinde çökelterek dentin tübüllerini tıkadıkları bildirilmiştir (Davies *et al.*, 2010; Chu ve Lo, 2010; Gilliam ve Orchardson, 2006).

Stronsiyum klorit ve stronsiyum asetat gibi stronsiyum tuzlar, protein çöktiricilerdir ve dentin kanalları ağzına yüksek afiniteleri sebebiyle organik bağ dokusuna çökeltme ve odontoblast denaturasyonu ile tıkanma sağlayarak dentin lenfinin akışını engeller (Davies *et al.*, 2010; Porto *et al.*, 2009; West, 2008).

Son zamanlarda ise çoğu hassasiyet giderici diş macunlarının, potasyum nitrat, potasyum klorür, potasyum sitrat ve potasyum oksalat gibi potasyum tuzları içerdiği bilinmektedir. Potasyum iyonlarının dentin tübülleri boyunca yayıldığını ve A sinir liflerinin membran potansiyelini değiştirerek sinir iletimini azalttığı düşünülmektedir (Chu ve Lo, 2010; West, 2008).

Birçok diş macunu abrazyivler (kalsiyum karbonat, alüminyum, kalsiyum fosfat, silikat) içermektedirler. Bu abrazyivler direkt olarak tübül obliterasyonuna sebep olurlar ya da fırçalama sırasında oluşan smear tabakası oluşumuyla indirekt olarak obliterasyona yardımcı olurlar (Porto *et al.*, 2009).

Son olarak birkaç yeni kimyasal formül dentin kanallarını tıkamaları amacıyla üretilmiştir. Bunlar arginine-kalsiyum karbonat, kalsiyum-sodyum fosfosilikat biyoaktif cam, karbonize hidroksiapatit nanokristallerdir. Arginine-kalsiyum karbonat içeriğinde; 6,5 ile 7,5 fizyolojik pH aralığında pozitif yüklü bir amino asit olarak arginine, pH tamponlayıcı olarak bikarbonat, kalsiyum kaynağı olarak ise

kalsiyum karbonat bulunmaktadır. Dentin tübüllerini tıkadığı ve kapattığı yapılan SEM çalışmalarında gösterilmiştir (Panagakos *et al.*, 2009).

Yeni kimyasal bileşimlerden bir tanesi olan kalsiyum-sodyum fosfosilikat, biyoaktif camdır ve ağız ortamıyla etkileştiğinde mine ve sementteki yapıya kimyasal olarak benzeyen hidroksi-karbonat-apatit oluşturan kalsiyum ve fosfat iyonları açığa çıkarır. Kalsiyum-sodyum fosfosilikat ile başlatılan kimyasal reaksiyon, demineralize diş yapısının tedavisinde ya da ileri demineralizasyonların önlenmesi için hidroksi-karbonat-apatit tabakasının oluşumunu destekler (Pradeep ve Sharma, 2010).

Son olarak karbonize hidroksiapatit nanokristalleri, hassasiyet tedavisinde diş macunlarında kullanılmaya başlanmıştır. Hidroksi apatit (HA) kalsifiye dokuların temel yapısını oluşturmaktadır. Kemik dokudan farklı olarak mine ve dentinde çözündüğü ya da abraze olduğunda kendi başına mineralize olamaz çünkü mine hücre içermez, dentin dokusunda da pulpaya yakın kısımda apozisyon olmaktadır. Sentetik karbonize HA nanokristallerinin mine yüzeyinde in vitro remineralizasyonları ve dentin kanallarını kapatmada etkili oldukları diş macunlarındaki potansiyellerini göstermiştir (Lee *et al.*, 2008; Orsini *et al.*, 2010; Shetty *et al.*, 2010).

Hassasiyet giderici diş macunları ile beraber yumuşak diş fırçaları kullanımı bireyin evde uygulamış olduğu ve etkili bir tedavi şeklidir. Fırçalama işlevi için bireylere yatay hareketlerden kaçınarak diş etinden dişe doğru fırçalama yapmaları konusunda bilgi verilmelidir ve bu şekilde pratik yaptırılarak fırçalama alışkanlığı kazandırılmalıdır. Hassasiyet giderici diş macunlarıyla diş fırçalama sonrası su ile ağzın çalkalanmasının aktif ajanın seyreltilip ağızdan uzaklaşmasına neden olduğu ve böylece beklenen etkiyi azaltacağı hastaya anlatılmalıdır (Orchardson ve Gillam, 2006; Porto *et al.*, 2009). Hassasiyet tedavisinde hastanın evde uygulayabileceği diğer preparatlar arasında sinir membranın depolarize ederek blokaj sağladığı öne sürülen potasyum bileşikleri vardır. Potasyum klorit içeren sakızlar ve potasyum sitrat, potasyum nitrat ve sodyum florür içeren gargaralar sayılabilir (Gilliam ve Orchardson, 2006).

2.3.2. Dental Klinikte Tedavi

Hastalarda evde, 2-4 hafta süre ile devam edilen DH tedavisine rağmen, ağrı şiddetinde bir azalma meydana gelmemiş ise tedaviye klinik ortamda devam edilmesinin etkili ve başarılı olduğu bildirilmiştir (Orchardson ve Gillam, 2006). Klinik olarak DH'nin tedavisinde; sinirin duyarsızlaştırılması, anti-inflamatuar ajanlar ve dentin tübüllerinin kaplanması veya tıkanmasını sağlayacak çeşitli kimyasal ve fiziksel ajanlar kullanılmaktadır (Bartold, 2006).

2.3.2.1. Sinir Duyarsızlaştırılması

Potasyum Nitrat

Potasyum iyonları yüksek oranda çözünürlüğe sahiptirler ve vücut sıcaklığında bütün potasyum tuzları çözünebilirler. Bundan dolayı potasyum tuzları dentin tübülleri içerisine çökelemezler (Bartold, 2006; Demi *et al.*, 2009; Gilliam ve Orchardson, 2006; Porto *et al.*, 2009;). Bu durumda potasyum nitrat, dentinin hidrolik iletkenliğini azaltmamaktadır. Potasyum iyonlarının hassasiyet giderme etkinliklerinin doğrudan intradental sinirlerin aktivasyonunu inhibe edilmesi sonucu olduğu bildirilmiştir (Demi *et al.*, 2009; Orchardson ve Gillam, 2006). Yüksek miktarlarda uygulanan potasyum iyonlarının ekstraselüler potasyum konsantrasyonunu artırdığı ve böylece sinir membranlarını depolarize eder. Bu durum ileride aksiyon potansiyeli yayılımında bir blokaj oluşturduğu belirtilmiştir. Bu ileti engelinin potasyum iyonlarının depolarizasyon aktivitelerinin sonucu olduğu bildirilmiştir (Bartold, 2006; Demi *et al.*, 2009; Gilliam ve Orchardson, 2006; Porto *et al.*, 2009). Ancak aksi olarak Orchardson ve Gillam (2000) potasyum klorür, potasyum nitrat ve potasyum sitrat içerikli hassasiyet giderici ürünlerin intradental sinirleri inhibe ederek görev gördüklerine dair inandırıcı kanıtların olmadığını belirterek bu önerinin sağlıklı insan dişlerinde henüz doğrulanamadığını bildirmişlerdir. Yine potasyum iyonlarının dentin yüzeyinden pulpaya yayılımının sinir terminalleri üzerinde hassasiyet giderme etkisi yaratmada yeterli olup olmadığı tartışmalıdır.

2.3.2.2. Anti-inflamatuar ajanlar

Kortikosteroidler

Kortikosteroidlerin mineralizasyona neden olarak tübül okluzyonu sağladıkları varsayılmaktadır ama henüz bilimsel olarak onaylanmamıştır ve bu gibi ajanların kullanılmasının doğruluğu tartışmalıdır (Bartold, 2006). Bazı klinik denemelerde ise DH tedavisinde kortikosteroidlerin klinik olarak kullanışlı olmadığı bildirilmiştir (Al-Sabbagh *et al.*, 2009; Bartold, 2006). Kortikosteroidler hızlı etki gösteren ilaçlar değildir. Kortikosteroidlerin pulpal inflamasyona bağlı hassasiyeti azalttıkları da düşünülmektedir (Al-Sabbagh *et al.*, 2009; Bartold, 2006). Günümüzde tercih edilen ajanlardan değildir.

2.3.2.3. Dentin Tübüllerinin Kapatıcı veya Tıkayan Ajanlar

Kalsiyum Bileşikler

Dentin tübüllerini kapatan ve tıkayan ajanlar incelendiğinde ilk olarak kalsiyum bileşiklerinden söz edilebilir. Kalsiyum hidroksitinin etki mekanizmasının, kalsiyum iyonlarıyla protein yapıyı çözmek ve mineralizasyonu artırarak dentin tübüllerini tıkmak şeklinde olduğu gösterilmiştir (Al-Sabbagh *et al.*, 2009; Bartold, 2006). Bir diğer bileşik olan kalsiyum fosfat dişin ana yapısını oluşturan minerallerden oluşur. Kalsiyum ve fosfat iyonları ağız ortamında bulundukları zaman minerde remineralizasyon sağlarlar (Orchardson ve Gillam, 2006). Yapılan çalışmalar da kalsiyum fosfat bileşiğinin dentin tübüllerinin ağzını kapattığı ve geçirgenliği azaltarak hassasiyeti önlemede etkili olduğu gösterilmiştir (Cherng *et al.*, 2004; Suge *et al.*, 1995). Kazein fosfopeptid ve amorf kalsiyum fosfat bileşimi de DH tedavisinde kullanılmıştır. Amorf kalsiyum fosfat suda çözünerek kalsiyum fosfat iyonlarına ayrışarak etki ettiği öne sürülmüştür (Yates *et al.*, 1998).

Oksalat Bileşikler

DH tedavisinde kullanılan bir diğer ajan ise oksalat bileşikleridir. Dentin yüzeyine uygulandıklarında, dentindeki kalsiyum iyonlarıyla reaksiyona girerek dentin tübüllerini tıkayan çözünmeyen kalsiyum oksalat kristaller oluştururlar. Ek

olarak potasyum oksalat solüsyonu içerisindeki serbest potasyum iyonları pulpa sinirlerini doğrudan etkileyerek ilave bir hassasiyet giderme etkisi ortaya çıkarmaktadır (Al-Sabbagh *et al.*, 2009; Cunha-Cruz *et al.*, 2011). Dentini kaplayan doğal smear tabakasının üzerine oksalat bileşiklerinin uygulanmasıyla smear tabakasının yerine aside dirençli yeni bir oksalat kristali tabakasının oluştuğu bildirilmiştir. Bu yeni tabaka da orijinal smear tabakasının fonksiyonunu yerine getirmektedir (Cunha-Cruz *et al.*, 2011).

Florid Bileşikleri

Sodyum florür (NaF) içeren kavite vernikleri ve stannöz florür içeren jeller de DH'nin tedavisinde kullanılmaktadırlar (Porto *et al.*, 2009). Lukomsky (1941) ilk defa sodyum floridi bir hassasiyet giderici ajan olarak önermiştir. %2 sodyum florürün kullanıldığı iyontoforez işlemi de DH tedavisinde kullanılmaktadır. Düşük amperli elektrik akımından faydalanarak florür iyon konsantrasyonu artırılmaktadır (Singal *et al.*, 2005). İyontoforez ile dentin tübüllerinde florit iyon konsantrasyonu artırılmaktadır. Florürlü verniklerin ve iyontoforezin etkileri, NaF ile dentin sıvısının kalsiyum iyonları arasında meydana gelen reaksiyon ile dentin tübüllerinin ağzlarında biriken kalsiyum florür kristallerini oluşturarak tübülün tıkanmasına bağlıdır (Bartold, 2006; Hoang-Dao *et al.*, 2009; Ritter *et al.*, 2006; Singal *et al.*, 2005). Mine erozyonlarında yüksek konsantrasyonlu florür jellerin mine yüzeyinde kalsiyum florür tabakası oluşturarak asit ataklarına kaşı dişin yüzeyini koruyabildiği gösterilmiştir (Al-Sabbagh *et al.*, 2009; Ritter *et al.*, 2006).

Gluteraldehit ve Formaldehit

Gluteraldehit ve formaldehitin tükürük proteinlerini dentin tübülleri içerisine çöktürme kabiliyetlerinden dolayı DH tedavisinde kullanılabileceği düşünülmektedir (Al-Sabbagh *et al.*, 2009; Bartold, 2006). Gluteraldehitin DH semptomlarını azaltmada etkin olduğu bildirilmiştir (Dondi dall'Orologio ve Finger, 2002). Ancak formaldehit DH'nin tedavisinde çok az veya hiçbir etki gösterememiştir (Al-Sabbagh *et al.*, 2009; Bartold, 2006).

Gluteraldehit bileşigi dentin tübüllerinin içinde bir tıkaç oluşturur. Gluteraldehit dentin sıvısı içerisindeki serum albumini ile reaksiyona girerek pıhtılaşma oluşturur ve DH'nin hidrodinamik mekanizmasını yok eder. Ancak bu kimyasalların güçlü doku fiksatif oldukları unutulmamalıdır ve bu sebeple kullanılırken gingival dokulara temas etmesinden kaçınılmalıdır (Al-Sabbagh *et al.*, 2009; Dondelli, O'Connell ve Finger, 2002).

Rezinler, Adezivler ve Restoratif Materyaller

Birçok topikal desensitivite edici ajanın dentin yüzeyine tutulumunun yetersiz olmasından dolayı etkileri kısa sürmektedir. Cam iyonomer, rezin modifiye cam iyonomerler/kompomerler, adeziv rezin primer ve adeziv rezin bonding sistemleri uygulandıktan sonra yapılarında kırık görülmediği sürece kabul edilebilir dayanıklılıkta dentin tübül tıkaçıcıları olarak düşünülmektedir (Tay *et al.*, 1994; Porto *et al.*, 2009). Böylece bu materyaller dentin tübüllerinin ağızlarının örtülmesiyle pulpaya dentin tübülleri boyunca ulaşabilen ve ağrı ortaya çıkarabilecek uyarıların iletilmelerini engellemektedirler (Porto *et al.*, 2009).

Dental yapıda bir kayıp olmadığında bonding ajanları endike olabilir. Hızlı etki gösterirler ancak kolaylıkla ortadan kalkarlar (Hu ve Zu, 2010).

Rezin içerikli hidroksimetil metakrilat (HEMA), benzalkonyum klorit, gluteraldehit ve florit içeren dentin desensitivite ediciler (Gluma) anında ve uzun süreli etkinlik göstermeleri için üretilmişlerdir. HEMA fiziksel olarak dentin tübüllerini tıkarırken gluteraldehit de dentin tübül plasma proteinlerinin koagülasyonuna sebep olmaktadır (Duran ve Sengun 2004; Porto *et al.*, 2009). Rezin kompozitler, cam iyonomer ve rezin modifiye cam iyonomer simanlar örtü tabakası oluşturarak dentin tübül açıklıklarını kapatırlar ve hassasiyeti keserler ancak, restoratif materyal kullanımı dental yapıda bir kayıp olduğunda, lokalize DH vakalarında ve diğer konservatif tedavilerin hassasiyeti gideremediği durumlarda düşünülmelidir (Bartold, 2006; Porto *et al.*, 2009).

2.3.2.4. Periodontal Cerrahi

DH'nin tedavisi için, ortaya çıkmış kök yüzeylerinin kapatılmasında periodontal plastik cerrahiden bahsedilebilir. Dişeti çekilmesi sonucunda oluşan DH vakalarında miller sınıf I ve II defektlerin kapatılmasında geleneksel olarak periodontal plastik cerrahiden faydalanılır. Serbest dişeti grefti, laterale ya da koronale pozisyone flep, semilunar flep, subepitelyal bağ dokusu grefti ve yönlendirilmiş doku rejenerasyonu seçenekleri periodontal plastik cerrahide rutin olarak kullanılmaktadır (Chambrone *et al.*, 2008; 2009; 2010). Ancak periodontal plastik cerrahinin sonuçları özellikle şiddetli diş eti çekilmelerinde, kök örtülmesinin mümkün olmadığı bazı vakalarda her zaman öngörülebilir değildir. Etkinlikleri sınırlı olabileceğinden dikkatli bir planlama ve defekti tam olarak belirlemek gerekir (Al-Zahrani ve Bissada, 2005; Chambrone *et al.*, 2008; 2009; 2010). Genel olarak periodontal plastik cerrahi, hassasiyet tedavisinde ilk olarak tercih edilen bir yöntem değildir.

2.3.2.5. Lazerler

DH kontrolünde bugüne kadar kullanılan materyaller ve tedavi şekilleri ideal bir tedavi sağlamada yetersiz kalmıştır. Bu durum araştırmacıları farklı materyal ve tedavi yöntemlerini araştırmaya yöneltmiştir. Lazerler bu açıdan DH tedavisinde yeni bir kapı açmıştır.

2.3.2.5.1. Lazerin Tanımı

“Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation” kelimelerinin ilk harflerinden oluşturulan LASER terimi, dilimize LAZER olarak girmiş, “radyasyonun uyarılmış emisyonu ile ışığın güçlendirilmesi” anlamına gelmektedir. Lazer ışığı, aktive olmuş doğal gazların, elementlerin, moleküllerin ve çeşitli kristallerin etkileşimi ile yüksek yoğunlukta, paralel hareket eden, aynı dalga boyundaki elektromanyetik radyasyondan oluşan ışıktır (Özçelik ve Haytaç, 2010, s. 370). Lazerin temeli, 1917 ‘de Albert Einstein’ın İzafiyet Teorisine yani, maddenin uyarılarak radyasyon yayılımı yapabileceği kavramına dayanmaktadır (Özçelik ve Haytaç, 2010, s. 370). 1958’de Schalow ve Townes, bu teoriyi temel alarak tüm

lazerlerin ana prensibi olan MASER’i “Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation”ı rapor etmişlerdir (Fuller, 1997, s. 1). Aynı araştırmacılar MASER prensibinin ışık dahil herhangi bir dalga boyundaki tüm elektromanyetik dalgalara uygulanabileceğine dikkat çekerek lazer kavramını ortaya koymuşlardır. (Fuller, 1997, s. 1).

Atomun yapısı basitce bir çekirdek (nükleus) ve etrafında dolaşan elektron bulutu olarak düşünülebilir. Bulut içerisindeki elektronların çeşitli yörüngeleri takip ederek hareket ettiklerini düşünmek yararlı olacaktır. Yani, atoma bir miktar ısı uygulandığında, düşük enerji yörüngelerindeki elektronların nükleustan daha uzaktaki yüksek enerjili yörüngelere transferi beklenmektedir (Coluzzi, 2000). Yüksek enerjili yörüngeye yerleşen bir elektron, sonunda temel enerji durumuna (ground state) geri dönmek isteyecektir. Bu haldeki elektron, enerjisini ışık partikülü olarak bilinen ‘foton’ şeklinde salacaktır. Işık üreten herhangi bir nesne (floresan lambalar, gaz lambaları, televizyon ekranı vb.) bu işlemi yörünge değiştiren ve foton salan elektronlar vasıtasıyla gerçekleştirmektedir (Coluzzi, 2000).

Lazerler, enerji yüklenmiş atomların foton salınımını kontrol eden cihazlardır. Bir lazer cihazında, atomları uyarılmış safhaya getirmek için bir enerji kaynağı gerekmektedir. Bu enerji, kuvvetli bir flaş ışığı veya elektriksel boşaltım şeklinde olup bu yolla çok sayıda yüksek enerjili elektron oluşturulur. Uyarılmış elektron kazandığı enerjiyi foton şeklinde salmak için daha kararlı bir yörüngeye iner. Salınan ışık partikülü, salınma anında elektronun sahip olduğu enerjiye göre belli bir dalga boyu ve bu dalga boyunu temsil eden bir renge sahip olur (Coluzzi, 2000). Elektronları eşdeğer seviyedeki iki benzer atomun saldırdığı fotonun rengi ve dalga boyu da aynı olacaktır.

2.3.2.5.2. Lazerler Işınlарının Temel Özellikleri

Normal ışık; görünen mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı ışıkların toplamından oluşan beyaz ışık kümesidir. Farklı faz ve frekansa sahip dalgaların bir araya gelmesiyle oluşur. Lazer ışığı ise normal ışıktan farklı fiziksel özelliklere sahiptir (Pokora, 2001, s. 21-25):

1. Lazer ışığı monokromatiktir. Sadece tek renk ve dalga boyuna sahiptir. Işının dalga boyu elektron daha alt seviyedeki yörüngeye geçerken açığa çıkan enerji miktarı tarafından belirlenir.
2. Fotonlar birbirine uyumlu olarak çıkar ve tek bir noktada odaklanabilir. Buna koherent denir. Bunun anlamı tüm fotonların aynı fazda bulunmasıdır.
3. Lazer ışığı 'doğrusal' dır. Işının hüzmeleri konsantre ve güçlüdür. Lazer ışığının darlığı, yani etrafa gelişigüzel dağılmaması ciddi seviyede enerjinin çok ufak noktalara odaklanmasına imkân tanımaktadır.

2.3.2.5.3. Lazer Enerjisinin Oluşumu

Lazer sistemleri şematik olarak pompalama sistemi, lazer aktif maddesini (katı, sıvı, gaz) içeren rezonans odası ve yansıtıcı aynalardan oluşur. Pompa sistemi ile lazer aktif maddesi içeren odaya dışarıdan enerji etki ederek aktif madde uyarılır, elektronları bir üst seviyeye çıkar ve eski yerlerine dönerken foton yayarlar. Bu fotonlar rezonans odasının bir duvarını oluşturan %100 yansıtıcı aynadan yansıyarak, rezonans odasındaki diğer atomları etkilerler. Bu hareketli fotonlar, lazer ortamı içindeki diğer atomların uyarılmasına ve yeni bir yayma (emisyon) oluşmasına neden olurlar. Bu olaylar zinciri devam eder ve konsantre ışın demeti oluşur. Güçlenmiş olan ışın %90 yansıtıcı aynadan geçerek etki yerine ulaşabilir. Yansıtıcı aynalar konkav bir şekle sahiptirler. Burada ışınların dalga boylarını ve enerjilerini etkileyen iki önemli faktör vardır. Birincisi sistemin hangi güçle ve ne kadar bir süreyle pompalandığı, ikincisi ise aktif maddeyi oluşturan atomlar ve bunların güçleridir (Coluzzi, 2004).

Lazer cihazı, elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştüren bir ayardır ve üç temel komponenti vardır (Coluzzi, 2008):

- 1- Aktif lazer ortamı (Katı, sıvı, gaz formunda olabilir)
- 2- Optik rezonatör (Aktif ortamın koherent olmayan fotonlarına yeniden yön veren ve çok parlak, doğrusal, tek renkli ve koherent ışık oluşturan kısımdır. Genellikle bir tanesi ışığı hem yansıtan hem de geçiren iki içbükey aynadan oluşur)

3- Aktif lazer ortamının atomlarını uyaran başlangıç enerji kaynağı

Oluşan ışık cihazın içerisinde lensler yardımıyla odaklanarak iki ana iletim sistemi vasıtasıyla kullanılacak sahaya yönlendirilir. İlki ucunda ayna ile sonlanan esnek hollow tüpleridir. Lazer ışığı tüp boyunca iletilir ve tüpün sonunda bir uygulama başlığından yansıtılır ve hedef dokuya temassız şekilde iletilir. Safir veya hollow metal bir uç yerleştirilerek lazer dokuya temas ederek de kullanılabilir (Coluzzi, 2008). İkinci iletim sistemi cam fiber optik kablodur. Bu sistem daha esnek, daha hafif ve harekette daha kolaylıkla cevap verebilecek bir sistemdir. Çap olarak genellikle daha küçüktür (200-600 μm). Bu sistem temaslı veya temassız kullanılabilir. Argon, diyot ve Nd:YAG lazerler gibi kısa dalga boylu lazerler küçük, esnek cam fiberler ile iletilebilirler. Erbiyum sınıfı lazerler ise dalga boylarının büyüklüğü ve bu dalga boyunun iletici camın kristal moleküllerine uyum sağlayamaması ve suya yüksek emilimleri sebebiyle minimum hidroksil içeriği olan yüksek maliyetli fiber sistemlerle iletilebilirler. En yüksek dalga boylu lazer olan CO₂ lazerler, henüz günümüzde kullanılan fiber optik sistemlere uyumlu hale getirilememiştir. Bu nedenle hollow tüp ile iletilmektedir (Coluzzi, 2008).

Bazı lazer sistemleri kesintisiz, sürekli lazer ışığı sağlarken, bazı cihazlarda kullanılan metal perdeciklerle, ışığın pulsatif akımı sağlanır. Lazer ışığında meydana gelen bu kesinti gözle farkedilmeyecek kadar kısa zaman aralığında gerçekleşmektedir. Bu tip kesikli ışığa “chopped laser beam” denilmektedir. Bu sistemlerde bir saniyede yüzlerce kez ışığı durdurup yeniden göndermek mümkündür. Bazı sistemlerde ise enerji bir süre biriktirilip daha kısa bir zaman diliminde salınmaktadır. Bu şekilde çok daha fazla enerji içeren bir atım elde edilebilmektedir. Bu karakterdeki lazer akımına duraksatılmış akım anlamına gelen “pulsed laser irradiation” denilmektedir (Coluzzi, 2008). Lazer ışığının kesikli olarak kullanımı, yüksek güçte, kısa süreli atımlar uygulayarak çevre dokuların ısınması ve hasarı için geçen sürenin minimumda tutulmasını sağlar. ‘Pps’, pulse per second anlamına gelen bir birim olup lazer cihazının saniyede kaç atım yaptığını belirtmek için kullanılır. Frekansı ifade eden ‘Hz’ (Hertz) birimi de aynı anlamda kullanılmaktadır (Coluzzi, 2008).

2.3.2.5.4. Lazer-Doku Etkileşimi

Herhangi bir dokuya lazer ışığı uygulandığında dört farklı fiziksel olay gerçekleşebilir. Bu lazer enerjisi, doku tarafından absorbe edilebilir, yüzeyel olarak dokulara yayılabilir (scattering), derin dokulara iletilebilir (penetrasyon, transmisyon) ya da yansıtılabilir (reflection) (Pokora, 2001, s. 21).

Yansıma çevre ile materyal arasındaki ışık kırılma indeksleri ile ilgili olarak değişir. Dokuların homojen olmayan yapısı yansımada en önemli faktördür. Yansıyan ışık dar açılı saçılırken paralelliğine devam edebilir ve daha fazla difüze olabilir. Bazı lazerlerdeki ışık saçılımı 3 m'den daha fazla uzaklıklarda bile hala yeterli enerjiye sahip olabilir. Bu yansıyan ışığın gözlere direkt zararlı etkisi vardır (Coluzzi, 2008).

Yayılma lazer enerjisinin hedeflenen bölgeden ya da noktadan farklı yönlere sapmasıyla biyolojik bir yarar sağlayacak etkisinin kalmamasıdır. Bu yayılma operasyon sahasında ısı artışına ve istenmeyen etkilerin ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu etkiden kompozit polimerizasyonunda yararlanılabilir (Coluzzi, 2008).

Transmisyon, lazer enerjisinin hedef doku için yüzeysel dokulardan etkileşime girmeden geçmesidir. Bu özellik büyük oranda ışığın dalga boyu ile ilişkilidir. Su, argon, diyot ve Nd:YAG gibi düşük dalga boylu lazerlerin geçişine izin verirken, erbiyum ve CO₂ lazerler ise büyük oranda absorbe edilip komşu dokulara daha az iletilir (Pokora, 2001, s. 27-28).

Lazer ışınının doku tarafından absorbe edilmesi olağan ve istenen bir etkidir. Her biyolojik doku farklı absorbsiyon özelliği sergiler. Bu absorbsiyonun derecesi dokuların biyolojik yapısı, protein, pigment, mineral ve su içerikleri, yoğunlukları, ısı iletkenliği gibi faktörlerden etkilenen dokuların optik özelliklerine; lazer ışığının dalga boyu, dalga formu (devamlı, aralıklı) gücü, dozu, uygulama süresi ve açılmasına bağlıdır (Coluzzi, 2008). Spektrumun mor ötesi bölgesinde absorbsiyon dokunun protein içeriğine bağlı iken, kızılötesi bölgede dokunun su içeriği önemli etkindir. Bundan başka kematoproteinler, pigmentler, aromatik sistem ve nükleik asit gibi diğer makromoleküller de dalgaboylarına göre değişik şiddette lazer ışını

absorbe ederler. Protein ve diğer birçok organik moleküller mor ötesi spektrumda (200-400 nm) kuvvetli absorbsiyon yaparlar. Hemoglobin, görülen ışık ultraviyolenin yeşil ve sarı rengine kadar (800nm) çok kuvvetli absorbsiyon yapar. En önemli epidermal kromofor olan melanin tüm görünen ışığı, UV ışık bölgesine kadar absorbe eder. Buna karşılık kızıl ötesi ışın özellikle su tarafından absorbe edilir (Coluzzi, 2008; Özçelik ve Haytaç, 2010, s. 371). Diyot ve Nd:YAG lazerler melanin için yüksek emilim gösterirken, erbiyum sınıfı lazerler ve CO2 lazer dokularda bulunan su tarafından en iyi absorbe edilen dalga boylarına sahiptirler. Erbiyum lazerler ayrıca hidroksi apatit tarafından da yüksek emilim gösterirler (Coluzzi, 2008).

2.3.2.5.5. Lazer Işınlmasının Dokularda Yaratabileceği Etkiler

Lazerden kaynaklanan ışık enerjisinin hedef dokudaki etki mekanizması, hedef dokunun optik özelliklerine, ışının dalga boyuna ve birim zamanda y üzeye düşen enerji yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir.

1. Fotobiyokimyasal etki: Lazer ışığının herhangi bir termal etkisi olmadan absorbsiyonu ile molekül ve atomların fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmesidir. Dokuların iyileşme ve tamir gibi biyokimyasal ve moleküler işlemlerinde uyarıcı rol oynar. Enerji yoğunluğu arttığında, fotokimyasal etkiler fototermal etkiye dönüşebilir (Coluzzi, 2008).

Biyostimulasyon: Düşük dozlu lazerlerin kullanımı, ağrının azaltılması, yara yeri iyileşmesinin uyarılması veya diğer biyolojik olayların değiştirilmesini sağlamaktadır. Bu amaçla düşük enerjili lazerler kullanılır. Doku arası sıvı alışverişinin uyarılmasıyla, arterio kapiller vazodilatasyon sonucu kan akımının düzenlenerek iltihaplı alandaki ödemi bu yolla giderir. Hücrenin protoplazmasındaki elektrolit alışverişi uyarılır ve metabolik aktivite hızlandırılır. ATP sentezi ile oksijenin, vazodilatasyon sonucu kullanımı artar, nükleik asitlerle sitoplazmik enzimlerin aktivitesi sonucu hücre mitozu uyarılır. Lazer lenfosit, granülositler ile kemotaksisi uyarır, böylece nekrotik doku artıklarını yaradan uzaklaştırarak yaranın temizlenmesini sağlar.

Fibroblast aktivitesinin belirgin artışı sonucu kollajen ve retikulum liflerinin üretiminde hızlanma görülür. Kapiller düzeyindeki yeni damarların oluşumundaki artış sonucu onarım süreci uyarılır, granülasyon dokusunun arttığı görülür. Epitel hücre proliferasyonunun uyarılması sonucu yara giderek, tamamen iyileşir. Bu etkilerin sonucunda lazer ışınının yara iyileşmesi üzerine olumlu etkisi olduğu kabul edilmektedir (Pokora, 2001, s. 31-32; Parker, 2007).

Fotodinamik etki: Genellikle fotodinamik etkileşimler, ışığa duyarlı molekülleri kullanarak, oksijenin biyokimyasal olarak reaktif formunu yani serbest oksijeni oluştururlar. Serbest oksijen radikali sitotoksiktir ve dokudaki bazı önemli komponentleri okside ederek doku yıkımını başlatır (Coluzzi, 2008).

2. Fototermal etki: Lazer ışığı, biyolojik doku tarafından soğurulduğunda taşıdığı termik enerji ile dokuda fototermal reaksiyonlara sebep olur. Lazer ışığının doku ile temas ettiği bölgede yüzeyden derine doğru sırayla; rölatif buharlaşma alanı, organik kompanent koagülasyon alanı, nekroz alanı ile hipertermi ve ödem alanı oluşur (Özçelik ve Haytaç, 2010, s. 371). 45-50 °C’de enzimatik değişiklikler ve ödem, 60 °C’de kagülasyon, 70-90 °C arasında protein denaturasyonu ve 100 °C’de buharlaşma görülür. 150 °C üzerindeki ısılarda dokuda buharlaşmanın yanı sıra yanmalar meydana gelir ve karbonizasyon oluşur (Özçelik ve Haytaç, 2010, s. 371; Parker, 2007).

Atımsal şekilde olan lazer sistemlerinde atım tekrarlama süresi ve atım genişliği fototermal etkide önemli rol oynar. Devamlı ışın veren lazerlerde, dokunun termal dinlenme süresi (ısının difüzyonu için gereken süre) olmadığı için lazerin uygulama süresine bağlı olarak ısı artar. Atım şeklinde olanlarda ise uygulama sırasında aralar mevcuttur. Bu ara ne kadar fazlaysa ısınma o derece az olur. Dokunun ısınmasını azaltmak veya engellemek için bazı lazer cihazlarına hava, su gibi çeşitli soğutucu çıkışlar ilave edilmiştir (Parker, 2007).

3. Fotoiyonizasyonel etki

Fotoablasyon: Lazer ışını komşu dokulara hiçbir zarar vermeden hedef dokunun atomik ve moleküler bağlarını kırar. Isı enerjisi dokunun buharlaşma sıcaklığından fazla ise enerjinin büyük kısmı absorbe edilerek aniden patlama şeklinde buharlaşır. Buna fotoablasyon denir. Diş sert dokularından parçacıklar halinde madde kaldırılarak kavite açma bu etki ile gerçekleştirilmektedir. Absorbsiyonun şiddeti doku cinsine ve lazer dalga boyuna bağlıdır. Dokunun derin kısmında ısı enerjisi azalır, dolayısıyla dokudaki ısı enerjisinin oluşturduğu sıcaklık da azalır. Bu durumda dokudaki termik zararlar çok az olup aşağı yukarı lazer ışınının penetrasyon derinliği kadar olur (Parker, 2007).

Fotomekanik (fotoakustik) etki: Atımlı lazer enerjisi, hedeflenen dokunun fiziksel olarak kesilmesine yol açan şok dalgaları veya yüksek basınçlı dalgalar halinde akustik enerjiye dönüşür (Parker, 2007).

2.3.2.5.6. Lazerlerin Sınıflaması (Pokora, 2001, s. 17-21)

A. Lazer Aktif Maddesine Göre

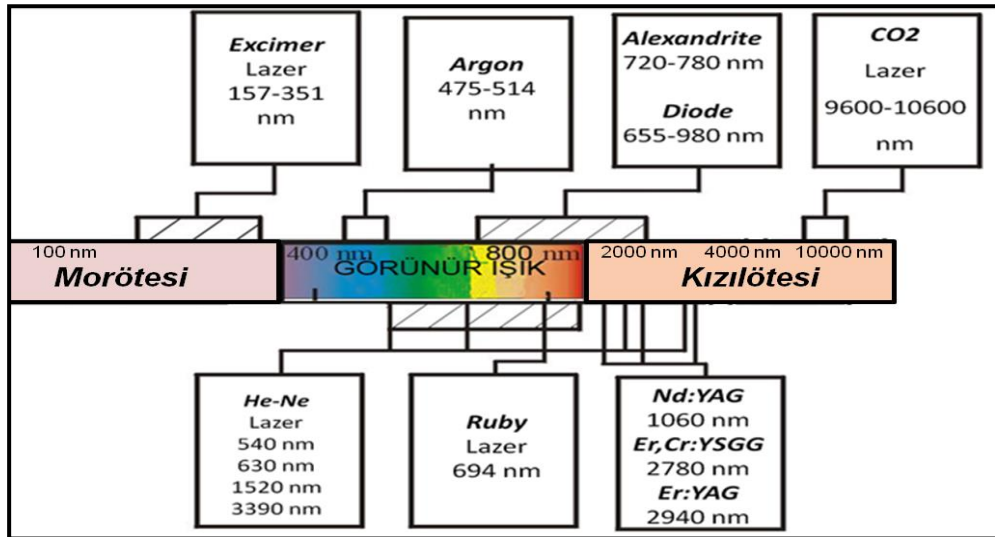
1. Katı Lazerler (Ruby, Alexandrite, Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG)
2. Gaz Lazerler (CO₂, He-Ne, Excimer)
3. Yarı İletken Lazerler (Diode)

B. Lazer Işının Hareketine Göre

1. Devamlı ışın verenler
2. Atımlı ışın verenler
3. Dalgalı akım olarak ışın verenler

C. Lazer Işının Dalga Boyuna Göre (Şekil 1)

1. Mor ötesi (UV) spektrum (Excimer < 400 nm)
2. Görünür (VIS) spektrum (400-700 nm) (Argon 475 nm, He-Ne 540-630 nm, Ruby 694,3 nm)
3. Kızıl ötesi (IR) spektrum (700 nm ve üzeri) (Alexandrite 720-780 nm, Diode 655-980 nm, He-Ne 1520-3390 nm, Neodyum: Yttrium-Alüminyum-Garnet (Nd:YAG) 1064 nm, Erbiyum, Krom: İttriyum-Skandiyum-Galyum-Garnet (Er,Cr:YSGG) 2780 nm, Erbiyum: İttriyum-Alüminyum-Garnet (Er:YAG) 2940 nm, CO2 9600-10600 nm)



Şekil 1. Lazerler ışınlarının dalga boylarına göre sınıflandırılması

D. Lazer Işınının Enerjisine Göre

1. Yumuşak lazerler: Düşük enerjiye sahip lazerlerdir. (He-Ne, Diode, Ga-As) Soğuk (atermik) lazer olarak da bilinen ve güçleri miliwatt ile ifade edilen bu lazerler terapötik ve doku iyileşmesini hızlandırmak amacıyla kullanılmışlardır.
2. Sert lazerler: Bu lazerler ısı açığa çıkardıklarından termik lazerler olarak da bilinirler. Bu kategoride argon, CO2, Nd:YAG, erbiyum sınıfı lazerleri (Er:YAG, Er,Cr:YSGG) saymak mümkündür. Bu lazerler dokuları kesmek ve koagülasyon sağlamak için kullanılmaktadırlar.

E. Lazer Işının Uygulanış Şekline Göre

1. Kontaklı Lazerler

2. Kontaklı Lazerler

F. Tehlike Seviyelerine Göre Lazerin Sınıflandırması

1. Sınıf: Bu lazerler çok tehlikeli ışık çıkarmazlar. Düşük güçlü diyot lazerlerdir.

2. Sınıf: Gücü 1mW'ın altında olan ve ışığı gözle görülen lazerler(He-Neon)Doğrudan içlerine bakmadıkça, tehlike teşkil etmezler. Göz kırpma refleksinin bu lazerlere karşı yeterli bir savunma mekanizması olduğu varsayılır.

3. Sınıf: Ciltle temas ettiklerinde tehlike teşkil etmeyen,yangın tehlikesi yaratacak kadar gücü olmayan, ancak doğrudan veya yansıyan ışıklarına bakılmasında tedbir gerektiren lazerlerdir. İki alt sınıfa ayrılır:

3a Sınıfı: Işığa büyüteç, mikroskop gibi optik sistemlerle korumasız gözle bakılabilen lazerler.

3b Sınıfı: Işığa gözlüksüz bakılmaması gereken lazerler.

4. Sınıf: Yangın tehlikesi oluşturan, cilt ve gözler için tehlike teşkil eden lazerler. Bu lazerlerin yansıyan veya genişleyerek saçılan ışıkları dahi gözler için tehlikelidir. Emniyet tedbirlerinin alınması gereklidir. Tedavi amaçlı kullanılan lazerlerin çoğu bu kategoriye girmektedir.

2.4. Dentin Hassasiyetinin Tedavisinde Lazer Kullanımı

Çeşitli ayarlar ve şartlara sahip farklı lazer tipleri hassasiyeti tedavi etme amaçlı kullanılmıştır. Lazer birçok çalışmada pozitif sonuçlar göstermiş olsa da, bu etkinin arkasındaki mekanizmalar tam olarak anlaşılamamıştır ve hala

incelenmektedir (Kimura *et al.*, 2000). Dentin üzerinde lazer irradyasyonunun etkisini açıklamak için; dentinin erime ve yeniden kristalizasyonu ile dentin tübüllerinin kapatılması, dentin lenfinin buharlatılması, analjezik etki ve dentin tübüllerinin tersiyer dentin ürünleriyle tıkanması gibi birçok farklı teori öne sürülmüştür (Corona *et al.*, 2003; Moritz *et al.*, 1998; Schwarz *et al.*, 2002; Yılmaz *et al.*, 2011b; 2011c).

Ruby (yakut) lazer Maiman tarafından geliştirilmesinden sonra, diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmıştır (Kimura *et al.*, 2000). Ruby lazer diş hekimliği alanında ilk defa diş sert dokuları üzerine uygulanmış ve araştırmacılar işlem sonrası, diş minesinin demineralizasyon ve permeabilitesinin azaldığını bildirmişlerdir (Kimura *et al.*, 2000). Günümüzde diş hekimliğinde kullanılan lazerler iki ana grup: 1.Düşük güçteki helyum-neon (He-Ne) ve Galyum-Alüminyum-Arsenik (GaAlAs) (Diyot) lazerler; 2.Orta güçteki Neodyum-katkılı: İttriyum-Alüminyum-Garnet (Nd:YAG), Erbiyum: İttriyum-Alüminyum-Garnet (Er:YAG), Erbiyum, Krom: İttriyum-Skandiyum-Galyum-Garnet (Er,Cr:YSGG) lazerler olarak sayılabilir (Dederich ve Bushick, 2004; Walsh, 1997).

2.4.1. Düşük Güçteki (Low-Output) Lazerler

2.4.1.1. He-Ne Lazer

He-Ne lazerin ilk defa DH'nin tedavisinde kullanılması sonucunda lazerin etkinliğinin 6mW güç için %84 oranında olduğunu rapor edilmiştir. (Kimura *et al.*, 2000). Daha sonra yapılan çalışmalarda He-Ne lazerin etkiliği %5.2 ile %100 arasında oldu bildirilmiştir (Kimura *et al.*, 2000). He-Ne lazerin etki mekanizması için periferik A β ve C sinir lifleri reseptörleri üzerine etki etmediği, fakat aksiyon potansiyelini değiştirdiğini ve bu etkinin sekiz ay kadar sürdüğü bildirilmiştir (Kimura *et al.*, 2000; Walsh, 1997). 6 mW güç ayarında He-Ne lazer irradyasyonu mine veya dentin yüzeyine morfolojik olarak etki etmediği ancak lazer enerjisinin çok ufak bir bölümü mine ve dentini geçerek pulpal dokuya ulaşabileceği bildirilmiştir (Kimura *et al.*, 2000).

2.4.1.2. GaAlAs Lazer

DH'nin tedavisinde kullanılan diğer bir düşük güçteki lazer de GaAlAs (diyet) lazerdir. Bu lazer sistemine ait etkin ortamda genelde Alüminyum (Al) veya İndiyum (In) eklenmiş Galyum-Arsenik kombinasyonundan oluşan yarı iletken mikroçip levhalar kullanılmaktadır. Düşük maliyetli oluşları ve fiber optik ile kolaylıkla taşınabilir olmaları en büyük avantajlarıdır. GaAlAs lazerler 655 nm den 980 nm ye kadar dalga boylarını devamlı dalga modunda üretebilmektedir (Özçelik ve Haytaç, 2010, s. 375).

Diyot lazerin maksimum gücü olan 60mW mine veya dentin yüzeyine morfolojik olarak etki etmez. Ancak 830 nm dalga boyundaki lazer enerjisinin küçük bir bölümü dental sert dokulardan pulpaya ulaşabilir. Fizyolojik deneylere göre bu tip düşük doz lazerler deprese sinir taşınımına bağlı olarak analjezik etki gösterirler. GaAlAs lazerin bu etkisi C sinir fibril sonlanmalarının depolarizasyonunu bloke etmesine bağlanmıştır (Kimura *et al.*, 2000; Walsh, 1997). Analjezik etkisinin yanı sıra uzun zaman aralığında dental pulpanın bir reaksiyonu olarak lazer ışığıyla desteklenmiş sert doku formasyonunda bildirilmiştir (Dilsiz *et al.*, 2009; Ferreira *et al.*, 2006). Diyet lazerle provake olmuş odontoblast stimülasyonu, irregüler tamir dentini üretimi ve dentin tübüllerinin tıkanması DH de ağrı baskılanmasının sebepleri olarak sayılabilir (Pesevska *et al.*, 2010; Yılmaz *et al.*, 2011b; 2011c).

2.4.2. Orta Güçteki (Middle-Output) Lazerler

2.4.2.1. Nd:YAG Lazer

Neodyum katkılı İtiryum Alüminyum Garnet (YAG) kristalinden oluşan etkin ortama sahip bir katı hal lazeridir. Nd:YAG, 1064 nm'lik, quartz cam fiber optik kablolardan geçebilen kızılötesi spektrumda yer alan bir dalga boyuna sahiptir ve nabızsal dalga salımı ile etkisini gösterir (Özçelik ve Haytaç, 2010, s. 374).

Nd:YAG lazerin direkt sinir analjezisine ek olarak dentin kristallerinin rekristalizasyonu ve erimeleri ile dentin tübüllerinin ağzının daraltılması ve tıkanmasına sebep olarak hassasiyetin giderilmesinde etkili olduğu düşünülmektedir (Dilsiz *et al.*, 2009; Dilsiz *et al.*, 2010; Gutknecht *et al.*, 1997; Lan ve Liu 1996;

Yonaga *et al.*, 1999). Lazer enerjisinin sinir hücresi aksonlarının sonlanmalarında geçici bozulmalara, hücre membranı permeabilitesinde değişikliklere ve sodyum pompa mekanizmasında engellemelere neden olarak analjezik etki yaptığını ileri sürülmüştür (Kimura *et al.*, 2000).

2.4.2.2. CO₂ Lazer

Aktif maddesi karbondioksit gazıdır ve dalga boyu 10.600 nm dir. Kızıl ötesi, görünmeyen, iyonizasyona neden olmayan spektrumun orta bölümünün sonlarında yer alır. Birçok lazer cihazında olduğu gibi, kullanım kolaylığı için rehber olarak kırmızı bir ışık veren He-Ne lazeri (5 mW gücünde) sisteme katılmıştır. Devamlı ve nabızsal salım modları bulunur. Bu dalga boyunun en önemli özelliği su molekülü tarafından güçlü absorpsiyon göstermesidir. Dolayısıyla yumuşak dokulara uygulandığında çok az saçılır ve doku penetrasyonu (0,2 – 0,3 mm) oldukça sığdır (Özçelik ve Haytaç, 2010, s. 374). CO₂ lazer ışını fosfat iyonları gibi sert dokunun temel bileşenleri tarafından da yüksek oranda absorpsiyon gösterir. Böylece uygulanan enerji sert doku tarafından kolayca emilerek, inorganik komponent içinde ani ısı birikmesine yol açar. Bu ise sert dokulardaki organik komponentin karbonizasyonuna, inorganik komponentin erimesine sebep olur (Özçelik ve Haytaç, 2010, s. 374). DH tedavisi üzerine CO₂ lazerin etki mekanizması, dentinin erimesi ile dentin kanallarının tıkanması ve daralması şeklinde açıklanmıştır. CO₂ lazer ayrıca dentin permeabilitesini azaltması yanında dentinde kurumaya da neden olduğu ve hassasiyette gecici rahatlama sebebinde olduğu bildirilmiştir (Kimura *et al.*, 2000).

Nd:YAG ve CO₂ lazerlerin yüksek enerji ayarlarında karbonizasyon, dokuda erime, toksik madde formasyonuna yol açan protein denatürasyonu ve dokularda yapısal değişiklikler gibi zararlı termal yan etkilerine rastalanılması (Gutknecht *et al.*, 1997; Lan ve Liu 1996; Moritz *et al.*, 1998) araştırmacıları farklı lazer tiplerinin kullanılması için çalışmalara yöneltmiştir.

2.4.2.3. Erbiyum Lazerler

Erbium lazerler 1975 yılında Zharikov ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. 1997 yılında ise FDA, erbiyum lazerlerin çürük temizlemede, kavite preparasyonlarında ve mine pürüzlendirmesinde kullanılabileceğini bildirmiştir (van

As, 2004). Erbiyum sınıfında 2 farklı dalga boyuna sahip lazer bulunmaktadır (van As, 2004):

- Er:YAG lazer: Aktif maddesi katı itriyum, alüminyum ve garnet kristaline erbiyum katılmasıyla oluşturulmuştur. Dalga boyu 2940 nm dir.
- Er,Cr:YSGG lazer: Aktif maddesi erbiyum ve kromun, itriyum, skandiyum, galyum garnet katı kristalleriyle kaplanmasıyla oluşturulmuştur. Dalga boyu 2780 nm dir.

Benzer özelliklerinden dolayı Er,Cr:YSGG ile Er:YAG lazerler birarada anılırlar. Bu iki dalga boyu da elektromanyetik spektrumun iyonlaşmayan kızıl ötesi bölümündedir. Fiberleri hava soğutmalıdır. Fiberin sonunda el yapımı küçük diyameterli cam kristalleri bulunmaktadır. Bu cam enerjiyi cerrahi boyuta düşürür. Cerrahide düşük dalga boylu lazerler kullanılır. Teknik olarak bakıldığında fiber optik sistemlerin dalga boyları cam molekülere kolay iletişim sağlayamaz, bu yüzden kırılğan ve pahalı bir lazerdir. Bu iki lazer suda absorbsiyonu en yüksek olan lazerlerdir. Dental dalga boylarında hidroksiapatite çok affiniteleri vardır. Sudaki kristal iskeletleri sayesinde lazer ışını dişte kolay absorbe edilir. Mineral substratların içindeki suyun buharlaşmasıyla hacim artışı meydana gelir. Bu artış etrafta patlamaya neden olur (van As, 2004).

Son zamanlarda, erbium lazerler sert doku prosedürlerinde en etkili lazer olarak ispatlanmıştır (van As, 2004). Erbium lazerlerde enerji, su ve hidroksiapatit kristalleri tarafından iyi bir şekilde absorbe edilerek, mine, sement ve kemiği lazerle uzaklaştırılması sırasında termal zarar meydana gelmez (van As, 2004). Sert doku çıkarılmasının mekanizmasında hidrokinetik etki olarak isimlendirilen su spreyi ile lazer enerjisi arasındaki ilişki önemlidir. Hedef dokunun uzaklaştırılması sırasında lazer enerjisi su tarafından absorbe edilerek, termal zarara sebep olmaksızın mine, sement ve kemik gibi sert dokuların uzaklaştırılmasını sağlar. Er:YAG da Er,Cr:YSGG de su içerikleri olduğu için yumuşak dokuda kullanılabilir. Fakat hemostatik kullanımları sınırlıdır (van As, 2004).

2.4.2.3.1. Er:YAG Lazer

Er:YAG lazerin çürük temizlemede etkili olduğu ve minimal termal hasar oluşturduğunu birçok çalışma göstermiştir (van As, 2004). Bakterisid ve detoksifikasyon etkisi vardır. Bakterisid etkisi sadece bakterilere karşı değil, aynı zamanda toksinleri de nötralize eder (van As, 2004). CO2 lazerden 10 kat daha fazla suda absorbe olur. Nd,YAG lazerden ise 15.000-20.000 kat fazla suda absorbe olur. (Özçelik ve Haytaç, 2010, s. 375; van As, 2004). Er:YAG lazer, Er,Cr:YSGG lazerden iki kat daha fazla suda absorbe olur. Suda fazla absorbe olma özelliğinden dolayı doku dejenerasyonu, ısı artışı minimaldir. Fotomekanik doku kaldırma işlemi gerçekleştirir. Hem yumuşak dokuda hem de sert dokuda minimal termal hasar ile kullanılabilen, periodontolojide kullanımı tavsiye edilen lazerlerdir, karbonizasyon gözlenmez (Özçelik ve Haytaç, 2010, s. 375; van As, 2004).

Er:YAG lazerinin hassasiyet azaltıcı etkisi dentin tübüllerindeki dentin lenfinin su içeriğinin buharlaşmasına; böylece çözünmez tuzlarının çökerek dentin tübüllerini daraltmasına bağlanmıştır. Bu durumun dentin sıvı hareketlerini azaltılabileceği ve hidrodinamik teoriye göre, doğrudan dentin hassasiyetinde bir azalma ile sonuçlanabileceği bildirilmiştir (Schwarz *et al.*, 2002).

2.4.2.3.2. Er,Cr:YSSG Lazer

Er,Cr:YSGG lazerler 2.78 µm dalga boyunda çalışmaktadırlar. Fotonlar, fiber bir uç yardımı ile el aletine iletilir. Cihazın en ucundaki safir uçların çapı 200-1200 mm arasında değişmektedir. El aleti, hava ve su spreyine sahiptir. Sistem 2.78 µm dalga boyuna, 0.1-8 W güç aralığında 140-200 mikrosaniye süreli ve 10-50 hertz tekrarlama oranına sahip fotonlar yayar, nabızsız şekilde ışın oluşturur (van As, 2004).

Er,Cr:YSGG lazerler hem yumuşak dokuda hem de sert dokuda kullanılabilir. erbiyum lazer kavite preparasyonu sırasında etkisini termomekanik aşındırma yaparak göstermektedir (van As, 2004). Bu etki lazer ışığı dokuyla temas ettikten sonra ışık enerjisinin ısıya dönüşmesiyle olur. Lazer ışığı dokunun üst tabakaları tarafından absorbe edildikten sonra dokuda bulunan su ısı etkisiyle kaynamaya başlar

daha sonra sert doku komponentlerinin buharlaşması ve suyun aşırı ısınması nedeniyle termal stresler meydana gelir. Termal stresler de kollagen ve apentin yapılarının bozulmasına dolayısıyla yüksek gaz basıncının oluşmasına neden olacaktır. Bu da dokuda mikropatlama olarak kendini gösterir ve ablasyon dediğimiz olay meydana gelir (van As, 2004). Ayrıca ekzojen su taneciklerini atomize hale getirerek, doku yüzeyinde lazer enerjisi ile atomize su zerreciklerini birleştirmekte ve doku yüzeyinde, istenilen etki çok daha net sağlanabilmektedir. Bu nedenle sisteme hidrokinetik sistem adı da verilmektedir ve eksojen olarak ortama verilen su ablasyon sırasında sert dokulardaki endojen sudan daha çok etkinliği arttırmaktadır (Meister *et al.*, 2006).

DH tedavisindeki Er;Cr:YSGG lazerin klinik etkinliğinin; 2780 nm dalga boyundaki lazerin suda yoğun absorpsiyonu sonucu lazer irradyasyonu sonucu dentin lenfinin buharlaşmasıyla ekspozite dentin kanallarının içerisinde çözünmez tuzlar birikmesine ve bu depozisyonun dentin kanallarını tıkadığı ve dentin hassasiyetini azalttığı düşünülebilceği teorize edilmiştir (Yılmaz *et al.*, 2011a; 2011b). Er;Cr:YSGG lazerin su molekülerinden daha fazla olarak sert dokudaki OH iyonları tarafından absorbe edilir. Sert doku yüzeyindeki sıcaklık artışıyla kimyasal yüzey değişikliğine sebep olacağı ve bu sebeple mine ve dentinin mineral yapısındaki kalsiyum/fosfat oranının belirgin bir biçimde artmasıyla çözünürlüğü düşürücü etkisi olabileceği (Harashima *et al.*, 2005), ayrıca enflamatuvar medyatörlerin senteziyle oluşan hassasiyette önemli rol oynayan bakteriler üzerine Er;Cr:YSGG lazerin yüksek antibakteriyel potansiyelide göz önünde bulundurulması gerektiği bildirilmiştir (Franzen *et al.*, 2009; van As, 2004).

Ekspozite dentin tübüllerinin sayısı ve çaplarıyla olan direkt ilişkisi göz önüne alındığında; dentin hassasiyetinin tedavisinde tübüllerin çap ve sayılarının azaltılmasının başarı için ulaşılması gereken bir hedef olduğu görülmektedir. Lazerlerinin dentin hassasiyetinin tedavisi için olumlu klinik sonuçlara sahip, konvansiyonel tedavilere alternatif olabilecek uygun araçlar olduğu kabul edilmektedir. Ancak mevcut veriyle, dentin hassasiyetinin lazer ile tedavisinin hala incelenmesi gerekmektedir. Literatür incelendiğinde lazerlerin in vivo olarak DH tedavisinde; dentin yüzeylerinde oluşturduğu etkinin SEM ile incelendiği çalışmaya

rastlanılmamıştır. Planlanan bu in vivo çalışmada Er,Cr:YSGG lazerin, dentin hassasiyeti üzerine immedat etkisi klinik olarak, dentin tübülleri üzerine tıkama etkisi de SEM görüntüleri üzerinden değerlendirilicektir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Yakın Doğu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Ana Bilim Dalı Kliniği'ne başvuran 20 hasta çalışmaya dahil edildi. Çalışma Yakın Doğu Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından değerlendirildi ve onaylandı. Çalışmaya dahil edilen hastalara çalışma ve yapılacak işlemler açıklanmış ve bilgilendirilmiş olurları alınmıştır.

Çalışmaya dâhil etme kriterleri:

1. Hastaların sistemik olarak sağlıklı olması.
2. Her hasta için farklı yarılarda en az 3 dişin klinik olarak belirgin dentin hassasiyeti olması. (VAS skorunun 4 ve üzeri olması).
3. Çalışmaya dâhil edilecek ve SEM de incelenecek dişlerin Miller sınıf III (Miller, 1950, s. 125) mobilite ve en az Miller sınıf I (Miller, 1985) dişeti çekilmesi göstermeleri, vital olmaları ve çekim endikasyonlarının konmuş olmasıdır.

Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri:

1. Tedaviden 72 saat önce analjezik, antihistaminik, anti-enflamatuar ilaç kullanan hastalar.
2. Son bir ayda hassasiyet tedavisi gören hastalar.
3. Son 6 ayda periodontal tedavi gören hastalar.
4. Hamile ve kooperasyon bozukluğu olan hastalar.
5. Kırık, çürük, restorasyonlu, vital olmayan dişler çalışmaya dahil edilmemiştir.

3.1. Çalışma Grupları

Bölünmüş ağız (split-mouth) dizaynına sahip randomize kontrollü klinik çalışmada 3 deney grubu bulunmaktadır:

Grup 1: Plasebo lazer uygulanan grup.

Grup 2: Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz, %0 su, %10 hava) ile 0.25 W uygulanan grup.

Grup 3: Er,Cr:YSGG lazer (20 Hz, %0 su, %10 hava) ile 0.5 W uygulanan grup.

3.2. Dişlerin Hazırlanması

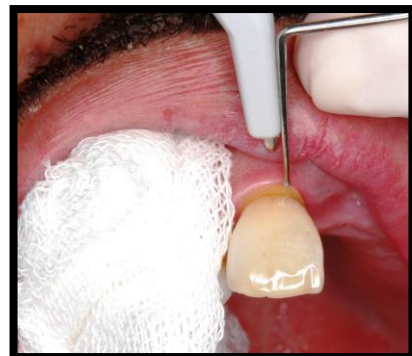
Çalışmaya dâhil edilen tüm dişerlerin tedavi öncesi ve sonrası vitalitesi, elektrikli vitalometre (Digitest, Parkel, NY, USA) ile değerlendirildi (Şekil 2). Sonrasında ultrasonik kavitron (EMS, Piezon master 700) ile detartraj; küret (Hu-Friedy, S65/6R9) ile kök düzlemesi yapılarak dişler çalışmaya hazır hale getirildi. Her bir hasta için seçilmiş dişler rastgele olarak kura yöntemiyle gruplardan birine dahil edildi.

3.3. Ağrının Değerlendirilmesi

DH'nin derecesi kalitatif olarak ölçebilmek için ilgili diş kökünün bukkal yüzeyine dik açıyla yaklaşık olarak 1 cm uzaktan 3 sn boyunca hava spreyi ile soğuk hava (55-60 psi basınç ve 21-22°C derece sıcaklıkta) uygulandı (Şekil 3). Yanlış pozitif sonuçları engellemek için komşu dişler pamuk rulo izole edildi. Hava stimulanının süresi kronometre vasıtasıyla kontrol edildi ve uzaklık periodontal sond (UNC-15, Hu-Friedy, Chicago, IL, USA) ile ölçüldü. Ölçümler lazer tedavisi öncesi ve hemen sonrasında VAS ile kaydedildi.



Şekil 1. Vitalometre (Digitest, Parkel, NY, USA) ile dişin pulpa canlılığının değerlendirilmesi



Şekil 2. İzolasyon sonrasında hava spreyi uygulaması

Hastalara uyarın verildikten sonra hissettikleri ağrıyı belirtmeleri için görsel ağrı skalası (VAS) grafiğini işaretlemeleri istendi. “ağrı yok” ile başlayıp “çok yoğun ağrı” ibaresi ile biten 10 cm. olan bir doğrudan oluşan VAS üzerine hastaların hassasiyet şikâyetlerinin yoğunluğuna göre doğru üzerine işaretledikleri yerler 0 noktasından milimetrik cetvelle ölçülerek ilgili dişteki şikâyetin VAS skoru belirlendi.

3.4. Lazer Uygulaması

Çalışmamızda 2780 nm dalga boyunda, 0.1-8.0 W arasında güç üretebilen, atım frekansı 10 ile 50 Hz arası ayarlanabilen, 4.sınıf lazer grubu olan, Biolase (Irvine, CA, USA) firmasının Waterlase MD isimli, Er,Cr:YSGG lazer cihazı kullanıldı.

Er,Cr:YSGG lazer, sert doku modunda, mz6 (çap 600 µm, uzunluk 6 mm) safir uç ile, non-kontakt olarak diştin 2 mm uzaklıkta, 20 atım/sn frekansla, %0 su ve %10 hava ayarlarıyla Grup 2 ve 3 için sırasıyla 0.25 W (4.4 J/cm^2) ve 0.5 W (8.9 J/cm^2) her bir servikal yüzey için 30 sn kullanıldı (Şekil 4, 5). Plasebo lazer grubunda ise aynı lazer emisyon olmadan kullanıldı. Tedavi sırasında koruyucu gözlükler hasta ve hekim tarafından takıldı.



Şekil 4. Lazer uygulaması öncesi servikal bölgenin görünümü

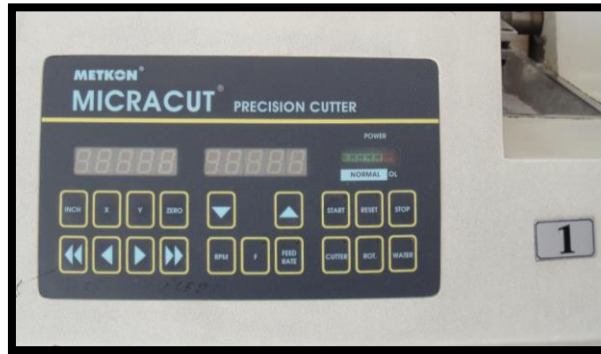


Şekil 5. Lazer uygulaması sonrasında servikal bölgede oluşan beyaz renk değişimi

Seçilen tedavinin tamamlanmanıp, DH'nin VAS ile değerlendirilmesi sonrasında dişler atravmatik olarak çekildi. Çekimler sırasında lazer uygulanmış servikal bölgeye dokunulmamasına ve bölgenin kanla kontamine olmamasına dikkat edildi. Lazer uygulanan servikal yüzeye dokunulduğunda ilgili dişler çalışma dışında tutulmuştur. Dişler çekimleri sonrası SEM incelemelerinin yapılacağı güne kadar +4°C'de distile su ve timol karışımında saklanmıştır.

3.5. SEM İncelemesi

Dişler, A.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı araştırma laboratuvarında düşük hızlı testere (Micracut, Metkon) ile lazer uygulanan kök yüzeyinden 3 mm kalınlığında kesitler elde edilecek şekilde kesildi (Şekil 6). Bu kesitleri elde etmek için; öncelikle dişler kronlarında mine-sement sınırına kadar akrilik bloklara gömüldü (Şekil 7). Sonrasında biri mine-sement sınırında, diğeri bunun 3 mm apikalinde iki transversal kesit ve dikey olarak dişlerin ortasından gelecek üçüncü bir kesit alındı (Şekil 8).



Şekil 6. Düşük hızlı testere (Micracut, Mekton)



Şekil 7. Akril blok içine gömülmüş dişlerin görüntüsü



Şekil 8. Düşük hızlı testere ile kesme işleminin görüntüsü

Kesim işlemi sonrasında elde edilen örneklerde intra-tübüler bölgeyi incelemek amacıyla; örneklerin arkasına alev uçlu elmas frezle ince bir oluk açıldı, sonrasında örnekler sıvı azotla dondurulup frezle açılan kırık hattı için rehber olan oluk hizasında bistüri ile vurularak ortadan bölündü. Bölünmüş dentin örnekleri %95 ve %100 'lik etil alkolde sırasıyla 2 gün dehidrate edildi. Dehidratasyon işlemi sonrasında örnekler alüminyum bloklar üzerine çift taraflı bant kullanılarak yerleştirildi ve bloklar üzerine hangi gruba ait olduklarını gösteren kod numaraları yazıldı (Şekil 9). Örnekler, iyon püskürtme cihazı vasıtasıyla 10^{-3} torr vakum basıncı, 1.0 kV voltaj, 20 mA akım ve 5 dk sürede ince bir tabaka (20 nm) altın ile kaplandılar.



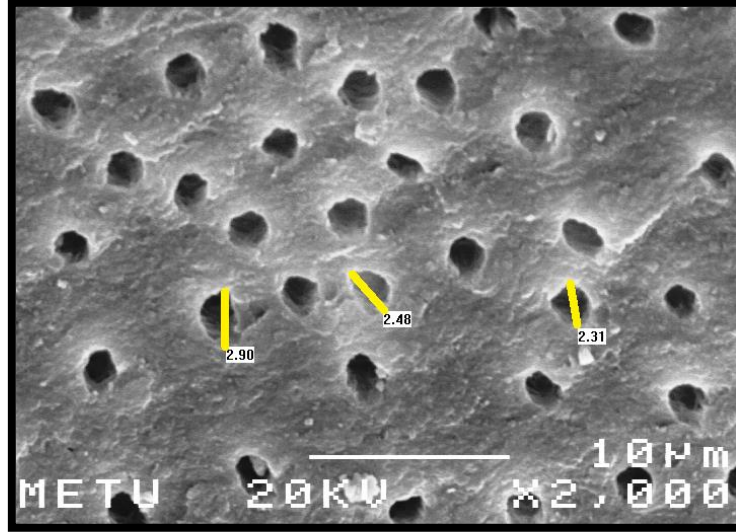
Şekil 9. Dehidratasyon işlemi sonrasında alüminyum bloklar üzerine yerleştirilen örnekler

Altın püskürtülmüş örnekler, ODTÜ Metalurji Mühendisliği SEM araştırma laboratuvarında taramalı elektron mikroskobunda (SEM, Jeol 6060, Japan) (Şekil 10) yüzey özellikleri ve dentin tübüllerinin tıkanması 5-15 kV de sıfır eğim açısıyla incelendi.



Şekil 10. Taramalı elektron mikroskobu (SEM, Jeol 6060)

Herbir örnek için SEM fotomikrografileri 2000 büyütmede elde edildi. Dentin yüzeyi genel morfolojik özellikleri, dentin tübül ağzlarının çapları bakımından incelendi. Tüm morfotometrik ölçümler tek bir araştırmacı tarafından dijital SEM görüntüleri üzerinden yapıldı. (Şekil 11)



Şekil 11. SEM görüntüsü üzerinden yapılan ölçümler

3.6. Örnek Sayısının Hesaplanması

Güven aralığının %95, güç düzeyinin %80 ve dentin hassasiyetinin %30 azalmasının önemli bir klinik farklılık olarak kabul edilmesiyle her bir grup için örnek sayısı 15 olarak hesaplandı. Ancak olabilecek kayıpları tolere edebilmek amacıyla bu sayı 20'ye çıkarıldı.

3.7. İstatistiksel Değerlendirme

Tedavi gruplarının başlangıç ve postoperatif immediat VAS değerleri, bu değerler arasındaki farklar ve standart sapmaları ile dentin tübülü çapları ortalamaları hesaplandı. Gruplara ait verilerin dağılımlarının normal olup olmadığı Shapiro-Wilk testi ile incelendikten sonra, normal dağılım gösteren VAS skorları için Tekrarlayan Tek Yön ANOVA testi kullanılarak gruplar arası anlamlılığa bakıldı. Gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı fark bulunduğunda, ikili karşılaştırmalar Bonferroni düzeltmesi kullanılarak post-hoc testi ile yapıldı.

Normal dağılım göstermeyen tübül çapları için de Kruskal-Wallis testi kullanılarak gruplar arası anlamlılığa bakıldı. Gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı fark bulunduğunda, ikili kar ıla tırmalar Mann-Whitney U testi ile yapıldı. $p < 0.05$ düzeyindeki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Tüm istatistiksel analizler SPSS 11.0 (Statistical Product and Service Solutions, SPSS Inc., Chicago, Amerika) ile yapıldı.

4. BULGULAR

Çalışmaya 12 kadın, 8 erkek toplam 20 hasta dahil edildi. Demografik özellikleri Tablo 1’de gösterilen hastaların yaş ortalaması 46.3 ± 4.8 yıl olarak kaydedilmiştir. Çalışmaya dâhil edilen 60 dişin %38.3’ünü alt çene keser dişler oluştururken bu dişleri sırasıyla üst çene keserler, alt ve üst çene premolarlar, üst çene kaninler, alt çene kaninler ve molar dişler takip etmiştir (Tablo 2).

Pulpa dokusu üzerine herhangi bir yan etki görmediğimiz çalışma süresince hava uyarana karşı hastaların verdikleri cevaplar ve lazer gruplarının etkinlikleri Tablo 3’te gösterilmiştir. Her bir grup için başlangıç VAS skorları analiz edildiğinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. ($p > 0.05$) Plasebo, 0.25 W ve 0.5 W lazer gruplarının grup-içi preoperatif ve postoperatif VAS skorları karşılaştırıldığında lazer irradyasyonunun tedavi sonrasında DH’nin azaltılması üzerine immediat olarak etkinliği anlamlı bulunmuştur ($p = 0.0001$) (Tablo 4). Ayrıca gruplar arası postoperatif VAS skorları karşılaştırıldığında 0.5 W grubu %81.55’lik azalmayla en iyi sonucu verdiği görülmüştür ($p = 0.0001$). Plasebo grubunda ise VAS skoru azalma oranı %2.38’de kalmıştır ($p > 0.05$) (Tablo 4).

Çalışmamızda 60 dişten elde edilen dentin örneklerinin SEM görüntüleri üzerinden dentin tübül çapları ölçülmüştür (Tablo 5). Dentin tübül çapları ortalamaları ve standart sapmaları kontrol, 0.25 W ve 0.5 W grupları için sırasıyla $2.55 \pm 0.4 \mu$, $0.78 \pm 0.36 \mu$ ve $0.18 \pm 0.26 \mu$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 6). Lazer irradyasyonu sonrasında karbonizasyon ve çatlak gibi termal yan etkilerin görülmediği 0.25 W ve 0.5 W lazer gruplarının ortalama tübül çaplarının kontrol grubu ile kıyaslandıklarında anlamlı olarak azaldığı görülmüştür ($p = 0.0001$) (Tablo 7). VAS skorlarında olduğu gibi tübül çaplarında da en belirgin azalma dentin tübüllerinin neredeyse tamamının kapandığı 0.5 W grubunda ölçülmüştür ($p = 0.0001$) (Tablo 7).

Yüzey morfolojisi incelendiğinde; kontrol grubunda tübül ağzlarının tamamen açık olduğu (şekil 12a), lazer irradyasyonu sonucu ise peritübüler dentinin

eriyerek dentin tübüllerini kısmen tıkadığı ya da tamamen kapattığı (şekil 12b, 12c); bölünmüş örneklerde de dentin tübülü girişinden tübül içerisine belirli bir noktaya kadar tıkaç şeklinde düzensiz birikintilerin kanalı içerden daralttığı veya tıkadığı görülmüştür (Şekil 13).

Tablo 1. Hastaların demografik özellikleri

<i>Yaş</i>	
<i>Sınırlar</i>	41-57
<i>Ortalama</i>	46.3
<i>Standart sapma</i>	4.8
<i>Cinsiyet</i>	
<i>Kadın</i>	12
<i>Erkek</i>	8

Tablo 2. Çalışmaya dahil edilen dişlerin dağılımı

<i>Dişler</i>	<i>Dişlerin Sayısı</i>
<i>Üst çene santral keserler</i>	4
<i>Üst çene lateral keserler</i>	6
<i>Üst çene kaninler</i>	5
<i>Üst çene premolalar</i>	6
<i>Üst çene molarlar</i>	3
<i>Alt çene santral keserler</i>	12
<i>Alt çene lateral keserler</i>	11
<i>Alt çene kaninler</i>	4
<i>Alt çene premolalar</i>	6
<i>Alt çene molarlar</i>	3

Tablo 3. Hastaların gruplara göre pre-op ve post-op VAS skorları

<i>Hastalar</i>	<i>Plasebo</i> VAS <i>Pre-op</i>	<i>Plasebo</i> VAS <i>Post-op</i>	<i>0.25 W</i> VAS <i>Pre-op</i>	<i>0.25 W</i> VAS <i>Post-op</i>	<i>0.5 W</i> VAS <i>Pre-op</i>	<i>0.5 W</i> VAS <i>Post-op</i>
1	6.0	6.4	7.9	3.9	8.8	2.0
2	6.7	6.4	7.6	2.7	7.3	1.4
3	8.3	8.0	8.2	3.1	7.7	2.2
4	7.8	7.5	9.0	3.3	7.9	2.1
5	6.9	7.3	8.3	2.3	8.1	1.1
6	7.9	7.5	7.0	3.0	7.4	1.9
7	7.5	8.0	8.5	3.6	7.6	0.5
8	8.2	8.0	7.3	3.0	8.3	0.7
9	8.3	8.0	7.8	2.9	9.1	2.3
10	7.4	7.9	7.6	2.8	7.7	1.8
11	7.2	7.0	8.0	3.2	7.9	2.0
12	7.5	7.5	8.1	3.0	8.0	1.8
13	7.8	7.5	7.1	2.8	7.8	0.8
14	7.0	6.5	7.5	2.4	7.3	1.0
15	8.8	9.0	8.0	3.7	7.1	1.7
16	7.8	7.2	7.7	2.9	7.8	0.9
17	8.3	8.0	8.2	3.4	8.3	1.0
18	7.6	7.3	8.0	2.8	7.9	1.0
19	6.9	5.5	7.8	2.6	7.7	0.9
20	7.0	6.8	8.6	3.1	7.6	1.9

Tablo 4. Her grup için VAS skorlarının ortalamaları ve standart sapmaları

<i>Gruplar</i>	<i>Pre-op VAS</i>	<i>Post-op VAS</i>	<i>% Azalma</i>
<i>Kontrol</i>	7.54 ± 0.67^a	7.36 ± 0.78^b	% 2.38
<i>0.25 W</i>	7.91 ± 0.49^a	$3.02 \pm 0.41^{*,c}$	% 61.82
<i>0.5 W</i>	7.86 ± 0.48^a	$1.45 \pm 0.57^{*,d}$	% 81.55

* Grup içi post-op. VAS skorları ile pre-op. VAS skorları arası kıyaslamalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur, $p = 0.0001$, eşleştirilmiş t testi.

Değişik harflerle gösterilen gruplar arası kıyaslamalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur, $p = 0.0001$, tekrarlayan tek yön ANOVA testi.

Tablo 5. Hastaların gruplara göre dentin tübül çapı ortalamaları

<i>Tübül Çapları</i>	<i>Kontrol (μm)</i>	<i>0.25 W (μm)</i>	<i>0.5 W (μm)</i>
1	2.36	1.03	0.20
2	2.94	0.97	0.15
3	2.82	0.74	0.31
4	2.52	0.77	0.19
5	2.91	0.59	0.38
6	2.30	0.84	0.15
7	2.55	0.86	0.00
8	2.20	0.77	0.00
9	2.75	0.71	0.18
10	2.37	0.88	0.30
11	2.21	0.76	0.47
12	1.38	0.00	0.27
13	2.44	0.66	0.00
14	2.04	0.84	0.00
15	3.00	1.85	1.12
16	2.56	0.79	0.00
17	3.03	0.81	0.00
18	2.94	0.00	0.00
19	2.57	0.78	0.20
20	3.00	0.99	0.48

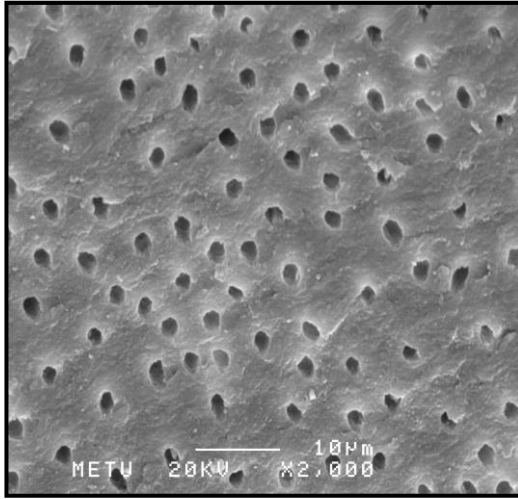
Tablo 6. Her grup için dentin tübülü çapı ortalamaları ve standart sapmaları

<i>Gruplar</i>	<i>Ortalama Tübül Çapları (μm)</i>
<i>Kontrol</i>	2.55 ± 0.4
<i>0.25 W</i>	0.78 ± 0.36
<i>0.5 W</i>	0.18 ± 0.26

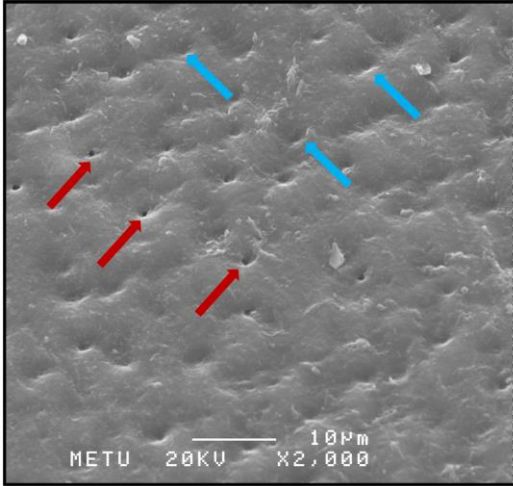
Tablo 7. Gruplar arası dentin tübülü çapı karşılaştırmaları

<i>Gruplar arası karşılaştırmalar</i>	<i>p</i>
<i>Kontrol – 0.25 W</i>	0.0001*
<i>0.25 W – 0.5 W</i>	0.0001*
<i>0.5 W - Kontrol</i>	0.0001 *

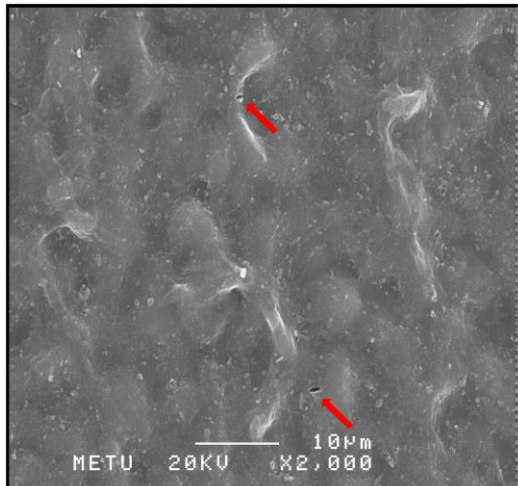
* Gruplar arası kıyaslamalar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur, Mann-Whitney-U testi.



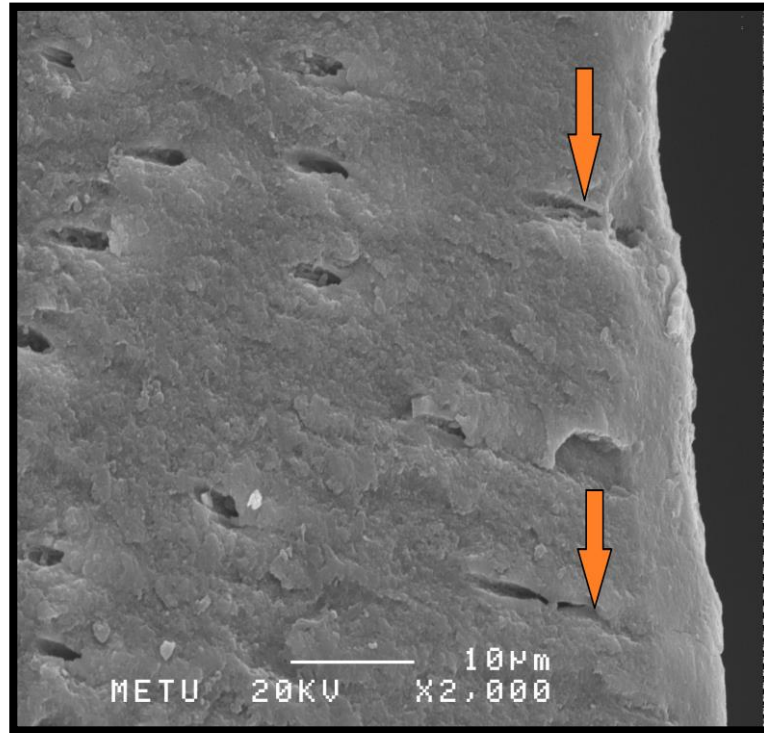
Şekil 12a. Kontrol grubuna ait SEM görüntüsü. Tübül ağzlarının tamamen açık olduğu görülmektedir.



Şekil 12b. 0.25 W güçte Er,Cr:YSGG lazer uygulanmış dentin yüzeyi. Kısım (kırmızı ok) ve tamamen (mavi ok) kapanmış tübül ağzları görülmektedir. (2000 büyütme)



Şekil 12c. 0.5 W güçte Er,Cr:YSGG lazer uygulanmış dentin yüzeyi. Genel olarak tıkanmış dentin tübülleri ve az sayıda kısmen (kırmızı ok) kapanmış tübül ağzları görülmektedir. (2000 büyütme)



Şekil 13. Bölünmüş dentin örneğinde tübül içerisindeki tıkaç şeklinde birikintiler (turuncu ok) görülmektedir. (2000 büyütme)

5. TARTIŞMA

Hassasiyet problemlerini kalıcı olarak tedavi etmek her zaman mümkün olmamaktadır. Subjektif bir bulgu olan ağrıyı tam olarak değerlendirmek mümkün olmayabilir. Olguya özgü bir tedavi yöntemi seçilmesi gerekir. Tüm bunlara ek olarak periodontal hastalık ve cerrahi periodontal tedavi nedeniyle kök yüzeyleri oral kaviteye ekpoze olarak DH'yi büyük bir problem haline getirebilirler. Günümüze kadar uygulanan çoğu tedavi prosedürü genel olarak açık dentin tübüllerini tıkamak veya çaplarını küçültülerek dentin sıvısının hareketi azaltılmasıyla hassasiyetin giderilmesi, pulpal sinir iletiminin bloke edilmesini ve dişeti çekilmesi sebebiyle açığa çıkmış kök yüzeyinin cerrahi olarak kapatılmasını içermektedir (Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003; Gilliam ve Orchardson, 2006; Orchardson ve Gillam, 2006; West, 2008). Bu yöntemlerin hepsinin DH tedavisinde tam olarak etkili oldukları söylenemez ve her birisinin çeşitli zayıf yönleri bulunmaktadır (Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity, 2003; Chambrone *et al.*, 2008; 2009; 2010; Gilliam ve Orchardson, 2006; Orchardson ve Gillam, 2006; West, 2008).

Miller sınıf 1 ve 2 (Miller, 1985) diş eti çekilmelerine bağlı olarak açığa çıkmış kök yüzeylerinin örtülmesinde kullanılan periodontal plastik cerrahi tekniklerden, DH tedavisi için de bahsedilebilir. Bu cerrahi teknikler laterale veya koronale pozisyone flep, subepitelyal bağ dokusu grefti ile aselüler dermal matriks grefti, mine matriks proteini, rezorbe olabilen veya rezorbe olmayan membranlar ve kemik substratlarının kullanılabildiği yönlendirilmiş doku rejenerasyonu (YDR) olarak sayılabilir (Chambrone *et al.*, 2008; 2009; 2010). DH tedavisinde açığa çıkmış kök yüzeylerinin örtülme oranı tedavinin başarısını etkileyecektir. Yapılan randomize klinik çalışmalarda kök örtülme oranları; koronale pozisyone flep için %55.9 ile %86.7, subepitelyal bağ dokusu grefti için %64.7 ile %97.3, rezorbe olabilen membranla YDR için %62.5 ile %73.7, rezorbe olmayan membranla YDR için %80.5 ile %82.4, mine matriks proteini ile YDR için %84 ile %95.1 ve aselüler dermal matriks ile YDR için %50 ile %96 olarak bildirilmiştir (Chambrone *et al.*, 2010). Kök kapanma oranlarındaki bu farklılıkların defektin tipi, komşu gingival

dokunun miktarı ve kalitesi, flep kalınlığı ve bölgenin anatomisine bağlı olduğu; ayrıca 2. bir cerrahi bölge oluşturulması, operasyon sonrası oluşabilecek yumuşak doku dehissensi, nekroz, ağrı, kanama, ekimoz ve postoperatif şişlik yapılan tedavinin prognozunu ve hasta memnuniyetini etkilediği bildirilmiştir (Al-Zahrani ve Bissada, 2005; Chambrone *et al.*, 2010). Bu sebeplerden periodontal plastik cerrahinin sonuçlarının her zaman öngörülebilir olmaması dikkatli tedavi planlaması gerekmektedir.

Hassasiyet giderici diş macunları ve ağız gargaraları, ekonomik ve kullanımlarının kolay olması bakımından DH tedavisinde popülerliğini korumaktadır. İçeriklerinde stronsiyum klorit, potasyum nitrat, potasyum oksalat, kalsiyum fosfat, arginine-kalsiyum karbonat, kalsiyum-sodyum fosfosilikat biyoaktif cam, karbonize hidroksiapatit nanokristalleri gibi farklı birçok etken madde bulunmaktadır (Davies *et al.*, 2010; Porto *et al.*, 2009; West, 2008).

Yakın zamanda diş macunları içerisine eklenen DH tedavisi için kullanılmaya başlanan arginine-kalsiyum karbonatın etkinliğini inceleyen Ayad *et al.* (2009) bu kimyasal bileşiği içeren diş macunun etkinliği, DH tedavisinde rutin olarak kullanılan potasyum nitrat ve ayrıca kalsiyum sodyum fosfosilikat içeren diş macunlarıyla kıyaslamışlardır. Çalışmanın sonucunda düzenli olarak günde 2 defa kullandığında hassasiyet tedavisinde etkili bulunmuştur. Benzer şekilde DH tedavisi için diş macunlarına yeni eklenen bileşiklerden bir olan karbonat/hidroksiapatit nanokristalin, sodyum florür ve potasyum nitrat içeren DH tedavisinde kullanılan diş macunlarına göre tedavi etkinliği 8 hafta sonunda daha fazla bulmuştur. Bu çalışmada bu etkinliğin düzenli olarak kullanıldığında elde edildiği rapor edilmiştir (Orsini *et al.*, 2010). Diş macunu haricinde florürlü ağız gargaraları yüksek çürük riskli bireylerde ve diş aşınmalarında oldukça başarılı olduğu ve %3 potasyum nitrat ve %0.2 sodyum florür içeren gargaranın altı hafta boyunca günde iki defa kullanımı sonucunda DH'den doğan rahatsızlığın azaltılmasında etkili olduğunu göstermişlerdir (Pereira ve Chava, 2001).

Yapılan çalışmalar ışığında görülmüştür ki; hassasiyet gidermek amacıyla kullanılan diş macunu ve gargaraların spesifik bölgelere müdahale zorluğu ve etki

gösterebilmesi için düzenli kullanılması gerekliliği ve elde edilecek etkinin yeterli düzeye gelmesi için gereken zamanın uzunluğu bu gargaraların ve diş macunlarının dezavantajları olarak sayılabilir.

Profesyonel olarak kliniklerde DH'nin tedavisinde; sinirin duyarsızlaştırılması, anti-inflamatuvar ajanlar ve dentin tübüllerinin kaplanması veya tıkanmasını sağlayacak çeşitli kimyasal ve fiziksel ajanlar kullanılmaktadır. Potasyum tuzlarının DH tedavisinde klinik olarak etkili olduğu bildirilmiştir (Al-Sabbagh *et al.*, 2009; Bartold, 2006; Frechoso *et al.*, 2003; Gilliam ve Orchardson, 2006). %1-15 doygunluktaki potasyum nitrat (KNO₃) solüsyonlarının topikal uygulamasının (Bartold, 2006; Gilliam ve Orchardson, 2006) ve %5 veya %10'luk biyoadeziv jel olarak kullanılması da DH semptomlarını azaltmada etkili olduğu bulunmuştur. Ancak %10'luk jelin kullanıldığı dişlerde irritasyonlar rapor edilmiştir (Frechoso *et al.*, 2003)

Jorkend ve Tronstad (1972) ekspozite kök yüzeylerine pat şeklinde kalsiyum hidroksit uygulayıp kökleri metakrilat ve periodontal pat ile örtmüşlerdir. 7. günde periodontal pat çıkarıldığında dişlerin soğuk su, soğuk hava ve karbonhidratlara olan hassasiyetinin kalmadığını rapor etmişlerdir. Levin *et al.* (1973) yaptıkları çalışmada kalsiyum hidroksitin %98 oranında hassasiyeti azalttığını bildirmişlerdir. Periodontal cerrahi sonrası hassasiyet kontrolü için potasyum nitrat ve kalsiyum hidroksitin kullanıldığı başka bir çalışmada; termoelektrik ve mekanik uyaranlara karşı kalsiyum hidroksit grubunun daha etkili olduğu bildirilmiştir (Green *et al.*, 1977). Kalsiyum hidroksit çabuk etki göstermekle birlikte uygulamanın tekrarlanması gerekliliği ve gingival dokular üzerine irritasyonu olumsuz özellikleri olarak bildirilmiştir (Al-Sabbagh *et al.*, 2009; Bartold, 2006).

Gilliam *et al.* (1997) potasyum oksalat ve bir dentin primerinin her ikisinin servikal DH'yi azalttığını bulmuştur. Test edilen ajanlar arasındaki farklılık belirgin değildir ve bu çalışmada güçlü bir plasebo etkisi görülmüştür. Onal *et al.* (2005) potasyum oksalat içeren dentin hassasiyet giderici ajan olarak kalsiyum oksalat içerikli bir ajanın dentin üzerine etkilerini inceledikleri araştırmalarında; SEM'de dentin kanallarının ağızlarının kristal yapılar ile tıkalı olduğunu ve bu kristalize

yapıların dentin kanalları boyunca da devam ettiklerini bildirmişlerdir. Pillon *et al.* (2004) periodontal tedavi gören 21 hasta üzerinde yaptıkları çalışmalarında %3'lük potasyum oksalat jelin DH tedavisindeki etkinliğini plasebo jel ile kısa dönem karşılaştırmışlardır. 21 gün sonunda oksalat grubunda %81'lik azalma ve plasebo grubunda da %34.7'lik bir azalma gözlenmiş ve plasebo etkisi rapor edilmiştir. Ferrik ve potasyum oksalatın dentin tübüllerinin ağzını kapatma kabiliyeti Ling *et al.* (1997) tarafından in vitro olarak incelenmiştir. Sonuçlar ferrik oksalatın kristale benzer yapılar yaratarak neredeyse tüm tübüllerin ağzını tıkadığını ve potasyum oksalata göre daha yüksek bir oranda dentin tübüllerini tıkama yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir. Jain *et al.* (1997) in vitro olarak %6'lık ferrik oksalat, potasyum oksalat, HEMA ile birleştirilmiş gluteralehit ve rezinlerin dentin tübüllerini tıkayabilme kabiliyetlerini incelemişlerdir. Sonuçlar %6'lık ferrik oksalatın tükürük içerisinde bekletilen ve diş fırçalaması simülasyonu gerçekleştirilen tüm tedavilere karşı, en yüksek direnci gösteren ve en iyi tübül tıkaması sağladığını göstermektedir. Ferrik oksalatın iyi tübül tıkama kabiliyetinin yanında klinik olarak iyi bir hassasiyet giderme etkisine sahip olduğu bildirilmiştir (Jain *et al.*, 1997). Ancak oksalat bileşiklerinin kullanımında potansiyel toksitesi sebebiyle sınırlandırmalar vardır. Generalize DH tedavisinde gastrik irritasyondan dolayı dikkatli kullanılmalıdır (Al-Sabbagh *et al.*, 2009; Gillam *et al.*, 2004; Pereira *et al.*, 2001; Porto *et al.*, 2009).

Rezin bazlı %5 sodyum florür içeren verniklerin kullanılması hastaların şikâyetlerini etkili olarak 8-24 haftaya kadar azatlığı gösterilmiştir (Hoang-Dao *et al.*, 2009; Ritter *et al.*, 2006). Kalsiyum florid kristallerinin büyüklükleri 0.05 µm kadardır ve boyutları tek seferde dentin tübüllerini tıkamaya yeterli olmadıkları için birkaç defa uygulanmaları gerekmektedir. Sodyum florid uygulamasından sonra florid hızlıca çözülerek kaybolmaktadır. Bu da topikal uygulamanın neden sınırlı etkiye sahip olduğunu açıklamaktadır (Hoang-Dao *et al.*, 2009; Ritter *et al.*, 2006). Duran ve Sengun (2004) bond, sodyum florür ve HEMA (Health Dent), HEMA ve gluteralehit (Gluma), rezin bazlı florür (Protect Liner F) ve sodyum-kalsiyum florür (Fluoline) içerikli 5 ayrı preparatı 3 ay boyunca DH tedavisindeki etkinliğinin değerlendirildiği çalışmalarında çalışmanın sonunda en iyi sonucu rezin bazlı florürün verdiği onu sırasıyla sodyum florür ve HEMA preparatı, bond, sodyum-

kalsiyum florür ve HEMA ve gluteraldehit preparatının izlediği ek olarak tüm deney gruplarında 3. ay sonunda etkinliğin istatistiksel olarak anlamlı azaldığı rapor edilmiştir.

DH'nin tedavisinde elde edilen olumlu sonuçlara rağmen, günümüzde kullanılan birçok kimyasal metod; tekrarlanan uygulamalar gerektirmesi, uzun tedavi zamanı, uygulama sonrası görülen hasta şikâyetleri, maliyeti ve geçici etki göstermeleri sebebiyle; uzun dönemde etkili olabilecek, yan etkileri görülmeyen ve hastalar tarafından tolere edilebilecek yeni tedavi metodlarına duyulan ihtiyaç artmaktadır.

Lazerler, DH'nin tedavisinde gelecek vadeden teknik uygulamalardan biridir. Nd:YAG, CO₂, GaAlAs, Er:YAG, Er,Cr:YSGG lazerler bu amaçla kullanılmışlardır ve birçok farklı çalışmada DH tedavisindeki etkinlikleri konvansiyonel yöntemlerle kıyaslanmıştır ve lazerler uygulama kolaylıkları, çoğu zaman tekrarlayan uygulamalar gerektirmemeleri ve uzun dönem etkili olmaları sebebiyle daha başarılı bulunmuştur (Al-Azzawi ve Dayem, 2006; Corona *et al.*, 2003; İpci *et al.*, 2009; Kara ve Orbak, 2009; Kumar ve Mehta, 2005; Schwarz *et al.*, 2002; Sicilia *et al.*, 2009; Vieira *et al.*, 2009; Tengrungsun ve Sangkla, 2008; Yılmaz *et al.*, 2011a; 2011b; 2011c).

Nd: YAG lazerin dentin hassasiyetinin tedavisinde genel olarak 1W -2W güç aralığında kullanıldığı çalışmalarda tedavi etkinliğinin %51.5 ile %95.6 arasında rapor edilmiştir (Birang *et al.*, 2007; Dilsiz *et al.*, 2009; Dilsiz *et al.*, 2010; Gutknecht *et al.*, 1997; Kara ve Orbak, 2009; Kumar ve Mehta, 2005; Lan ve Liu, 1996; Yonaga *et al.*, 1999).

Dilsiz *et al.* (2009) DH tedavisinde Nd: YAG (1064 nm, 1W, 10 Hz, 60sn) ve Diyet (685nm, 25mW, 9Hz, 100 sn) lazerin etkinliklerini incelemişlerdir. Çalışmada her iki lazer ilk seans 30 dk. arayla 3 kez kullanılmış ve soğuk hava VAS skorları immediat 30.dk, 15., 30. ve 60. günde değerlendirmişlerdir. Başlangıç VAS değeri Nd:YAG lazer 3. uygulama sonrası 7.76 ± 0.75 'den 1.24 ± 0.75 'e, 60 gün sonunda 1.24 ± 0.75 'e azaldığı; diyet lazer grubunda ise bu değerler 7.71 ± 0.55 'den 3.95 ± 1.31 'e, 60 gün sonunda da 3.00 ± 0.69 'a azaldığı rapor edilmiştir. Çalışmanın

sonucunda her iki lazerin DH tedavisinde kullanılabileceği ancak Nd: YAG lazerin daha etkin olduğunu bildirmişlerdir.

Birang *et al.* (2007) DH tedavisinde Nd:YAG (1064 nm , 1W, 15 Hz, soğutucusuz, 2 defa) ve Er:YAG (2940 nm, 100 mJ, 3 Hz, soğutucu desteğiyle, 2 defa) kullandıkları klinik çalışmalarında Nd:YAG grubunda ortalama VAS skoru 3.69 ± 0.56 'dan immediate olarak 0.9 ± 0.57 'ye ve 6.ay sonunda 0.3 ± 0.28 'e azaldığını bildirmişlerdir. Er:YAG grubundaki değerlerde sırasıyla 3.53 ± 0.55 , 1.77 ± 0.74 ve 1.34 ± 0.75 olarak rapor edilmiştir. Çalışmanın sonucunda Nd:YAG lazerin Er:YAG lazere göre etkili olduğu bildirilmiştir. Ancak bu çalışmada başlangıç VAS skorları 4'ün altında olması ve plasebo grubunda da VAS skorlarında azalma bildirilmesi olası plasebo etkisini işaret etmektedir.

Kara ve Orbak (2009) kontrollü klinik çalışmada Nd:YAG lazerin (1064 nm, 2 W, 100 mJ, 20 Hz, 60 sn.) floride karşı DH tedavisindeki 1.gün, ve haftalık kontroller ile 1.aya kadar karşılaştırmışlardır. Tedavi sonrasında immediate olarak VAS skorları Nd:YAG lazer grubunda 7.02 ± 1.01 'den 2.34 ± 0.99 'a belirgin olarak azalma göstermiştir. Flor grubunda ise ancak 2 hafta sonunda 7.09 ± 0.98 'den 2.09 ± 1.15 'e düşüş gözlenmiştir. 4 haftalık değerlendirme sonunda florid grubu VAS skorlarında daha fazla bir düşüş göstermiştir ancak; Nd:YAG lazerin daha kısa tedavi zamanına sahip olduğu ve daha iyi hasta memnuniyeti gösterdiği ayrıca; çalışma sırasında flor cılanın 3 kez uygulandığı buna karşın lazerin bir kere uygulandığı bildirilmiştir.

Kumar ve Mehta (2005) Nd:YAG lazerin (1064 nm, 30 mJ, 10 Hz, 2 dk.) ve %5 sodyum florür cılanın kısa dönem (postoperatif 2 saat) desensitivite edici etkilerinin VAS skorları ve soğuk tesiti sonucu VRS skalası ile (0=ağrı veya rahatsızlık yok, 1=rahatsızlık var ancak şiddetli ağrı yok, 2=uyaran sırasında şiddetli ağrı, 3=uyaran sırasında ve sonrasında şiddetli ağrı) değerlendirdikleri çalışmalarında; Nd:YAG lazer grubu VAS skorlarında %44'lük azalma gösterilmiştir. Buna karşın florür cila grubunda VAS skorlarında %33'lük bir azalma rapor edilmiş ve Nd:YAG lazerin DH tedavisinde flor cilaya göre üstün olduğunu bildirmişlerdir.

Al-Azzawi ve Dayem (2006) çekilmiş üst çene keser dişlerinde Nd:YAG lazer (1064 nm, 100 mJ, 100 Hz, 2sn, su soğutmalı) ve aktif maddesi strontsiyum klorit olan diş macunun dentin tübüllerini tıkama etkisi değerlendirilmiştir. Örnekler 21 gün boyunca doğal insan tükrüğünde bekletilmiş ve 21. gün sonunda penetrasyon derinliğini ölçmek için mürekkep uygulanan örneklerde her iki grupta tıkama etkisi bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık rapor edilmemiştir. Ancak Nd:YAG lazer saniyeler içerisinde etkisini gösterirken; her gün iki defa kullanılan diş macunun aynı etkiyi göstermesinin 3 haftayı bulduğu bildirilmiştir. DH tedavisinde Nd:YAG lazer kullanımının olumlu sonuçlarına rağmen çalışmalarda soğutucusuz kullanıldığında 1.5 W altı güç parametrelerinde dentinde erime ve çatlamlar; 1,5 W üzeri parametrelerde ise kök üzerinde çatlak ve fissürlerin görüldüğü, dentin proteininde değişiklikler ve pulpa yaralanması görülebileceği bildirilmiştir (Dilsiz *et al.*, 2009; Lan ve Liu, 1996). Bu sebeplerden dolayı soğutucu desteğiyle ve 1 W ve altındaki parametrelerde kullanılmalıdır.

DH tedavisinde kullanılan lazerlerden biri olan CO2 lazer ilk defa Moritz *et al.* (1996) tarafından sürekli dalga modunda ve 5 saniyelik bir ışınlama zamanında 0.5 W'lık bir çıkış gücü (20 sn ara ile 6 defa) ile kullanılmıştır. Tedavi etkinliğinin dentin hassasiyetinin azaltılmasında %4.5'den %98.6'ya kadar olduğunu bildirmişlerdir. Daha sonra yapılan çalışmalarda sürekli dalgada iletilen 0.5 ve 1 W'lık çıkış güçleri kullanılmıştır. Işınlama zamanı 0,5 – 5 saniye aralığında sıralanmıştır ve ışınlama 5-10 kez tekrar edilmiştir. Yapılan çalışmalarda tedavi etkinliğinin, 3 ile 6 aylık periyotlarda %59.8 ile %96 arasında rapor edilmiştir (Moritz *et al.*, 1995; 1996; 1998; Zhang *et al.*, 1998). Ancak yüksek enerji ayarlarında ve devamlı dalga modunda CO₂ lazerin kök yüzeyi gibi sert dokularda kullanımı kırılma, erime, karbonizasyon tabakası oluşmasına yol açabileceği belirtilmiştir (Moritz *et al.*, 1998).

Ipci *et al.* (2009) CO2 (10600 nm, 1 W, 10 sn., devamlı dalga modu) ve Er:YAG (2940 nm, 30 Hz, 60 mJ, 10 sn., hava ve su soğutması yok) lazerlerin tek başlarına ve sodyum florür jele göre etkinliklerini 6 ay süresince incelemişlerdir. 6. ay sonunda CO2 ve Er:YAG lazer gruplarında buharlaştırıcı uyarana karşı hissedilen hassasiyet seviyesinde sırasıyla yüzde olarak 58.83 ± 16.63 ve 59.33 ± 15.33 seviyesinde azalma rapor edilmiştir. Ancak sodyum florür grubunda bu oran $23.31 \pm$

17.87 seviyesinde kaldığı bildirilmiştir. Araştırmacılar CO₂ ve Er:YAG lazerin, DH tedavisinde dikkat çeken potansiyelleri olduklarını; NaF'ın düşük desensitivite edici etkisinin ise dentin tübüllerinde oluşan kalsiyum florit kristallerinin çok küçük olmalarına bu sebeple tübüllerin kapatılması veya ağızlarının daraltılmasındaki yetersizliğe dikkat çekmişlerdir.

Dentin hassasiyetinin tedavisinde diyet lazerin dentin hassasiyeti üzerine etkinliği inceleyen birçok araştırmacı GaAlAs ile 660-900 nm dalga boyları arasında 20 mW ile 60 mW güç aralığında ve 0.5 – 3 dakika zaman aralıklarında diyet lazerleri kullanılmıştır ve tedavi etkinliği %30 ile %97 arasında olduğu bildirilmiştir (Corona *et al.*, 2003; Pesevska *et al.*, 2010; Scilia *et al.*, 2009; Tengrungsun ve Sangkla, 2008; Viera *et al.*, 2009; Yilmaz *et al.*, 2011c).

Sicilia *et al.* (2009) GaAlAs lazer (810 nm, 2.5 mW, 1 dk.) ile %10'luk potasyum nitrat biyoadeziv jel ve plasebo gurubunun immediat desensitivite etkinliğini değerlendirmişlerdir. Hastaların soğuk hava testi ve mekanik uyaranlara karşı hassasiyeti VRS ile değerlendirilmiştir. 60 gün sonunda GaAlAs lazer soğuk hava testi VRS skorlarında %65.7, mekanik uyaran VRS skorların %97'lik bir azalış gösterirken; Bioadeziv jelin bu skorlarda sırasıyla %30.4 ve %89'luk bir azalma gösterdiğini rapor rapor etmişlerdir. Araştırmacılar DH tedavisinde GaAlAs lazerin diğer gruplara göre üstün belirgin bir immediate (postoperatif 15. dk.) etkiye sahip olduğu ve bu etkinin 2 ay boyunca sabit kaldığını belirtmişlerdir.

Viera *et al.* (2009) GaAlAs (660 nm, 4 J/cm², 2 dk.) lazer, %3 potasyum oksalat jel ve plasebo jelin immediate ve 3 aylık desensitivite etkinliğini değerlendirdikleri klinik çalışmalarında; hava spreyi ve mekanik uyaranlara karşı hassasiyet VAS skorları kullanılarak değerlendirilmiştir. 3 aylık çalışmanın sonunda GaAlAs lazer gurubu hava speyi VAS skorları başlangıçta 6.20 ± 2.48 'den, 3. ay sonunda 2.11 ± 2.69 'a; mekanik uyarana karşı VAS skorları başlangıçta 3.85 ± 3.26 'den, 3. ay sonunda 1.28 ± 2.19 'a azalma göstermiştir. Buna karşın potasyum oksalat jel grubu hava speyi VAS skorları başlangıçta 6.41 ± 2.43 'den, 3. ay sonunda 2.53 ± 3.03 'e; mekanik uyarana karşı VAS skorları başlangıçta 3.67 ± 3.31 'den, 3. ay sonunda 1.31 ± 2.35 'e azalma göstermiştir. Plasebo grubunda da hava

spreyi VAS skorları başlangıçta 6.30 ± 2.44 'den, 3. ay sonunda 2.46 ± 2.93 'e; mekanik uyarana karşı VAS skorları başlangıçta 3.68 ± 3.29 'dan, 3. ay sonunda 1.29 ± 2.17 'ye azalma göstermiştir. Araştırmacılar bu sonuçlar ışığında lazer ve oksalat jelin DH tedavisinde istatistiksel olarak belirgin bir etkiye sahip olduklarını ancak plasebo gurubundaki bu azalmanın ise “plasebo etkisine” bağlanabileceğini bildirmişlerdir.

Tengrungsun ve Sangkla (2008) 0'dan 3'e derecelendirilmiş (0=ağrı veya rahatsızlık yok, 1=rahatsızlık var ancak şiddetli ağrı yok, 2=uyaran sırasında şiddetli ağrı, 3=uyaran sırasında ve sonrasında şiddetli ağrı) skala üzerinden 70 hastada (140 diş) GaAlAs lazerin (790 nm, 30 mW, 1dk.) 1 aylık DH tedavisindeki etkinliğini dentin bonding ajana göre değerlendirdikleri çalışmalarında; 21 hastada skor 0, 14 hastada skor 1 ve 35 hastada skor 2 rapor edilmiştir. Bonding ajan grubunda ise 66 hastada skor 0 ve 4 hastada skor 1 rapor edilmiştir. 30 gün sonunda dentin bonding ajanın lazere göre istatistiksel olarak daha iyi sonuçlar verdiğini rapor etmişlerdir. Ancak dentin bonding ajanın rezin bağlantısının diş fırçalama sonucunu oluşturacak mekanik kuvvetlerden etkilenip kanalları tıkayan bu bağlantının zamanla kaybolabileceğini bu sebeple değerlendirme süresinin daha uzun olması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmaya benzer olarak GaAlAs lazeri (15 mW, 4 J/cm^2 , 30 sn.) kullanan Corona *et al.* (2003) lazerin DH tedavisindeki etkinliğini 12 hasta (60 diş) üzerinde sodyum florür cila ile karşılaştırmışlardır. GaAlAs lazer uygulaması, 72 saat arayla 5 kez, florür cila uygulaması ise 5 gün arayla 5 kez uygulanmıştır. 0'dan 3'e derecelendirilmiş skala üzerinden yapılan değerlendirme sonucunda 30. gün kontrollerinde lazer gurubunda 16 hastada skor 0, 12 hastada skor 1 ve 2 hastada skor 2; florür cila grubunda ise 16 hastada skor 0, 9 hastada skor 1, 4 hastada skor 2 ve 1 hastada skor 3 rapor edilmiştir. Araştırmacılar her iki tedavi metodunun birbiriyle benzer etki gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Yılmaz *et al.* (2011c) periodontal idame hastalarında DH tedavisinde GaAlAs lazerin (810 nm, 500 mW, 1 dk., 8.5 J/cm^2) ve sodyum florür cilanın etkinliğini, plasebo lazer ve plasebo cilaya göre değerlendirdikleri çalışmalarında 48 hasta üzerinde (244 diş) yapılan soğuk hava testinin sonuçları VAS skorları üzerinden değerlendirilmiştir. Tedavi prosedürlerinin sadece ilk seans uygulandığı çalışmada;

GaAlAs lazer grubu hava spreyi VAS skorları başlangıçta 6.30 ± 1.62 'den, 6. ay sonunda 1.14 ± 1.18 'e; sodyum florür cila grubu hava spreyi VAS skorları başlangıçta 6.76 ± 1.86 'dan, 6. ay sonunda 3.41 ± 1.66 'ya düştüğü; plasebo lazer ve plasebo jel gruplarının ise tüm çalışma boyunca istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermedikleri rapor edilmiştir. Ek olarak başlangıçtan 3. aya kadarki dönemde diyot lazer grubu ile sodyum florür cila grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ancak; 3. ve 6. ay kontrollerde flor cilanın etkinliğinin lazere göre azaldığını rapor etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda tübül tıkayıcı ajanların, tekrarlanma gerekliliği, uzun tedavi zamanı ve hasta uyumu gerektirdiği; buna alternatif olarak DH'nin rutin klinik tedavisinde GaAlAs lazerin olumsuz yan etkileri olmadan, hızlı ve uzun dönem etkinliği sebebiyle kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Dentin hassasiyeti tedavisinde Er:YAG lazeri ile ilk klinik çalışma Schwarz *et al.* (2002) tarafından yapılmıştır. Çalışmada Er:YAG lazer (2940 nm, 80 mJ/atım, 3 Hz, 2dk.) ve poliüretan-izosiyonat içeren ajanın desensitivite edici etkilerini 30 hasta (104 kontra-lateral çift diş) üzerinde 6 aylık dönemde değerlendirmişlerdir. Hava spreyi uyaranının sonuçları 4 seviyeli bir skala ile ölçülerek değerlendirilmiştir. 6 aylık karşılaştırma sonrasında Er:YAG lazer hava spreyi uyaranı karşı hassasiyette 3.6 ± 0.2 'den 1.7 ± 0.5 'e azalma sağlarken; dentin protector grubunda skorda 3.5 ± 0.4 'den 3.2 ± 0.4 'e azalma rapor edilmiştir. Özellikle poliüretan-izosiyonat grubunda ikinci kontrolünde başlangıç skorunun %65'ne artış rapor edilirken, bu oran 6. ay kontrolde başlangıç skorunun %90'nına kadar artmıştır. Araştırmacılar Er:YAG lazerin desensitivite edici etkisinin, poliüretan-izosiyonata göre daha stabil olduğunu ve ilk irradyasyon sonrası altı aya kadar bu etkinin korunduğu rapor etmişlerdir.

Watanabe *et al.* (2003) dentin hassasiyetinin tedavisinde Er:YAG lazeri kullanmışlardır. Düşük güçte lazer irradyasyonu (atım başına 25 ile 35 arası mJ) %16 ile %61 arasında tedavi etkinliği ile kullanılmıştır. Er: YAG lazer ile ortaya çıkarılan düşük güçlü ışınlamanın dentin hassasiyeti için etkili olduğu fakat rekürrens ilgili bazı sınırlamaların ortaya çıkabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Dilsiz *et al.* (2010) bir çalışmalarında dişeti çekilmesi sebebiyle hassasiyet şikayeti olan 24 hastada Er: YAG (2940 nm, 60mJ/atım, 2 Hz, 20sn), Nd:YAG (1064

nm, 100mJ/atım, 15 Hz, 100 sn) ve Diyot (808 nm, 100 mW, 20 sn) lazer parametrelerinin etkinliğini değerlendiren başka bir çalışmada Er:YAG lazerin dentin hassasiyeti kontrolünde etkili olduğu ancak Nd:YAG lazerin diğer lazer gruplarına göre 3 aylık kontrollerde daha başarılı olduğunu bildirmişlerdir.

Günümüzde Er,Cr:YSGG lazer ise dalga boyunun verdiği spesifik özellikler sebebiyle pulpaya ve çevre dokulara zararlı yan etkiler göstermeden yumuşak ve sert dokuda kullanılabilen bir lazer olarak dikkat çekmektedir. Bu lazerin desensitivite edici etkisi sınırlı sayıda çalışma (Aranha ve de Paula Eduardo, 2011; Yılmaz *et al*, 2011a; 2011b) ile değerlendirilmiştir; ancak literatür incelendiğinde Er,Cr:YSGG lazerin in vivo olarak DH tedavisinde dentin yüzeylerinde oluşturduğu etkinin SEM ile incelendiği çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu sebeple; planlanan bu klinik SEM çalışmasında, uygun lazer parametresini seçmek amacıyla; Er,Cr:YSGG lazerin sub-ablatif güç ayarlarında DH tedavisindeki etkinliği ve lazerin dentin yüzeyi üzerine etkileri SEM görüntüleri üzerinden değerlendirilmiştir.

Her lazer sistemi farklı karakteristikte dalga boyu ve enerjiye sahiptir. Lazer ışınının hedef dokularda oluşturduğu etki, büyük ölçüde lazerin dalga boyuna ve dokunun absorpsiyon katsayısına bağlıdır. Lazer enerjisi uygulanan yüzeye ulaştığında yansır, geçer veya absorbe olur. Ancak dokulardaki değişimler daha çok absorbe edilen enerji ile oluşmaktadır (Çelik *et al.*, 2006). Günümüzde su ve hidroksiapatit kristalleri tarafından maksimum derecede absorbe edilebilen lazer enerjileri sert doku uygulamalarında tercih edilmektedir. Er,Cr:YSGG lazer, dental sert dokuları pulpaya ve çevre dokulara en az zararlı, ablasyon yoluyla etkili bir şekilde uzaklaştırabilen yeni bir cihazdır (van As, 2004). Bu lazer, su ve hidroksiapatit kristallerinin yapısındaki hidroksil radikalleri tarafından yüksek absorpsiyonundan dolayı mine ve dentini etkili olarak ablate edebilir (van As, 2004). Daha önceki çalışmalarda Er,Cr:YSGG lazer ile etkili sert doku kesilerinin lazer enerjisinin atomize su zerrecikleri ile olan etkileşimiyle olduğu gösterilmiştir (Hossain *et al.* 1999; Olivi *et al.*, 2010). Dokudaki suyun haricinde, Er,Cr:YSGG lazer ablasyon için eksojen su kullanmaktadır. Meister *et al.* (2006) eksternal su miktarının, sert dokuların içeriğinde endojen suya göre mine ve dentin ablasyonunda büyük bir etkisi olduğunu; doku içeriğindeki suyun Er,Cr:YSGG lazer için mine ve

dentinde ablasyon üzerine belirgin bir etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir. DH tedavisindeki amacımız dentin kanal ağızlarının daratılması veya kapatılması olduğundan; dentinden sert dokunun uzaklaşmasına ve kanal ağızlarının açılmasına neden olacak ablasyon özelliği tedaviyi başarısız kılacaktır. Bu sebeple çalışmamızda Er,Cr:YSGG lazer su spreyi olmadan subablatif dozlarda kullanılmıştır.

Ting *et al.* (2007) çekilmiş çürüksüz dişlerin kök yüzeyine sulu ve susuz olmak üzere farklı güç parametrelerinde (0.5 W, 1 W, 1.5 W, 2 W) Er,Cr:YSGG lazeri uygulamışlar; sonrasında irradyasyon takiben morfolojik değişimleri değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda susuz grupta 0,5 W (20 Hz, 600µm tip ucu) grubunda bile karbonizasyon oluştuğunu rapor etmişlerdir. Ancak bizim çalışmamızda 0,5 W grubunda irradyasyon sonrası karbonizasyon izlenmemiştir. Bu durum Ting *et al.* (2007) çalışmalarında periodontal cep içerisindeki durumu simule etmek amacıyla lazer uygulayıcı ucun kök yüzeyine kontakt olarak kullanılması ve çekilmiş dişteki dehidratasyon ile açıklanabilir. Bizim çalışmamız *in vivo* yapıldığından olası dehidratasyonun önüne geçilmiştir.

DH tedavisinde, hassasiyetin immedat olarak azaltılması önemli yer tutmaktadır. Yılmaz *et al.* (2011a) Er,Cr:YSGG lazeri 0.25 W güç ayarında, 600 nm m_z6 uç, 20 atım/sn frekans ile 30 sn boyunca, %10 hava soğutma desteğiyle kullandıkları; DH tedavisinde etkinliğini plasebo lazere göre 3 aylık dönemde değerlendirdikleri çalışmalarında; 42 hasta üzerinde (244 diş) yapılan soğuk hava testinin sonuçları VAS skorları üzerinden değerlendirilmiştir. Tedavi porsedürlerinin sadece ilk seans uygulandığı çalışmada Er,Cr:YSGG lazer grubu hava spreyi VAS skorları başlangıçta 7.02 ± 1.82 , immedat olarak 1.47 ± 1.08 , 1. hafta 1.59 ± 1.22 , 1. ay 1.32 ± 0.99 ve 3. ay sonunda 1.35 ± 1.07 kaydedilmiştir. Plasebo lazer grubu hava spreyi VAS skorları ise başlangıçta 6.89 ± 1.5 , immedat olarak 6.13 ± 2.05 , 1. hafta 6.12 ± 2.01 , 1. ay 6.14 ± 2.02 ve 3. ay sonunda 6.10 ± 2.06 olarak rapor edilmiştir. Çalışmanın sonucunda Er,Cr:YSGG lazerin tek bir uygulama sonucunda yan etki olmaksızın immedat olarak etkinlik gösterdiğini ve bu etkinin 3 aylık dönemde de devam ettiğini; plasebo lazer grubunun ise tüm çalışma boyunca istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösteremediğini rapor edilmiştir. Yılmaz *et al.* (2011b) yaptıkları Er,Cr:YSGG lazerin aynı parametrelerle kullanıldığı ve DH

tedavisindeki etkinliğinin GaAlAs (810 nm, devamlı dalga modu, 8.5 J/cm^2 enerji yoğunluğu) ve tedavi uygulanmayan kontrol grubuna göre karşılaştırıldığı 51 hasta (174 diş) üzerinde yaptıkları diğer bir klinik çalışmada Er,Cr:YSGG lazer grubu soğuk hava spreyi sonrası VAS skorları başlangıçta 7.2 ± 1.4 , immediat olarak 1.5 ± 1.4 , 1. hafta 1.2 ± 1.1 , 1. ay 1.1 ± 1.2 ve 3. ay sonunda 1 ± 1.1 olarak rapor edilmiştir. Bu ortalamalar GaAlAs lazer grubunda Er,Cr:YSGG grubuna benzer olarak başlangıçta 7.1 ± 1.3 , immediat olarak 1.7 ± 1.03 , 1. hafta 1.6 ± 1.3 , 1. ay 1.2 ± 1.2 ve 3. ay sonunda 1.1 ± 1.1 olarak; kontrol grubunda ise başlangıçta 6.9 ± 1.4 , immediat olarak 6.6 ± 1.6 , 1. hafta 6.5 ± 1.5 , 1. ay 6.6 ± 1.4 ve 3. ay sonunda 6.4 ± 1.4 olarak rapor edilmiştir. Çalışmanın sonucunda daha önceki çalışmalarıyla uyumlu olarak Er,Cr:YSGG lazerin DH tedavisinde immediate olarak etkinliğini gösterdiğini; bu etkinin herhangi bir yan etki olmaksızın 3 aylık dönemde korunduğu ve kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı olduğu ayrıca lazer tedavisinin DH'nin konvansiyonel tedavisine göre operasyon sahasının izolasyonu gibi zaman alan prosedürlere ihtiyaç duymadığı için daha hızlı ve konforlu olduğu ek olarak tekrarlayan uygulamalara gerek kalmayacağı bildirilmiştir.

Aranha ve de Paula Eduardo (2011) Er,Cr:YSGG (0.25 W, 0.5 W, 600nm m_z6 uç, 20 Hz, hava ve su soğutmasız, 30 sn.) lazerin DH tedavisindeki etkinliliğinin Er:YAG (64,8 mW, 2 Hz, hava soğutmalı, 1 dk. arayla 20 sn. lik 4 uygulama) ve plasebo lazere göre değerlendirdikleri çalışmalarında soğuk hava spreyi ve mekanik uyarana karşı verilen cevap VAS skoru olarak kaydedilmiştir. Hava spreyi uyararı sonrası VAS skorlarındaki ortalama azalma kontrol grubunda immediate olarak 1.90 ± 1.41 , 1. hafta 1.23 ± 2.54 ve 1. ay 2.46 ± 2.36 ; Er:YAG lazer grubunda immediate olarak 2.94 ± 1.59 , 1. hafta 2.70 ± 2.38 ve 1. ay 3.16 ± 2.30 ; Er,Cr:YSGG 0.25 W grubunda immediate olarak 1.57 ± 1.57 , 1. hafta 0.34 ± 0.75 ve 1. ay 2.26 ± 0.85 ; Er,Cr:YSGG 0.5 W grubunda ise immediate olarak 1.87 ± 0.59 , 1. hafta 1.93 ± 0.91 ve 1. ay 1.67 ± 1.27 olarak rapor edilmiştir. Periodontal sond ile mekanik uyararı sonrası VAS skorlarındaki ortalama azalma ise kontrol grubunda immediate olarak 1.03 ± 1.08 , 1. hafta 1.53 ± 1.7 ve 1. ay 2.59 ± 3.07 ; Er:YAG lazer grubunda immediate olarak 0.96 ± 1.03 , 1. hafta 1.59 ± 1.42 ve 1. ay 1.29 ± 1.61 ; Er,Cr:YSGG 0.25 W grubunda immediate olarak 2.44 ± 2.80 , 1. hafta 1.51 ± 2.07 ve 1. ay 2.64 ± 1.75 ; Er,Cr:YSGG 0.5 W grubunda ise immediate olarak 3.34 ± 1.64 , 1. hafta $2.40 \pm$

0.82 ve 1. ay 1.67 ± 1.08 olarak rapor edilmiştir. Soğuk hava VAS skorlarında en fazla azalma Er:YAG grubunda gözlenirken, meknik uyarana karşı VAS skorlarında grupların benzer sonuçlar gösterdikleri; immediate olarak 0.5 W Er,Cr:YSGG grubunda azalmanın daha fazla olduğu; ancak 4 hafta sonrasında lazer gruplarının birbirlerine benzer sonuçlar gösterdikleri rapor edilmiştir. Ek olarak tüm test dahilinde kontrol grubunda da ağrı seviyesinde görülen azalmanın plasebo etkisine işaret ettiği bildirilmiştir. Bu tez çalışmasında da plasebo, 0.25 W ve 0.5 W lazer gruplarının grup-içi preoperatif ve postoperatif VAS skorları karşılaştırıldığında lazer irradyasyonunun tedavi sonrasında DH'nin azaltılması üzerine immediat olarak etkinliği anlamlı bulunmuştur ($p = 0.0001$) (Tablo 4). Ayrıca gruplar arası postoperatif VAS skorları karşılaştırıldığında 0.5 W grubu %81.55'lik azalmayla en iyi sonucu verdiği görülmüştür ($p = 0.0001$). 0.25 W grubunda da %61.82'lik azalma ölçülürken ($p = 0.0001$), plasebo grubunda ise azalma oranı %2.38'de kalmıştır ($p > 0.05$) (Tablo 4).

DH tedavisinde dentin tübül ağzlarının daraltılması veya kapatılması, tedavinin etkinliğinde büyük rol oynamaktadır. Er,Cr:YSGG lazer emisyonunun dalga boyunun ($2.78 \mu\text{m}$) su molekülleri tarafından yüksek derecede absorbe edilmesi sebebiyle açığa çıkmış kök yüzeyinde dentin kanalları içerisindeki dentin lenfinin kısmi buharlaşmasıyla çözünmez tuzların kanal içerisine birikmesine sebep olabileceğini; bu birikimin dentin tübüllerinin tıkanması ve DH nin azalmasına sebep olabileceği bildirilmiştir (Yılmaz *et al.*, 2011a; 2011b). Çalışmamızda dentin örneklerinin kırık hattından elde edilen SEM görüntülerinde dentin tübülleri ağzından tübül içerisinde bir noktaya kadar ilerleyen ve kanalı tıkayan düzensiz birikinti varlığı bu görüşü desteklemektedir (Şekil 13).

Yakın zamanda yapılan bir in vitro çalışmada ise Gholami *et al.* (2011) Er,Cr:YSGG (2780 nm, 0.25W, 4.42 J/cm^2 , 20Hz, 1sn.), Nd:YAG (1064 nm, 1W, 300 J/cm^2 , 20Hz, 1 sn.), CO₂ (10600 nm, 50W, 1.27 J/cm^2 , 1sn.) ve diyet (810nm, 2W, 4.77 J/cm^2 , 1sn.) lazerin 2 mm kalınlığındaki dentin disklerindeki dentin tübüllerini tıkama etkisini değerlendirmişlerdir. Disklere %14 EDTA solüsyonu uygulanarak dentin tübüllerinin ekspoz olmaları (tübül ağzının genişliği ort. 3.52 mikron) ve smear tabakası kaldırıldıktan sonra lazer uygulaması yapılmıştır. Yapılan

SEM incelemesi sonucu; dentin tübül ağzlarında en fazla kapatmayı sağlayan Nd:YAG (tübül ağzının ort. genişliği 1.64 mikron) lazeri sırasıyla Er,Cr:YSGG (tübül ağzının ort. genişliği 1.73 mikron), CO₂ (tübül ağzının ort. genişliği 2.1 mikron) ve GaAlAs lazer (tübül ağzının ort. genişliği 3.27 mikron) izlemiştir. 0.25 W (4.42 J/cm²) güçte ve %34 hava soğutmasıyla 4 mm uzaklıktan, 1 sn. süreyle, 600 µm G4 fiber uç ile uygulanan lazer sonucunda peritübüler dentinin eriyerek tübül ağzlarının çapını %50 ye kadar daralttığı ve karbonizasyon görülmediği rapor edilmiştir.

Son olarak Aranha ve de Paula Eduardo (2011) Er,Cr:YSGG lazerin, DH tedavisinde hangi klinik parametrelerde kullanılabileceğini belirlemek için 90 premolar diş kökü üzerinde yaptıkları in vitro çalışmalarında; Er,Cr:YSGG lazeri 0.25 W (4.4 J/cm², 2.grup), 0.5 W (8.9 J/cm², 3.grup), 0.75 W (13.2 J/cm², 4.grup), 1 W (17.8 J/cm², 5.grup), 1.25 W (22.3 J/cm², 6.grup), 1.5 W (26.7 J/cm², 7.grup), 1.75 W (31.2 J/cm², 8.grup) ve 2 W (35.7 J/cm², 9.grup) güç parametrelerinde, 20 atım/sn. frekansla, mz6 (600 µm) tip lazer ucuyla ve dentin yüzeyinden 1 mm uzaklıktan uygulamışlardır. Ayrıca Er:YAG lazeri (1.grup) dentin yüzeyinden 6 mm. uzaklıktan, 2 atım/sn. frekans ve 5.9 J/cm² güç yoğunluğuyla 1 dk. arayla 4 kez 20 sn.lik periyotlarda uygulamışlardır. Deney örneklerinin gruplara göre bir tarafı %24' lük EDTA diğer tarafı da %35' lik fosforik asitle hipersensitif dentin yüzeyini taklit etmesi amacıyla muamele edilmiş ardından lazer uygulaması yapıp örnekler metilen mavisinde bekletilmiştir. EDTA ile mualmele edilen alt-gruplarda sadece Er:YAG lazer grubunda mikrosızıntı miktarı en az bulunurken, Er,Cr:YSGG lazerin kullanıldığı 2. gruptan 9. gruba doğru mikrosızıntıda artış rapor edilmiştir. Er:YAG grubundaki bu azalmanın 0.25 W ve 0.5 W Er,Cr:YSGG lazer grupları haricinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiği rapor edilmiştir. Fosforik asitle muamele edilen alt-gruplarda ise Er:YAG grubu mikrosızıntı değerleri sıfıra yakın, Er,Cr:YSGG lazerin uygulandığı 6. gruptan 9. gruba yüksek ortalamada değerler kaydedilirken; bu grupta en az mikrosızıntı değeri 0.5 W grubunda rapor edilmiştir. Yapılan SEM incelemelerinde Er:YAG lazer kullanılan grupta dentin tübüllerinin kısmi tıkanması görülürken; Er,Cr:YSGG lazer grubunda ise 0.25 ve 0.5 W gruplarında çatlak ve karbonizasyon bulgusu olmaksızın dentin tübüllerinde Er:YAG grubuna benzer morfolojik dentin yüzeyi ve dentin tübüllerinin kısmi obliterasyonu

rapor edilmiştir. Ancak Er,Cr:YSGG grubunda 0.75 W ve üzeri güç parametrelerinde 0.25 ve 0.5 W gruplarından farklı olarak açık dentin tübülleri, katılaşmış doku rüptürü, karbonizasyon ve çatlak oluşumu bildirilmiştir. Bu tez çalışmasında da lazer irradyasyonu sonrasında karbonizasyon ve çatlak gibi termal yan etkilerin görülmediği 0.25 W ve 0.5 W lazer gruplarının ortalama tübül çaplarının kontrol grubu ile kıyaslandıklarında anlamlı olarak azaldığı görülmüştür ($p = 0.0001$) (Tablo 7). VAS skorlarında olduğu gibi tübül çaplarında da en belirgin azalma dentin tübüllerinin neredeyse tamamının kapandığı 0.5 W grubunda ölçülmüştür ($p = 0.0001$) (Tablo 7).

Er,Cr:YSGG lazerin DH'nin azaltılmasında etkili olabilecek bir diğer olası mekanizmasının ise ısı ile uyarıldığı bilinen nöral reseptör TRPV1 üzerine etkisi olabileceği bildirilmiştir (Yılmaz *et al.*, 2011b). Dental anektotal raporlar Er,Cr:YSGG lazerin lokal anesteziye kısa dönemde yardımcı olabileceği belirtilmiştir (Matsumoto *et al.*, 2002; Jacobson *et al.*, 2003). Park *et al.* (2006) ısı duyarlı dental duyuşal TRP lerin dişlerde ağrı sensörü gibi görev yapabileceklerini rapor etmişlerdir. TRPV1, ağrı ve ısı duyusu alan nöronların membranları üzerinde bulunmaktadır. Bu 37 ile 45°C arasındaki sıcaklıkta açılan kalsiyum kanalı, aynı zamanda asidik pH'dan ve yakıcı doğal kimyasallardan olan vanilloik asit türevi kapsaisin gibi bileşiklerden etkilenmektedir (Ryu *et al.*, 2010). Ek olarak TRPV1, prostoglandinler, bradikinin, histamin gibi enflamatuvar medyatörlerin uyandırdığı ağrıyı da düzenlediği bu sebeple TRPV1 önemli bir periferik analjezik hedef haline geldiği bildirilmiştir (Ryu *et al.*, 2010). Ryu *et al.* (2010) çalışmamıza benzer güç ayarlarında Er,Cr:YSGG lazerin etkisini TRPV1 salınımı yapan hücre kültürleri ve kapsaisin enjekte edilmiş fareler üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. TRPV1 hücre kültürlerinin kapsaisin hassasiyetlerinde ve fonksiyonlarında belirgin azalma meydana geldiği ayrıca; kapsaisin enjekte edilmiş farelerde ağrıya karşı verilen yalama/titreme cevabında lazer uygulaması sonrası belirgin azalma rapor edilmiştir. Bu sonuçlar ışığında Er,Cr:YSGG lazerin TRPV1 inhibisyonu yoluyla analjezik etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Ryu *et al.* 2010). Bu durum da hastalara subablatif dozlarda lazeri uygularken başta ağrı hissetseler bile sonrasında bu ağrının kesilmesini açıklamaktadır.

Sinir fibrillerinin ağrı eşiğini düşüren, enflamatuvar medyatörlerin senteziyle oluşan hassasiyette önemli rol oynayan bakteriler üzerine Er,Cr:YSGG lazerin yüksek antibakteriyel potansiyeli de DH tedavisinin etkinliğinde göz önünde bulundurulmalıdır (van As, 2004; Franzen *et al.*, 2009). Lazer ışını bakteri hücreesindeki su tarafından absorbe edilir ve sert doku ablasyonunda olduğu gibi hücresel suyun ani buharlaşmasıyla hacim artışı meydana gelir. Bu artış bakteri hücrelerinin parçalanmasına neden olarak bakterileri yok etmektedir (van As, 2004). Eldeniz *et al.* (2007) Er,Cr:YSGG lazerin *Enterococcus faecalis* ile kontamine edilmiş 40 kök kanalı üzerinde üzerine etkinliğinin sodyum hipoklorit (NaOCl) irrigasyonuna göre değerlendirildiği çalışmalarında; lazeri 0.5 W güçte %20 hava ve su soğutma ayarında 200 µm endodontik uç ile kullanılmıştır. Enfekte kök kanallarından alınan örneklerde bakteri yoğunluğunda azalma lazer grubunda %96 seviyesinde bulunmuştur. Ancak bu oran %3' lük NaOCl grubunda %100 olarak rapor edilmiştir. Franzen *et al.* (2009) Er,Cr:YSGG lazeri 0.25 W (9.95 J/cm², 200 µm tip ucu) güç ayarında su soğutmasız ayarda kalınlıkları 100 µm ile 1000 µm arasında değişen dentin disklerinde in vitro olarak mikroorganizmalardan dekontaminasyon etkinliğini araştırmışlardır. Lazer irradyasyonu sonucu 500 µm kalınlıktaki dentine kadar istatistiksel olarak anlamlı bakteriyel azalmayı (%58 ±40) rapor etmişlerdir. Bu son çalışmalar bize Er,Cr:YSGG lazerin bakterisit etkisinin, DH'yı azaltmadaki mekanizmalardan biri olarak gösterebilir.

Lazerlerin sert dokulara uygulanması sırasında açığa çıkan ısı ve lazer sistemlerinin fototermal etkisi, dentin dokusunun ultrastrüktürel yapısı ve kompozisyonunda değişimlere neden olabilmektedir (Çelik *et al.*, 2006). Dentinin yapısındaki bu değişimin dentin çözünürlüğünü azalttığı ve çürüklere karşıda dayanıklı bir hale getirdiği bilinmektedir. Çözünürlüğün azalması dentin yüzeyinden demineralizasyonu azaltarak dolaylı yoldan DH kontrolüne de yardımcı olacaktır (de Freitas *et al.*, 2008). Dentinde ısıya bağlı görülen bu değişiklikler: suyun yüksek ısı sonucu buharlaşması, proteinlerin dekompozisyonu ve karbonatın apatit kristallerinden ayrılması ile gerçekleşmektedir (de Freitas *et al.*, 2010). Nelson *et al.* (1987) CO₂ lazer uygulaması sonrası dentin apatit kristallerinin eriyerek daha az karbonat içeren daha büyük apatit kristallerine dönüştüğünü bildirmiştir. Rohanizadeh *et al.* (1999) Nd:YAG lazer uygulaması sonrasında dentinde

rekristalizasyon ve faz transformasyonu oluştuğunu saptamıştır. Dentin apatit kristalleri diğer tüm biyolojik apatitler (mine ve kemik) gibi magnezyum, sodyum, hidrojen fosfat (HPO_4) gibi minör elementleri içeren karbonat hidroksiapatitleri (HA) olarak tanımlanmaktadır. Lazer uygulaması sırasında ısı değişimleri hızlıdır ve dokulardaki sıcaklık kısa zamanda 1000°C ve üzerine çıkabilmektedir (Rohanizadeh *et al.*, 1999). Lazer atımları arasında dentin apatit kristalleri erir ve ardışık iki atım arasında daha geniş olan ve daha az karbonat içeren hidroksiapatit kristallerine rekristalize olurlar. Karbonat (CO_3) kaybıyla daha az CO_3 içerikli daha geniş HA kristalleri oluşumu sonucu asit ataklarına ya da çürük oluşumuna karşı artmış direnç beklenmektedir. Diğer taraftan yüksek sıcaklık değerlerinde oluşan tetrakalsiyum fosfat (TetCP), beta trikalsiyum fosfat (β -TCP) ve alfa trikalsiyum fosfat (α -TCP) asit ortamda HA'ya göre daha çözünürdürler. Ancak β -TCP ve TetCP, karbonat hidroksiapatit kristalleri olan dentin apatit kristallerinden de daha az çözünür oldukları göz önünde bulundurulmalıdır (Rohanizadeh *et al.*, 1999). Bu sebeple dentin apatit kristallerinin HA'ya dönüşümü (daha az CO_3 içeren) ve diğer kalsiyum fosfat fazlarının (β -TCP, α -TCP ve TetCP) oluşumu orijinal dentin apatite göre daha az çözünür ve çürük direnci daha fazla olan bir kök yüzeyi oluşturabileceği belirtilmiştir (Rohanizadeh *et al.*, 1999).

β -TCP, α -TCP ve TetCP gibi kalsiyum fosfat fazlarının oluşumu 600°C üzeri sıcaklıklarda meydana gelmektedir ve lazer irradyasyonu sonucu bu sıcaklık değerlerinde ulaşıldığında ise bejden beyaza renk değişimi görüldüğü belirtilmiştir (Rohanizadeh *et al.*, 1999). Bu durum çalışmamızda lazer uygulaması sonrası kök üzerinde görülen beyaz renk değişimini açıklamaktadır (Şekil 5).

Kimyasal ve morfolojik yapıyı değiştirecek fototermal etkiyi elde etmek ve asit direncini geliştirmek için sıcaklığın yaklaşık 650°C kadar çıkarılması gerekmektedir (de Freitas *et al.*, 2008). Ana *et al.* (2004) tarafından yapılan bir çalışmada Er,Cr:YSGG lazerin çürük önlemede potansiyeli değerlendirilmiş ve minenin morfolojik yapısı değerlendirilmiştir. Ablasyon sınırının altındaki düşük enerji yoğunluğunda bile; yüzey sıcaklığının 400°C 'nin üzerine çıkabildiğini kristal yapıda morfolojik değişik elde etmenin mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının oluşturduğu ısının değerlendirildiği Fried *et al.*

(1996) yaptıkları başka bir çalışmada ablasyon eşik değerinin altında lazer uygulaması sonucu mine yüzeyinin maksimum sıcaklık değerlerinin sırasıyla 300°C ve 800°C'ye kadar çıkabildiğini; Er,Cr:YSGG lazerin bu sıcaklık değerine ulaşabilmesinin Er.YAG lazere göre OH iyonları tarafından daha fazla absorbe edilmesi sayesinde olduğunu ve bu özellik sebebiyle Er,Cr:YSGG lazerin çürük önlemede daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Freitas *et al.* (2010) çalışmalarında Er,Cr:YSGG ile 2.8 J/cm² (0.25 W, 20Hz) ve 5.7 J/cm² (0.5 W, 20Hz) enerji yoğunluklarında verilen ışığın diş yapısını çürüğe karşı dirençli hale getirmede floride bir alternatif olarak kullanılabileceğini bildirilmişlerdir.

Seçilmiş *et al.* (2008) yaptıkları çalışmada 1 W gücünde ve 8.2 J/cm² enerji yoğunluğunda uygulanan lazer enerjisinin dentinin inorganik yapısında bulunan Ca/P oranını arttırarak aside daha dirençli yüzeyler oluşturabileceği bildirilmiştir. Bu etkiyi göstermesi için cihazın enerji yoğunluğunun ablasyona neden olacak eşik değerinin altında olması gerektiği belirtilmiştir (Seçilmiş *et al.*, 2008). Apel *et al.* (2002) yaptıkları bir çalışmada Er,Cr:YSGG lazerin ablasyon eşik değerini 10-14 J/cm² bulmuşlardır. Ablasyonu sadece enerji yoğunluğunun değil uygulama süresinin de etkilediği görülmüştür. Dokuya kısa süreli atımlar uygulandığında ablasyonun daha geç meydana geldiği bildirilmiştir (Apel *et al.*, 2002). Bu çalışmalar da göstermiştir ki eğer diş yüzeyinde sadece çürüğe dayanıklı bir bölge oluşturmak isteniliyorsa cihazın enerji yoğunluğu ablasyon eşik değerinden düşük olmalı, atımlar kısa süreli olmalı ve su soğutucu sistem olmadan çalışılmalıdır. Böylece lazer ışığı ilgili sert doku tarafından absorbe edilerek gerekli morfolojik ve kimyasal değişikliklere sebep olabilecektir. Bu bilgiler bize Er,Cr:YSGG lazerin uzun dönem hassasiyet tedavisinde de başarılı olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Lazer irradyasyonu sonucu sıcaklık artışı kimyasal ve morfolojik değişim için gereklidir ancak bu sıcaklık artışının çevre dokulara ve pulpaya verebileceği zarar göz önünde bulundurulmalıdır. 5.5°C ve üzerindeki sıcaklıkların pulpa nekrozu oluşturma riskinden dolayı kabul edilemez olduğu bilinmektedir (Demi *et al.*, 2009). Ana *et al.* (2004) Er,Cr:YSGG lazerin çürük önlemedeki etkinliğinin değerlendirdikleri çalışmalarında ablasyon eşiği altındaki enerji yoğunluğunda pulpa odasındaki sıcaklığın yaklaşık 4°C arttığını ve subablatif güçteki lazer ışının pulpa

vitalitesinin korunmasında güvenli olduğunu belirtmişlerdir. Freitas *et al.* (2008) yaptıkları in vitro çalışmada 0.25 W (2.84 J/cm²), 0.5 W (5.68 J/cm²) ve 0.75 W (8.52 J/cm²) güç parametrelerinde 20 atım/saniye frekansta, 20 sn. süreyle, %30 hava ve su soğutmasız olarak 3 mm kalınlığına sahip (0.6-0.9 mm mine ve 2.1-2.4 mm dentin) örneklerde, Er,Cr:YSGG lazerin çürük önleme tedavisi sırasında oluşturduğu sıcaklık değişimlerinin tüm test gruplarında 0.1°C 'yi geçmediği rapor edilmiştir. Ölçülen sıcaklıkların bu denli düşük olması birkaç mekanizmaya bağlanmıştır. Bunlardan ilki; 2780 nm dalga boyundaki lazer ışığının, hidroksiapatit içerisindeki serbest hidroksil radikalleri tarafından (OH-) yüksek derece absorbe edilmesidir. Absorbsiyon katsayısı ne kadar fazla olursa, absorbsiyon derinliği ters orantılı olarak azalmaktadır (Featherstone ve Fried, 2001). Bu sebeple mine veya dentin yüzeyine lazer uygulandığında mineral yapı tarafından yüksek derecede absorbe edilen lazer enerjisi hedef dokudan daha derine ulaşamamaktadır (de Freitas *et al.*, 2008). İkinci mekanizma, Er,Cr:YSGG lazerin atımlı olarak çalışmasıdır. Atımlı lazerlerde yüksek enerji yoğunluğu kısa periyotlar halinde iletilmektedir ve iki atım arasında irradyasyonun olmadığı, oluşan ısının dağıldığı bir boşluk oluşur. Bu zaman aralıkları periferel dokulara özellikle, pulpaya herhangi bir zarar verilmeden enerjinin hedef dokuya iletilmesini sağlamaktadır (Featherstone ve Fried, 2001; de Freitas *et al.*, 2008). Son olarak sert doku kalınlığının miktarından bahsedilmektedir. Yeterli sert doku kalınlığının (yaklaşık 3 mm), mine ve dentin vasıtasıyla termal iletkenlikliği etkilediği bunun da; enerjinin pulpaya iletilmesine müsaade etmediği bildirilmiştir (de Freitas *et al.*, 2008). Yukarıda bahsedilen mekanizmalar sayesinde çürük önleyici tedavide sub-ablatif enerji yoğunluğunda Er,Cr:YSGG lazer susuz dahi kullanılsa intrapulpal ısıyı arttırmadığı sonucuna varılmıştır.

Uygulanan tedavi sonrası oluşan yüzey pürüzlülüğü plak retansiyonu için uygun bir alan oluşturacaktır. Bu durumda çürüklere ve hassasiyete neden olabilmektedir (Quirynen ve Bollen, 1995). Ting *et al.* (2007) yaptıkları çalışmada 1 W ve altındaki güç parametrelerinde Er,Cr:YSGG lazer kullanıldığında kök yüzeyinde SEM incelemelerinde pürüzlülük ve ablasyon derinlik parametrelerinde belirgin bir fark gösterilmemiştir ancak 1 W üzeri parametrelerde kök yüzeyinde belirgin ablasyon bölgesi rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızda da Er,Cr:YSGG lazer subablatif parametrelerde (0.25 W ve 0.5 W) su soğutmasız ayarda kullanıldığından

ablasyon olmayacağından yüzey pürüzlülüğünün anlamlı olarak değişmesi beklenmemektedir. Bu çalışmayla benzer güç parametresi ile Er,Cr:YSGG lazerin (0.25 W, 20 Hz, 30sn., %10 hava, su soğutmasız) kullanıldığı Yılmaz *et al.* (2011a) yaptıkları kontrollü klinik çalışmada da 3. ay kontrollerde başlangıç plak indeksi skorlarına göre bir artma görülmemesine bağlı olarak sub-ablatif dozlardaki lazer tedavisinin kök yüzeyi üzerinde plak retansiyonunu arttıracak herhangi bir değişime neden olmadığı bildirilmiştir.

Er,Cr:YSGG lazer DH tedavisinde önceki klinik çalışmalarda güvenle kullanılmıştır. Yılmaz *et al.* (2011a; 2011b) Er,Cr:YSGG lazerin (0.25 W, 20 Hz, %10 hava, su soğutmasız, 30 sn.) DH tedavisindeki etkinliğinin değerlendirildiği iki farklı klinik çalışmada immediate, 1.hafta, 1.ay ve 3.ay kontroller sonucunda lazer uygulanan dişlerin vitalitesinin korunduğu ve hiçbir yan etkiyle karşılaşılmadığı rapor edilmiştir. Bu çalışmalara benzer olarak Aranha ve de Paula Eduardo (2011) Er,Cr:YSGG (0.25 W ve 0.5 W; 20 Hz, hava ve su soğutmasız, 30 sn.) lazerin DH tedavisindeki etkinliğini inceledikleri çalışmalarında da immediate, 1.hafta ve 1.ay kontrollerde dişlerin vitalitelerini koruduğu rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızda da lazer uygulaması sonrası yapılan değerlendirmede dişlerin vitalitelerini koruduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçların ışığında Er,Cr:YSGG lazerin sub-ablatif enerji yoğunluğunda güvenle kullanılabileceğini söylenebilir.

DH'nin değerlendirilmesinde kullanılan uyaranlar genel olarak: mekanik (sondalama), kimyasal (sodyum klorit, glukoz, kalsiyum klorit gibi hipertonic solüsyonlar) ve termal (soğuk hava) uyaranlardır (Gillam ve Newman 1993). Çalışmaların büyük çoğunluğunda ise hava spreyi, termal ve buharlaştırıcı uyarımın kombinasyonu olarak hassas dentinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Ide *et al.*, 2001). Komşu dişlerin yalıtımı sonrasında oda sıcaklığındaki (yaklaşık 20-24°C) havanın bir dental sprey yardımıyla ilgili diş üzerine 1 cm uzaklıktan (yaklaşık 32-34°C) püskürtülmesiyle bu basit termal metod gerçekleştirilmektedir. Bu metod, diş üzerindeki ısıyı uzaklaştırır ve sıcaklığı düşürür ayrıca; ağrı uyandıran dentin lenfi hareketine neden olan açık dentin tübüllerindeki sıvının buharlaşmasına neden olarak etkisini göstermektedir (Kleinberg *et al.*, 1994). Gilliam *et al.* (2002) yaptıkları çalışmada soğuk hava spreyinin ağrı skalası ortalamaları, dokunma uyarımının ağrı

skalası ortalamalarından yüksek bulgulanmıştır. Ayrıca DH'nin değerlendirilmesinde dokusal uyarımın termal veya buharlaştırıcı uyarımdan daha az etkili olduğu rapor edilmiştir. Ancak bazı araştırmacılar (Duran ve Sengun, 2004; Holland *et al.*, 1997). dentin hassasiyetinin farklı uyaranlara göre farklı seviyede ölçülebileceğini bu sebeple farklı uyaranlar kullanılması önermişlerdir. Çalışmamızda klinik olarak hassasiyetin değerlendirilmesi sonrasında lazer uygulanan dişlerin, dentin yüzeyi inceleneceği için periodontal sond ile mekanik uyaran, yöntemin standartizasyon zorluğu olması ve invaziv bir yöntem olması ve bu sebeple SEM sonuçlarını etkileyebileceğinden kullanılmamıştır. Çalışmamızda uygulama ve standartizasyon kolaylığı sebebiyle hava spreyi tek uyaran olarak seçilmiştir.

Termal, mekanik ya da kimyasal uyaranlar ile meydana gelen ağrıyı yorumlanması ve değerlendirme metodu soruya açıktır. Ek olarak tepkinin subjektif yapısı, psikolojik durum, ifade yeteneği, hastalar arasındaki verilen bir cevabın ifade edilmesindeki varyasyonlar değerlendirmeyi karışık hale getirebilmektedir (Kumar ve Mehta, 2005). Bu çalışmada soğuk hava uyarını sonrasında hassasiyeti değerlendirmek için VAS kullanılmıştır. Clarck ve Troullos (1990) VAS bir kere hastaya doğru bir şekilde açıklandığında, anlaşılmasının kolay ve hipersensitivite çalışmaları için uyarana karşı verilen cevabın değerlendirmesinde uygun bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Diğer çalışmalarda (Gillam ve Newman, 1993; Holland *et al.*, 1997; Ide *et al.*, 2001) VAS ile diğer yöntemlerle karşılaştırılmış ve VAS'ın hem hissedilen ağrının ifadesinde hem de tedaviler arasındaki farkların gösterilmesinde diğer yöntemlerden daha ayrıntılı ve hassas sonuçlar ortaya koyduğu belirtilmiştir.

Hasta ile hekim arasındaki pozitif ilişki, hastaların ağrıyı farklı seviyelerde algılamasına sebep olabilir. Ek olarak pozitif emosyonel ve motivasyonel davranışlar, endorfin salınımı arttırmaktadır. DH'nin tedavisinde hekime duyulan güven ve rahatlamak için duyulan istek plasebo etkisine katkıda bulunur (Demi *et al.*, 2009). Bu etki, sık kontroller ve oral hijyende iyileşme gibi müdahalesiz prosedürlere cevap olarak ortaya çıkmaktadır. Hastalar çoğunlukla bir çalışmaya dahil edildiklerinde bile bunu etkisiyle gelişme gösterebilirler. Genel olarak plasebo etkisi; spontan gelişme, sorulara kibarlık olsun diye cevap verilmesi ve yanlış aktarmalardan kaynaklanmaktadır (Demi *et al.*, 2009). DH çalışmalarında (Kimura *et*

al. 2000; Lier *et al.*, 2002; Sicilia *et al.*, 2009; West *et al.*, 1997) genel olarak güçlü plasebo etkisinden bahsedilmektedir. West *et al.* (1997) plasebonun DH semptomlarında %60'a kadar rahatlamaya sebep olabileceğini belirtmişlerdir. Lier *et al.* (2002) klinik DH çalışmalarında tek uygulama sonucunda Nd:YAG lazer ile plaseboyu karşılaştırmışlardır. Her iki grupta başlangıçtan 16. haftaya kadar DH'de belirgin bir azalma rapor etmişler ve gruplar arası anlamlı fark olmadığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, lazer tedavisinin ya etkisiz olduğunu ya da güçlü plasebo etkisinin lazer tedavisinin etkinliğini bastırdığını belirtmişlerdir (Lier *et al.*, 2002). Bu sebeple bu çalışmada muhtemel plasebo etkisinin deney grupları üzerine etkinliği açıkça anlayabilmek için plasebo grubu kullanılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının sınırları dahilinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmaktadır:

1. Er,Cr:YSGG lazerin ablasyon eşiği altındaki güç parametrelerinde tek sefer kullanılması dentin hassasiyetinde plaseboya göre istatistiksel olarak anlamlı immedat azalmaya neden olmuştur.
2. Er,Cr:YSGG lazerin 0.5 W güç ayarında kullanılması, dentin hassasiyetinin azaltılmasında immedat olarak en iyi sonucu vermiştir.
3. İncelenen SEM görüntüleri ışığında ablasyon eşiği altındaki güç parametrelerinde Er,Cr:YSGG lazer uygulamasının, dentin tübül çaplarında kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı daralmaya neden olduğu belirlenmiştir.
4. Dentin tübül ağzlarında en fazla daralma ve kapanma 0.5 W grubunda ölçülmüştür.
5. Dentin tübül ağzlarının çaplarındaki bu daralmanın ve kapanmanın peritübüler dentinin erimesi ve rekristalizasyonu yoluyla olduğu ek olarak dentin tübülü içerisindeki dentin lenfinin buharlaşmasıyla çözünmez tuzların birikimiyle de kanal içerisinde de bir daralma olduğu belirlenmiştir.
6. Dentin hassasiyeti tedavisinde konvansiyonel tekniklere bir alternatif olarak Er,Cr:YSGG lazerin ablasyon eşiği altındaki güç parametrelerinde kullanılması, Grossman'ın kriterlerini yerine getirmektedir. Dentin yüzeyinde karbonizasyon ve fraktür meydana getirmeden; ek olarak pulpa hasarı oluşturmada etkinliğini göstermiştir.

Bu çalışmada SEM incelemeleri sonucunda dentin yüzeyinde erime ve kristalizasyon yoluyla tübül ağzlarının daraldığı veya tamamen kapandığı gözlemlenmiştir. Sonraki çalışmalarda dentin yüzeyinin bu değişiminin, yüzey

pürüzlülüğünü ne kadar etkilediğinin atomik kuvvet mikroskobu ile değerlendirilmesi, plak retansiyonu açısından yüzeyin değerlendirilmesi için faydalı olacaktır. Ayrıca oluşan bu yeni dentin yüzeyinin kristal yapısının ne kadar değiştiği ve kimyasal içeriği bilinmemektedir. Enerji dağılımlı X-ışını analizörlü taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDS) ile bu yapının atomik analizi sonraki çalışma hedeflerimizden birini oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abd-Elmeguid, A. ve Yu, D.C. (2009). Dental pulp neurophysiology: part 1. Clinical and diagnostic implications. *Journal of the Canadian Dental Association*, 75(1), 55-9.
- Absi, E.G., Addy, M. ve Adams D. (1987). Dentine hypersensitivity. A study of the patency of dentinal tubules in sensitive and non-sensitive cervical dentine. *Journal of Clinical Periodontology*, 14 (5), 280–284.
- Addy, M. (2002). Dentine hypersensitivity: new perspectives on an old problem. *International Dental Journal*, 52(5), 387-375.
- Al-Azzawi, L.M. ve Dayem, R.N. (2006). A comparison between the occluding effects of the Nd:YAG laser and the desensitising agent sensodyne on permeation through exposed dentinal tubules of endodontically treated teeth: an in vitro study. *Archives of Oral Biology*, 51(7), 535-540.
- Al-Sabbagh, M., Brown, A. ve Thomas, M.V. (2009). In-office treatment of dentinal hypersensitivity. *Dental Clinics of North America*, 53(1), 47-60.
- Al-Zahrani, M.S. ve Bissada, N.F. (2005). Predictability of connective tissue grafts for root coverage: clinical perspectives and a review of the literature. *Quintessence International*, 36(8), 609-616.
- Ana, P.A., Zezzel, D.M., Blay, A., Eduardo, C.P. ve Miyakawa, W. (2004). Thermal analysis of dental enamel following Er,Cr:YSGG laser irradiation at low fluencies. *Lasers in Surgery and Medicine*, 16, 53-63.
- Apel, C., Meister, J., Ioana, R.S., Franzen, R., Hering, P. ve Gutknecht, N. (2002). The ablation threshold of Er:YAG and Er:YSGG laser radiation in dental enamel. *Lasers in Medical Science*, 17(4): 246-252.

- Aranha, A. C., Pimenta, L. A. & Marchi, G. M. (2009). Clinical evaluation of desensitizing treatments for cervical dentin hypersensitivity. *Brazilian Oral Research*, 23(3), 333–339.
- Aranha, A.C. ve de Paula, Eduardo, C. (2011). Effects of Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers on dentine hypersensitivity. Short-term clinical evaluation. *Lasers in Medical Science*, DOI 10.1007/s10103-011-0988-9.
- Aranha, A.C. ve de Paula, Eduardo, C. (2011). In vitro effects of Er,Cr:YSGG laser on dentine hypersensitivity. Dentine permeability and scanning electron microscopy analysis. *Lasers in Medical Science*, DOI 10.1007/s10103-011-0986-y.
- Attar, N. ve Korkmaz, Y. (2006). Dentin Aşırı Hassasiyeti. *Hacettepe Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 30(4), 83-91.
- Ayad, F., Ayad, N., Delgado, E., Zhang, Y.P., DeVizio, W., Cummins, D. ve diğerleri (2009). Comparing the efficacy in providing instant relief of dentin hypersensitivity of a new toothpaste containing 8.0% arginine, calcium carbonate, and 1450 ppm fluoride to a benchmark desensitizing toothpaste containing 2% potassium ion and 1450 ppm fluoride, and to a control toothpaste with 1450 ppm fluoride: a three-day clinical study in Mississauga, Canada. *The Journal of Clinical Dentistry*, 20, 115-122.
- Bartold, P.M. (2006). Dentinal hypersensitivity: a review. *Australian Dental Journal*, 51(3), 212-218.
- Birang, R., Poursamimi, J., Gutknecht, N., Lampert, F. ve Mir, M. (2007). Comparative evaluation of the effects of Nd:YAG and Er:YAG laser in dentin hypersensitivity treatment. *Lasers in Medical Science*, 22(1), 21-24.

- Brännström, M. (1966). Sensitivity of dentine. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 21(4), 517-526.
- Canadian Advisory Board on Dentin Hypersensitivity. (2003). Consensus-based recommendations for the diagnosis and management of dentin hypersensitivity. *Journal of the Canadian Dental Association*, 69(4), 221-226.
- Chabanski, M.B. ve Gilliam, D.G. (1997). Aetiology, prevalence and clinical features of cervical dentine sensitivity. *Journal of Oral Rehabilitation*, 24(1), 15-19.
- Chabanski, M., Gillam, D., Bulman, J. ve Newman, H. (1997). Clinical evaluation of cervical dentine sensitivity in a population of patients referred to a specialist periodontology department: A pilot study. *Journal of Oral Rehabilitation*, 24(9), 666-672.
- Chambrone, L., Chambrone, D., Pustiglioni, F.E., Chambrone, L.A. ve Lima, L.A. (2008). Can subepithelial connective tissue grafts be considered the gold standard procedure in the treatment of Miller Class I and II recession-type defects? *Journal of Dentistry*, 36(9), 659-671.
- Chambrone, L., Lima, L.A., Pustiglioni, F.E. ve Chambrone, L.A. (2009). Systematic review of periodontal plastic surgery in the treatment of multiple recession-type defects. *Journal of the Canadian Dental Association*, 75(3), 203a-203f.
- Chambrone, L., Sukekava, F., Araújo, M.G., Pustiglioni, F.E., Chambrone, L.A. ve Lima, L.A. (2010). Root-coverage procedures for the treatment of localized recession-type defects: a Cochrane systematic review. *Journal of Periodontology*, 81(4), 452-478.
- Cherng, A.M., Chow, L.C. ve Takagi, S. (2004). Reduction in dentin permeability using mildly supersaturated calcium phosphate solutions. *Archives of Oral Biology*, 49(2), 91-8.

- Chu, C.H. ve Lo, E.C.M. (2010). Dentin hypersensitivity: a review. *Hong Kong Dental Journal*, 7, 15-22.
- Clark, G.E. ve Troullos, E.S. (1990). Designing hypersensitivity clinica trials. *Dental Clinics of North America*, 34(3), 531-544.
- Coluzzi, D.J. (2000). An overview of laser wavelengths used in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 44(4), 753-65.
- Coluzzi, D.J. (2008). Fundamentals of lasers in dentistry: basic science, tissue interaction, and instrumentation. *Journal of Laser Dentistry*, 16(spec), 4-10.
- Corona, S.A., Nascimento, T.N., Catirse, A.B., Lizarelli, R.F., Dinelli, W. ve Palma-Dibb, R.G. (2003). Clinical evaluation of low-level laser therapy and fluoride varnish for treating cervical dentinal hypersensitivity. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(12), 1183-1189.
- Corona, S.A.M., Do, Nascimento, T.N., Catirse, A.B.E., Lizarelli, R.F.Z., Dinelli, W. ve diğ erleri. (2003). Clinical evaluation of low-level laser therapy and fluoride varnish for treating cervical dentinal hypersensitivity. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(12), 1183–1189.
- Cunha-Cruz, J., Stout, J.R., Heaton, L.J. ve Wataha, J.C. (2011). Dentin Hypersensitivity and Oxalates: a Systematic Review. *Journal of Dental Research*, 90(3), 304-10.
- Çelik, E.U., Ergücü, Z., Türkün, Ş. ve Türkün, M. (2006) Er,Cr:YSGG Lazer uygulamasının dentinin kompozisyonu ve mikrosertliği üzerine etkisi. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 9(1): 15-20.
- Dababneh, R.H., Khouri, A.T. ve Addy, M. (1999). Dentine hypersensitivity - an enigma? A review of terminology, mechanisms, aetiology and management. *British Dental Journal*, 187(11), 606-611.

- Davies, R., Scully, C. ve Preston, A.J. (2010). Dentifrices--an update. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 15(6), e976-982.
- de Freitas, P.M., Soares, Geraldo, D., Biella, Silva, A.C., Silva, A.V., da Silveira, B.L. ve Eduardo, C.de P. (2008). Intrapupal temperature variation during Er,Cr: YSGG enamel irradiation on carries prevention. *Journal of Applied Oral Science*, 16(2), 95-99.
- de Freitas, P.M., Rapozo,Hilo, M., Eduardo, C.de P. ve Featherstone, J.D. (2010). In vitro evaluation of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser-treated enamel demineralization. . *Lasers in Medical Science*, 25(2), 165-170.
- Dederich, D.N. ve Bushick, R.D. (2004). Lasers in dentistry: separating science from hype. *The Journal of the American Dental Association*, 135(2), 204-12.
- Demi, M., Delme, K.I.M. ve De Moor, R.J.G. (2009). Hypersensitive teeth: conventional versus laser treatment. Part I: conventional treatment of dentin hypersensitivity. *Journal of Oral Laser Applications*, 9(1), 7-20.
- Demi, M., Delme, K.I.M. ve De Moor, R.J.G. (2009). Hypersensitive teeth: conventional versus laser treatment. Part II: conventional treatment of dentin hypersensitivity. *Journal of Oral Laser Applications*, 9(2), 75-92.
- Dilsiz, A., Canakci, V., Ozdemir, A. ve Kaya, Y. (2009). Clinical evaluation of Nd:YAG and 685-nm diode laser therapy for desensitization of teeth with gingival recession. *Photomedicine and Laser Surgery*, 27(6), 843-848.
- Dilsiz, A., Aydin, T., Canakci, V. ve Gungormus, M. (2010). Clinical evaluation of Er:YAG, Nd:YAG, and diode laser therapy for desensitization of teeth with gingival recession. *Photomedicine and Laser Surgery*, 28 Suppl 2, s11-s17.

- Dondi dall'Orologio, G., Lone, A. ve Finger, W.J. (2002). Clinical evaluation of the role of glutardialdehyde in a one-bottle adhesive. *American Journal of Dentistry*, 15(5), 330-4.
- Drisko, C.H. (2002). Dentine hypersensitivity – dental hygiene and periodontal considerations *International Dental Journal*, 52(5),385-393.
- Duran, I. ve Sengun, A. (2004). The long-term effectiveness of five current desensitizing products on cervical dentine sensitivity. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(4), 351-356.
- Eldeniz, A.U., Ozer, F., Hadimli, H.H. ve Erganis, O. (2007). Bactericidal efficacy of Er,Cr:YSGG laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with NaOCl irrigation: an ex vivo pilot study. *International Endodontic Journal*, 40(2), 112-119.
- Featherstone, J.D.B. ve Fried, D. (2001) Fundamental interactions of lasers with dental hard tissues. *Medical Laser Application*. 16(3): 181-194
- Ferreira, A.N., Silveira, L., Genovese, W.J., de Araújo, V.C., Frigo, L., de Mesquita, R.A. ve diğerleri. (2006). Effect of GaAIAs laser on reactional dentinogenesis induction in human teeth. *Photomedicine and Laser Surgery*, 24(3), 358-365.
- Franzen, R., Esteves-Oliveira, M., Meister, J., Wallerang, A., Vanweersch, L., Lampert, F. ve diğerleri. (2009). Decontamination of deep dentin by means of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser irradiation. *Lasers in Medical Science*, 24(1), 75-80.
- Frechoso, S. C., Menéndez, M., Guisasola, C., Arregui, I., Tejerina, J.M. ve Sicilia, A. (2003). Evaluation of the efficacy of two potassium nitrate bioadhesive gels (5% and 10%) in the treatment of dentine hypersensitivity. A randomised clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*, 30(4), 315–320.

- Fried, D., Featherstone, J. D. B., Visuri, S. R., Seka, W. ve Walsh, J. T. (1996). The caries inhibition potential of Er:YAG and Er:YSGG laser radiation. *Proceedings of SPIE*, 2672, 73–78.
- Fuller, T.A., (1997). *Physical considerations of Surgical Lasers*. Clayman, L. ve Kuo, P. *Lasers in maxillofacial surgery and dentistry*. (s. 1-11). New York: Thieme Medical Publishers Incorporation.
- Gholami, G.A., Fekrazad, R., Esmail-Nejad, A. ve Kalhori, KA. (2011). An evaluation of the occluding effects of Er;Cr:YSGG, Nd:YAG, CO₂ and diode lasers on dentinal tubules: a scanning electron microscope in vitro study. *Photomedicine and Laser Surgery*, 29(2), 115-121.
- Gillam, D.G. ve Newman, H.N. (1993). Assessment of pain in cervical dentinal sensitivity studies. A review. *Journal of Clinical Periodontology*, 20(6), 383-394.
- Gillam, D.G., Coventry, J.F., Manning, R.H., Newman, H.N. ve Bulman, J.S. (1997). Comparison of two desensitizing agents for the treatment of cervical dentine hypersensitivity. *Endodontics and dental traumatology*, 13(1), 36-39.
- Gillam, D.G., Aris, A., Bulman, J.S., Newman, H.N. ve Ley, F. (2002). Dentine hypersensitivity in subjects recruited for clinical trials: clinical evaluation, prevalence and intra-oral distribution. *Journal of Oral Rehabilitation*, 29(3), 226-231.
- Gillam, D.G., Newman, H.N., Davies, E.H., Bulman, J.S., Troullos, E.S. ve Curro, F.A. (2004). Clinical evaluation of ferric oxalate in relieving dentine hypersensitivity. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(3), 245-250.
- Gilliam, D.G. ve Orchardson, R. (2006). Advances in the treatment of root dentine sensitivity: mechanisms and treatment principles. *Endodontic Topics*, 13, 13-33.

- Green, B.L., Green, M.L. ve McFall, W.T. (1977). Calcium hydroxide and potassium nitrate as desensitizing agents for hypersensitive root surfaces. *Journal of Periodontology*, 48(10), 667-672.
- Gutknecht, N., Moritz, A., Dercks, H.W. ve Lampert, F. (1997). Treatment of hypersensitive teeth using neodymium:yttrium-aluminum-garnet lasers: a comparison of the use of various settings in an in vivo study. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 15(4), 171-174.
- Hannig, M., Hess, N.J., Hoth-Hannig, W. ve De Vrese M (2003). Influence of salivary pellicle formation time on enamel demineralization—an in situ pilot study. *Clinical Oral Investigations*, 7(3), 158-161.
- Hara, A.T., Ando, M., Gonzalez-Cabezas, C., Cury, J.A., Serra, M.C. ve Zero, D.T. (2006). Protective effect of the dental pellicle against erosive challenges in situ. *Journal of Dental Research*, 85(7), 612-616.
- Harashima, T., Kinoshita, J., Kimura, Y., Brugnera, A., Zanin, F., Pecora, J.D. ve diğerleri. (2005). Morphological comparative study on ablation of dental hard tissues at cavity preparation by Er: YAG and Er,Cr:YSGG lasers. *Photomedicine and Laser Surgery*, 23(1), 52–55.
- Hoang-Dao, B.T., Hoang-Tu, H., Tran-Thi, N.N., Koubi, G., Camps, J. ve About, I. (2009). Clinical efficiency of a natural resin fluoride varnish (Shellac F) in reducing dentin hypersensitivity. *Journal of Oral Rehabilitation*, 36(2), 124-131.
- Holland, G.R., Narhi, M.N., Addy, M., Gangarosa, L. ve Orchardson, R. (1997). Guidelines for the design and conduct of clinical trials on dentine hypersensitivity. *Journal of Clinical Periodontology*, 24(11), 808-813.
- Hossain, M., Nakamura, Y., Yamada, Y., Kimura, Y., Matsumoto, N. ve Matsumoto, K. (1999). Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation in human enamel and

- dentin: ablation and morphological studies. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 17(4), 155-159.
- Hu, J. ve Zhu, Q. (2010). Effect of immediate dentin sealing on preventive treatment for postcementation hypersensitivity. *The International Journal of Prosthodontics*, 23(1), 49-52.
- Ide, M., Wilson, R.F. ve Ashley, F.P. (2001). The reproducibility of methods of assessment for cervical dentine hypersensitivity. *Journal of Clinical Periodontology*, 28(1), 16-22.
- Ipci, S.D., Cakar, G., Kuru, B. ve Yilmaz, S. (2009). Clinical evaluation of lasers and sodium fluoride gel in the treatment of dentine hypersensitivity. *Photomedicine and Laser Surgery*, 27(1), 85–91.
- Jacobson, B., Berger, J., Kravitz, R. ve Patel, P. (2003). Laser pediatric crowns performed without anesthesia: a contemporary technique. *Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 28(1), 11–12.
- Jain, P., Vargas, M.A., Denehy, G.E. ve Boeyer, D.B. (1997). Dentin desensitizing agents: SEM and X-ray microanalysis assessment. *American Journal of Dentistry*, 10(1), 21-6.
- Jorkjend, L. ve Tronstad, L. (1972). Treatment of hypersensitive root surfaces by calcium hydroxide. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 80, 264-266.
- Kara, C. ve Orbak, R. (2009). Comparative evaluation of Nd:YAG laser and fluoride varnish for the treatment of dentinal hypersensitivity. *Journal of Endodontics*, 35(7), 971–974.
- Kawasaki, A., Ishikawa, K., Suge, T., Shimizu, H., Suzuki, K., Matsuo, T. ve diğerleri. (2001). S. Effects of plaque control on the patency and occlusion of dentine tubules in situ. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28(5), 439-449.

- Kielbassa, A.M. (2002). Dentine hypersensitivity: Simple steps for everyday diagnosis and management. *International Dental Journal*, 52(5), 394-396
- Kimura, Y., Wilder-Smith, P., Yonaga, K. ve Matsumoto, K. (2000). Treatment of dentine hypersensitivity by lasers: a review. *Journal of Clinical Periodontology*, 27(10), 715-21.
- Kleinberg, I., Kaufman, H.W. ve Wolff, M. (1994). Measurement of tooth hypersensitivity and oral factors involved in its development. *Archives of Oral Biology*, 39suppl, 63S-71S.
- Kumar, N.G. ve Mehta, D.S. (2005). Short-term assessment of the Nd:YAG laser with and without sodium fluoride varnish in the treatment of dentin hypersensitivity--a clinical and scanning electron microscopy study. *Journal of Periodontology*, 76(7), 1140-1147.
- Lan, W.H. ve Liu, H.C. (1996). Treatment of dentin hypersensitivity by Nd:YAG laser. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 14(2), 89-92.
- Lee, S.Y., Kwon, H.K. ve Kim, B.I. (2008). Effect of dentinal tubule occlusion by dentifrice containing nano-carbonate apatite. *Journal of Oral Rehabilitation*, 35(11), 847-853.
- Levin, M.P., Yearwood, L.L. ve Carpenter, W.N. (1973). The desensitizing effect of calcium hydroxide and magnesium hydroxide on hypersensitive dentin. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 35(5), 741-746.
- Lier, B.B., Rösing, C.K., Aass, A.M., ve Gjermo, P. (2002). Treatment of dentin hypersensitivity by Nd:YAG laser. *Journal of Clinical Periodontology*, 29(6), 501-506.
- Linde, A. Ve Goldberg, M. (1993). Dentinogenesis. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 4(5), 679-728.

- Ling, T.Y., Gillam, D.G., Barber, P.M., Mordan, N.J. ve Critchell, J. (1997). An investigation of potential desensitizing agents in the dentine disc model: a scanning electron microscopy study. *Journal of Oral Rehabilitation*, 24(3), 191-203.
- Litonjua, L.A., Andreana, S., Bush, P.J. ve Cohen, R.E. (2003). Tooth wear: attrition, erosion, and abrasion. *Quintessence International*, 34(6), 435-446.
- Lukomsky, E. (1941). Fluorine therapy for exposed dentin and alveolar atrophy. *Journal of Dental Research*, 20(6), 649-659.
- Markowitz, K. ve Pashley, D.H. (2008). Discovering new treatments for sensitive teeth: the long path from biology to therapy. *Journal of Oral Rehabilitation*, 35(4), 300-315.
- Matsumoto, K., Hossain, M., Hossain, N.M., Kawano, H. ve Kimura, Y. (2002). Clinical assessment of Er,Cr:YSGG laser application for cavity preparation. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 20(1), 17–21.
- Meister, J., Franzen, R., Forner, K., Grebe, H., Stanzel, S., Lampert, F. ve diğerleri. (2006). Influence of the water content in dental enamel and dentin on ablation with erbium YAG and erbium YSGG lasers. *Journal of Biomedical Optics*, 11(3), 340301–340307.
- Miller PD Jr. (1985). A classification of marginal tissue recession. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 5(2), 8-13.
- Miller SC. (1950). *Textbook of Periodontia* (3. Bs.) Philadelphia: The Blakeston Company.
- Moritz, A., Gutknecht, N., Schoop, U., Wer-nisch, J., Lampert, F. ve Sperr, W. (1995). Effects of CO₂ laser irradiation on treatment of hypersensitive dental necks: results of an in vitro study. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 13(6), 397-400.

- Moritz, A., Gutknecht, N., Schoop, U., Goharkhay, K., Ebrahim, D., Wernisch, J., ve diğeri. (1996). The advantage of CO₂-treated dental necks, in comparison with a standard method: results of an in vivo study. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 14(1), 27-32.
- Moritz, A., Schoop, U., Goharkhay, K., Aoid, M., Reichenbach, P., Lothaller, M.A. ve diğeri. (1998). Long-term effects of CO₂ laser irradiation on treatment of hypersensitive dental necks: results of an in Vivo study. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 16(4), 211-215.
- Nelson, D.G., Wefel, J.S., Jongebloed, W.L. ve Featherstone, J.D. (1987). Morphology, histology and crystallography of human dental enamel treated with pulsed low-energy infrared laser radiation *Caries Research*, 21(5), 411-426.
- Olivi, G., Angiero, F., Benedicenti, S., Iaria, G., Signore, A. ve Kaitsas, V. (2010). Use of the erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser on human enamel tissues. Influence of the air-water spray on the laser-tissue interaction: scanning electron microscope evaluations. *Lasers in Medical Science*, 25(6), 793-797.
- Onal, B., Pamir, T. ve Wang, J. (2005). Oksalat içeren hassasiyet giderici bir ajanın dentin üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 26(2), 127-30.
- Orchardson, R., Gangarosa, L.P., Sr, Holland, G.R., Pashley, D.H., Trowbridge, H.O., Ashley, F.P. ve diğeri. (1994). Dentine hypersensitivity-into the 21st century. *Archives of Oral Biology*, 39suppl, 113s-119s
- Orchardson, R. ve Gillam, D.G. (2000). The efficacy of potassium salts as agents for treating dentin hypersensitivity. *Journal of Orofacial Pain*, 14(1), 9-19.

- Orchardson, R. ve Gillam, D.G. (2006). Managing dentin hypersensitivity. *The Journal of the American Dental Association*, 137(8), 990-998.
- Orsini, G., Procaccini, M., Manzoli, L., Giuliadori, F., Lorenzini, A. ve Putignano, A. (2010). A double-blind randomized-controlled trial comparing the desensitizing efficacy of a new dentifrice containing carbonate/hydroxyapatite nanocrystals and a sodium fluoride/potassium nitrate dentifrice. *Journal of Clinical Periodontology*, 37(6), 510–517.
- Özçelik, O. ve Haytaç, C. (2010). *Periodontolojide Lazer Uygulamaları*. Çağlayan, G. *Periodontoloji*. (s. 370-379). Ankara: Hacettepe Üniversitesi Yayınları.
- Panagakos, F., Schiff, T. ve Guignon, A. (2009). Dentin hypersensitivity: effective treatment with an in-office desensitizing paste containing 8% arginine and calcium carbonate. *American journal of Dentistry*, 22 Spec No A, 3A-7A.
- Park, C.K., Kim, M.S., Fang, Z., Li, H.Y., Jung, S.J., Choi, S.Y., ve diğerleri. (2006). Functional expression of thermo-transient receptor potential channels in dental primary afferent neurons: implication for tooth pain. *The Journal of Biological Chemistry*, 281(25), 17304–17311.
- Parker, S. (2007). Low-level laser use in dentistry. *British Dental Journal*, 202(3), 131-8.
- Parolia, A., Kundabala, M. ve Mohan, M. (2011). Management of dentinal hypersensitivity: a review. *Journal of the California Dental Association*, 39(3), 167-79.
- Pashley, D., (2002). Hargreaves, K.M. ve Goodis, H.E. (Ed.). *Pulpodentin complex*. *Seltzer and Bender's Dental Pulp*. (s. 63-93). Çin: Quintessence Publishing Co, Inc.

- Pereira, J.C., Martinelli, A.C. ve Santiago, S. (2001). Treating hypersensitive dentin with three different potassium oxalate-based gel formulations: a clinical study. *Journal of Applied Oral Science*, 9(3/4), 123–30.
- Pereira, R. ve Chava, V.K. (2001). Efficacy of a 3% potassium nitrate desensitizing mouthwash in the treatment of dentinal hypersensitivity. *Journal of Periodontology*, 72(12), 1720-1725.
- Pesevska, S., Nakova, M., Ivanovski, K., Angelov, N., Kesic, L., Obradovic, R. ve diğerleri. (2010). Dentinal hypersensitivity following scaling and root planing: comparison of low-level laser and topical fluoride treatment. *Lasers in Medical Science*, 25(5), 647-650.
- Pillon, F.L., Romani, I.G. ve Schmidt, E.R. (2004). Effect of a 3% potassium oxalate topical application on dentinal hypersensitivity after subgingival scaling and root planing. *Journal of Periodontology*, 75(11), 1461-1464.
- Pokora, L. (2001). *Lasers in Dentistry*. Warshav.
- Porto, I.C., Andrade, A.K. ve Montes, M.A. (2009). Diagnosis and treatment of dentinal hypersensitivity. *Journal of Oral Science*, 51(3), 323-332.
- Pradeep, A.R. ve Sharma, A. (2010). Comparison of clinical efficacy of a dentifrice containing calcium sodium phosphosilicate to a dentifrice containing potassium nitrate and to a placebo on dentinal hypersensitivity: a randomized clinical trial. *Journal of Periodontology*, 81(8), 1167-1173.
- Quirynen, M. ve Bollen, C.M. (1995). The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man. A review of the literature. *Journal of Clinical Periodontology*, 22(1), 1-14.
- Rees, J.S. (2000). The prevalence of dentine hypersensitivity in general dental practice in the UK. *Journal of Clinical Periodontology*, 27(11), 860-5.

- Rees, J.S. ve Addy M.A. (2002). Cross-sectional study of dentine hypersensitivity, *Journal of Clinical Periodontology*, 29(11), 997-1003.
- Ritter, A.V., de L Dias, W., Miguez, P., Caplan, D.J. ve Swift E.J. Jr. (2006). Treating cervical dentin hypersensitivity with fluoride varnish: a randomized clinical study. *The Journal of the American Dental Association*, 137(7), 1013-1020.
- Rohanizadeh, R., LeGeros, R.Z., Fan, D., Jean, A. ve Daculsi, G. (1999). Ultrastructural properties of laser-irradiated and heat-treated dentin. *Journal of Dental Research*, 78(12), 1829-1835.
- Ryu, J.J., Yoo, S., Kim, K.Y., Park, J.S., Bang, S., Lee, S.H., ve diğerleri. (2010). Laser modulation of heat and capsaicin receptor TRPV1 leads to thermal antinociception. *Journal of Dental Research*, 89(12), 1455–1460.
- Schiff, T., Delgado, E., Zhang, Y.P., Cummins, D., DeVizio, W. ve Mateo, L.R. (2009). Clinical evaluation of the efficacy of an in-office desensitizing paste containing 8% arginine and calcium carbonate in providing instant and lasting relief of dentin hypersensitivity. *American journal of Dentistry*, 22 Sp Is A, 8A-15A
- Schwarz, F., Arweiler, N., Georg, T. ve Reich, E. (2002). Desensitizing effects of an Er:YAG laser on hypersensitive dentine. *Journal of Clinical Periodontology*, 29(3), 211-215.
- Secilmis, A., Altintas, S., Usumez, A. ve Berk, G. (2008). Evaluation of mineral content of dentin prepared by erbium, chromium:yttrium scandium gallium garnet laser. *Lasers in Medical Science*, 23(4), 421-425.
- Shetty, S., Kohad, R. ve Yeltiwar, R. (2010). Hydroxyapatite as an in Office agent for tooth hypersensitivity: a clinical and scanning electron microscopic study, *Journal of Periodontology*, 81(12), 1781-9.

- Sicilia, A., Cuesta-Frechoso, S., Suárez, A., Angulo, J., Pordomingo, A. ve De Juan, P. (2009). Immediate efficacy of diode laser application in the treatment of dentine hypersensitivity in periodontal maintenance patients: a randomized clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*, 36(8), 650-660.
- Singal, P., Gupta, R. ve Pandit, N. (2005). 2% sodium fluoride-iontophoresis compared to a commercially available desensitizing agent. *Journal of Periodontology*, 76(3), 351-357.
- Smith, A.J., (2002). Hargreaves, K.M. ve Goodis, H.E. (Ed.). *Pulpodentin complex. Seltzer and Bender's Dental Pulp*. (s. 41-62). Çin: Quintessence Publishing Co, Inc.
- Suge, T., Ishikawa, K., Kawasaki, A., Yoshiyama, M., Asaoka, K. ve Ebisu, S. (1995). Effects of fluoride on the calcium phosphate precipitation method for dentinal tubule occlusion. *Journal of Dental Research*, 74(4), 1079-1085.
- Tay, F.R., Gwinnett, A.J., Pang, K.M. ve Wei, S.H. (1994). Structural evidence of a sealed tissue interface with a total-etch wet-bonding technique in vivo. *Journal of Dental Research*, 73(3), 629-636.
- Tengrungsun, T. ve Sangkla, W. (2008). Comparative study in desensitizing efficacy using the GaAlAs laser and dentin bonding agent. *Journal of Dentistry*, 36(6), 392-395.
- Ting, C.C., Fukuda, M., Watanabe, T., Aoki, T., Sanaoka, A. ve Noguchi, T. (2007). Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation on the root surface: morphologic analysis and efficiency of calculus removal. *Journal of Periodontology*, 78(11), 2156-2164.
- van As, G. (2004). Erbium lasers in dentistry. *Dental Clinics of North America*, 48(4), 1017-1059.

- Vieira, A.H.M., Passos, V.F., de Assis, J.S., Mendonca, J.S. ve Santiago, S.L. (2009). Clinical Evaluation of a 3% potassium oxalate gel and a GaAlAs laser for the treatment of dentinal hypersensitivity. *Photomedicine and Laser Surgery*, 27(5), 807–812.
- Walsh, L.J. (1997). The current status of low level laser therapy in dentistry. Part 2. Hard tissue applications. *Australian Dental Journal*, 42(5), 302-306.
- Walsh, L.J., (2003). The current status of laser applications in dentistry. *Australian Dental Journal*, 48(3), 146-155.
- Watanabe, H., Kataoka, K., Iwami, H., Shinoki, T., Okagami, Y. ve Ishikawa, I. (2003). In vitro and in vivo studies on application of erbium: YAG laser for dentine hypersensitivity. *International Congress Series*, 1248(3), 455-457.
- West, N.X., Addy, M., Jackson, R.J. ve Ridge, D.B. (1997). Dentine hypersensitivity and the placebo response. A comparison of the effect of strontium acetate, potassium nitrate and fluoride toothpastes. *Journal of Clinical Periodontology*, 24(4), 209-215.
- West, NX. (2008). Dentine hypersensitivity: preventive and therapeutic approaches to treatment. *Periodontology 2000*, 48(1), 31-41.
- Wichgers, T.G. ve Emert, R. L. (1996). Dentin hypersensitivity. *General Dentistry*, 44(3), 225–230.
- Wolff, MS. (2009). Dentin hypersensitivity, the biofilm and remineralization: what is the connection? *Advances in Dental Research*, 21(1), 21-24.
- Yates, R., Owens, J., Jackson, R., Newcotnbe, R.G. ve Addy, M. (1998). A split-mouth placebo-controlled study to determine the effect of amorphous calcium phosphate in the treatment of dentine hypersensitivity. *Journal of Clinical Periodontology*, 25(8), 687-692.

- Yilmaz, H.G., Cengiz, E., Kurtulmus-Yilmaz, S. ve Leblebicioglu, B. (2011a). Effectiveness of Er,Cr:YSGG laser on dentine hypersensitivity: a controlled clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*, 38(4), 341-346.
- Yilmaz, H.G., Kurtulmus-Yilmaz, S., Cengiz, E., Bayindir, H. ve Aykac, Y. (2011b). Clinical evaluation of Er,Cr:YSGG and GaAlAs laser therapy for treating dentin hypersensitivity: A randomized clinical trial. *Journal of Dentistry*, 39(3), 249-254.
- Yilmaz, H.G., Kurtulmus-Yilmaz, S. ve Cengiz, E. (2011c). Long-term effect of diode laser irradiation compared to sodium fluoride varnish in the treatment of dentine hypersensitivity in periodontal maintenance patients: a randomized controlled clinical study. *Photomedicine and Laser Surgery*, 29(11), 721-725.
- Yilmaz, H.G., Bayindir, H., Cengiz, E. ve Berberoglu, A. (2011d). Dentin Hassasiyeti ve Tedavi Yöntemleri. *Cumhuriyet Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 15(1), 71-82.
- Yonaga, K., Kimura, Y. ve Matsumoto, K. (1999). Treatment of cervical dentin hypersensitivity by various methods using pulsed Nd:YAG laser. *Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery*, 17(5), 205-210.
- Zhang, C., Matsumoto, K., Kimura, Y., Harashima, T., Takeda, F.H. ve Zhou, H. (1998). Effects of CO2 laser in treatment of cervical dentinal hypersensitivity. *Journal of Endodontics*, 24(9), 595-597.

YAYINLAR

1.Uluslararası hakemli dergilerdeki (SCI ve SCI-expanded) yayınlar

Yilmaz, H.G. ve Bayindir, H. (2011). Clinical Evaluation of Chlorhexidine and Essential Oils for Adjunctive Effects in Ultrasonic Instrumentation of Furcation Involvements: A Randomized Controlled Clinical Trial. *International Journal of Dental Hygiene*, (Article in press).

Yilmaz, H.G., Kurtulmus-Yilmaz, S., Cengiz, E., Bayindir, H. ve Aykac, Y. (2011). Clinical evaluation of Er,Cr:YSGG and GaAlAs laser therapy for treating dentin hypersensitivity: A randomized clinical trial. *Journal of Dentistry*, 39(3), 249-254.

Orhan, K., Bayindir, H., Aksoy, S., Seker, B.K., Berberoğlu, A. ve Ozan O. (2011). Numb chin syndrome as a manifestation of possible breast cancer metastasis around dental implants. *Journal of Craniofacial Surgery*, 22(3), 942-945.

Yilmaz, H.G., Kusakci-Seker, B., Bayindir, H. ve Tözüm TF. (2010). Low-level laser therapy in the treatment of mucous membrane pemphigoid: a promising procedure. *Journal of Periodontology*, 81(8), 1226-1230.

2.Uluslararası hakemli dergilerdeki yayınlar

Yilmaz, H.G., Bayindir, H., Kusakci-Seker, B., Tasar, S. ve Kurtulmus-Yilmaz, S. (2010). Treatment of amalgam tattoo with an Er,Cr:YSGG laser. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 1, 50-54.

3.Ulusal hakemli dergilerdeki makaleler

Yılmaz, H.G. ve Bayındır, H. (2011). Palatinal bölgedeki yumuşak doku kalınlığının ve nöro-vasküler demetin konumunun konik ışınlı bilgisayarlı tomografi ile saptanması. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, Baskıda.

Yılmaz, H.G., Bayındır, H., Cengiz, E. ve Berberoğlu, A. (2011). Dentin Hassasiyeti ve Tedavi Yöntemleri. *Cumhuriyet Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 15(1), 71-82.

Yılmaz, H.G. ve Bayındır, H. (2011). Lateral periodontal kist görünümlü radiküler kistin ve eksternal kök rezorpsiyonunun tedavisi. *Cumhuriyet Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 15(1), 48-54.

Yılmaz, H.G., Bayındır, H., Tümer, H. ve Uyanık, L.O. (2011). Klippel-Trenaunay Sendromu ile ilişkili oral piyojenik granuloma. *Türkiye Klinikleri*, Baskıda.

4.Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında basılan bildiriler

Yılmaz, H.G., Bayındır, H. (2011). Palatinal bölgedeki yumuşak doku kalınlığının ve nöro-vasküler demetin konumunun konik ışınlı bilgisayarlı tomografi ile saptanması. [Poster]. Türk Periodontoloji Derneği 41. Bilimsel Kongresi, İstanbul.

Yılmaz, H.G., Bayındır, H., Kuşakçı-Şeker, B. ve Uyanık, L.O. (2010). Klippel-Trenaunay Sendromu ile Birlikte Oral Piyojenik Granüloma. [Poster]. Türk Periodontoloji Derneği 40. Bilimsel Sempozyumu, İzmir.

Yılmaz, H.G., Bayındır, H., Kuşakçı-Şeker, B. (2010). Eksternal Kök Rezorpsiyonuyla Birlikte Seyreden Radiküler Kistin Mineral Trioksit Agregat ve Dondurulmuş-Kurutulmuş Kemik Allogrefti ile Kombine Tedavisi. [Poster]. Türk Periodontoloji Derneği 40. Bilimsel Sempozyumu, İzmir.

Yılmaz, H.G., Bayındır, H., Kuşakçı-Şeker, B. (2009). Er,Cr:YSGG Lazerle Amalgam Tatuajın Depigmentasyonu. [Poster]. Türk Periodontoloji Derneği 39. Bilimsel Sempozyumu, Ankara.

Yılmaz, H.G., Bayındır, H., Kuşakçı-Şeker, B. (2009). Mukoz Membran Pemfigoid Tedavisinde Düşük Doz Lazer Terapisi: Yeni Bir Yaklaşım. [Poster]. Türk Periodontoloji Derneği 39. Bilimsel Sempozyumu, Ankara.

Bayındır, H., Aksoy, S., Orhan, K., Kuşakçı-Şeker, B. ve Berberoğlu, A. (2009) Dental İmplant Çevresine Metastaz Yapmış Göğüs Kanseri Olgusu. [Poster]. Türk Periodontoloji Derneği 39. Bilimsel Sempozyumu, Ankara.