



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

BİTİRME TEZİ

**ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİNDE
DİŞ TEDAVİSİNDE LAZER KULLANIMI**

PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**MELİKE SERBEST
0801150052**

**Danışman
Prof. Dr. Oya AKTÖREN**

Mayıs-2020

İSTANBUL

ÖNSÖZ

Günümüzde lazerin diş hekimliğinde kullanımının teknolojik gelişmeler ile birlikte arttığı ve ağız içi yumuşak doku uygulamalarının yanısıra farklı diş tedavisi prosedürleri için de uygulandığı görülmektedir. Bu tez çalışması, lazerlerin çocuk diş hekimliğinde diş tedavisinde kullanım alanlarına ilişkin çalışmaların incelenmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir.

Çocuk diş hekimliğinde diş tedavisinde lazerlerin diş çürüğü, pulpa vitalitesi ve pulpitis tanısında, çürük dokusunun temizlenmesi ve kavite hazırlığında, pürüzlendirilmede, koruyucu diş hekimliğinde, kuafaj, pulpotomi, kanalların şekillendirilmesi ve kontaminasyonu gibi prosedürlerde uygulanabildiği; çürük tanısında lazer floresans sistemi, pulpa vitalitesi tespitinde Lazer Doppler Flowmetry, çürük temizlenmesi, kuafaj, pulpotomi ve kanal tedavisi prosedürlerinde Er:YAG, Er:YSGG, Er,Cr:YSGG, lazerlerin tercih edilebildiği bildirilmektedir. Çocuklarda lazer çürüklerin kaldırılması ve kavite hazırlığında uygulandığında; geleneksel yöntemlerle yaşanan döner alet titreşimi, ses ve kaygısının olmaması, sağlam mine ve dentin dokusunun korunabilmesi, ağrısız çalışabilmesi, smear tabakası oluşmaması gibi avantajlar oluşturduğu; ayrıca kuafaj ve pulpotomi tedavilerinde kullanıldığında hemostaz meydana getirdiği, odontoblast differensiyonunu indüklediği, kanal tedavisinde enfeksiyonun giderilmesinde başarı sağladığı belirtilmektedir.

Lazer ile diş tedavisinin çocuklarda kooperasyonunu olumlu etkilemesi nedeniyle çocuk dişhekimliğinde kullanımının gelecekte artacağı düşünülmektedir. Lazerlerin çocuk diş hekimliği kliniklerinde rutin dental uygulamalarda güvenle ve başarıyla kullanılabilmesi için lazer cihazı maliyetinin azaltılmasına, lazer teknolojisinin ve tedavi protokollerinin gelecek deneysel çalışmalarla geliştirilmesine gereksinim olduğu görülmektedir.

Tez yazım sürecimde bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren danışman hocam *Sayın Prof. Dr. Oya Aktören'e*, ilgi ve yardımlarını esirgemeyen *Dt. Dilara Dinç'e*, her zaman yanımda olan *Aileme*, üniversite yıllarımı değerli kılan arkadaşlarım *Büşra Sarıyıldız, Sena Kurt ve Gül Uslusoy'a*, desteğini hep hissettiğim *Yakup Doğru'ya* çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Lazer.....	2
2.1.1. Lazer Fiziği.....	2
2.1.2. Lazer Parametreleri.....	3
2.1.2.1. Dalga Boyu.....	3
2.1.2.2. Lazerlerin Çalışma Prensibi.....	4
2.1.3. Lazer-Doku Etkileşimi.....	4
2.1.4. Lazer Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	6
2.1.5. Diş Hekimliğinde Sık Kullanılan Lazerler ve Kullanım Alanları.....	7
2.1.5.1. Er:YAG Lazer.....	9
2.1.5.2. Er,Cr:YSGG Lazer.....	9
2.1.5.3. Nd:YAG Lazer.....	9
2.1.5.4. CO ₂ Lazer.....	10
2.1.5.5. Diyot Lazer.....	10
2.1.5.6. Argon Lazer.....	11
2.2. Çocuk Diş Hekimliğinde Diş Tedavisinde Lazer Kullanımı.....	11
2.2.1. Diş Çürüğü Tanısında Lazer Kullanımı.....	11
2.2.1.1. Lazer Floresans Yöntemi.....	11
2.2.2. Diş Çürüğünün Önlenmesinde Lazer Kullanımı.....	14
2.2.2.1. Fluorid Uygulamaları.....	14
2.2.2.2. Fissür Örtücü Uygulamaları.....	16
2.2.3. Restoratif Diş Tedavisinde Lazer Kullanımı.....	21
2.2.3.1. Pürüzlendirme.....	21
2.2.3.2. Çürük Temizlenmesinde Lazer Kullanımı.....	23
2.2.4. Endodontik Diş Tedavisinde Lazer Kullanımı.....	29
2.2.4.1. Pulpa Canlılığının Belirlenmesi.....	29
2.2.4.2. Pulpitislerin Ayırıcı Tanısı.....	31
2.2.4.3. Pulpa Kuafajı.....	31
2.2.4.4. Vital Amputasyon.....	34
2.2.4.5. Kanal Tedavisi.....	37
2.2.4.5.1. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi.....	37
2.2.4.5.2. Kök Kanallarının Dezenfeksiyonu.....	39
3. SONUÇ.....	41
4. KAYNAKÇA.....	42
5. ÖZGEÇMİŞ.....	50

1. GİRİŞ

Teknolojinin hızla ilerlemesiyle beraber diş hekimliğinde kullanılan donanımlar gün geçtikçe gelişmektedir. Diş hekimliğinde lazer, klinikde kullanımı giderek artan teknolojik donanımlardan biri olarak tanımlanmaktadır. Lazer teknolojisinin hızla gelişmesi ve biyolojik dokular ile etkileşiminin incelendiği araştırmaların artması ile lazerin dokularda oluşturduğu doku yanıtları günümüzde daha iyi anlaşılmakta; farklı dalga boyundaki lazerler diş hekimliği klinik uygulamalarında farklı amaçlar için kullanılabilir [1, 2].

LASER sözcüğü İngilizce “**L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation” teriminin kısaltmasından oluşmuştur ve uyarılmış ışının yayılmasıyla ışığın güçlendirilmesi anlamına gelmektedir [3]. Lazer ile ilgili ilk teorik bilimsel çalışmaların 1900’lü yıllarda Einstein tarafından yapıldığı; 1960 yılında ilk lazer cihazının Theodore Harold Maiman tarafından sentetik bir yakut çubuk kullanılarak geliştirildiği bildirilmektedir [4, 5, 6]. Lazerin teknolojik ilerlemelere paralel olarak endüstri, sanayi, askeri teknolojiler, sağlık gibi pek çok sektörde geniş bir kullanım alanı bulduğu; son 25 yılda, lazerin tıp ve diş hekimliğinde kullanımının arttığı, tanı, tedavi ve koruyucu hekimlik gibi alanlarda başarı ile uygulandığı ve kabul edilebilir bir düzeye geldiği bildirilmektedir [7].

Günümüzde, lazerin diş hekimliğinde yumuşak ve sert doku uygulamalarında geleneksel yöntemlere alternatif olabileceğini gösteren araştırmaların artması ve lazer cihazlarının geliştirilmesi ile farklı dalga boylarındaki lazerlerin klinik uygulamalarda uygulandığı görülmektedir [1,8].

Bu çalışma, lazerlerin çocuk diş hekimliğinde diş tedavisinde kullanım alanlarına ilişkin çalışmaların incelenmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Lazer

2.1.1. Lazer Fiziği

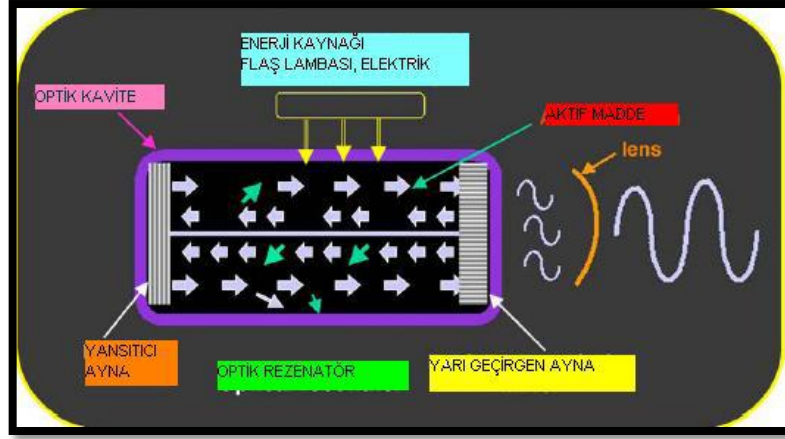
Lazer sistemlerinde, dışarıdan enerji vererek, kaynak olarak kullanılan ve lazere adını veren sıvı, gaz ya da kristal fazda bulunan aktif maddelerin yapısını oluşturan atomların en son yörüngelerindeki elektronlarının, bir üst yörüngeye çıkmaları sağlanmaktadır. Enerji kesildiği zaman elektronlar tekrar kararlı konuma geçmekte ve kazanmış oldukları enerjiyi foton şeklinde yaymaktadırlar. Yayılan bu enerji lazer kaynağının iki tarafında bulunan yansıtıcı özelliğe sahip aynalar ile paralel hale getirilerek sistem dışına ışık enerjisi halinde gönderilmektedir. Işık, amplifikasyon, uyarılmış emisyon ve radyasyon tanımlarının bilinmesi lazer fiziğinin anlaşılmasında önem taşımaktadır [9].

Işık: Işık bir partikül ve bir dalga olarak davranan elektromagnetik enerjinin bir formudur ve temelini foton oluşturmaktadır. Lazer ışığı ve normal ışık birbirinden farklı özelliklere sahiptir. Günlük hayatta kullandığımız ışık görünür spektrumdaki birçok rengin birleşmesi ile oluşurken (mavi, kırmızı, sarı, yeşil, turuncu, mor), lazer ışığı monokromatik yani tek renklidir. Dental uygulamalarda kullanılan lazer ışını, lazer tipine bağlı olarak görülebilir veya görülemez formda olabilmektedir. Lazer ışığı beklenen işlevleri yerine getirebilmek için şu üç özelliğe sahiptir [9]:

- 1) Eş fazlı (Coherent): Lazer ışığında fotonlar eş hareket etmektedir. Pik seviyeye çıkış ve inişleri (amplitüd) aynı anda olmaktadır. Bu eş değerli hareketler sonucu hedef üzerindeki etkiler daha güçlü olmaktadır [10].
- 2) Paralel (Collimated): Bu özelliği ile lazer ışığı saçılmadan yol alabilmekte, oldukça küçük noktalara odaklanabilmekte ve gerekirse odak çapı ayarlanabilmektedir [10].
- 3) Tek Renkli (Monochromatic): Lazer ışığı tek bir dalga boyundaki ışık dalgalarından oluşmaktadır. Aynı aktif maddeye ait elektronlar aynı enerji düzeyinde uyarılar alarak üst seviyeye atlamakta ve bunun sonucunda aynı enerji düzeyine sahip yeni eş fotonlar oluşmaktadır; bu şekilde, homojen ve etkileri bilinen sabit kalitede ışık demetleri elde edilebilmektedir [10].

Amplifikasyon: Lazer cihazının içinde gerçekleşen olayların bir parçasıdır. Lazerin bileşenlerini bilmek ışığın nasıl üretildiğini anlayabilmek için gerekmektedir. Lazer cihazları temelde benzerlik göstermektedirler. Cihazın merkezinde optik kavite adı verilen ve içinde aktif madde olarak adlandırılan kimyasal elementler, moleküller veya bileşikler bulunan bir oda bulunmaktadır. Lazere adını veren bu aktif maddeler; gaz, sıvı veya katı halde olabilir. Aktif maddesi gaz olan ve diş hekimliğinde kullanılan iki lazer, Argon ve CO₂, bulunmaktadır [9].

Uyarılmış emisyon: Uyarılmış emisyon teriminin temeli 1900'li yıllarda ortaya atılan kuantum fiziğine dayanmaktadır. Maddenin en küçük birimi atomdur. Her atomun proton adlı pozitif yüklü partiküllerden oluşan ağır bir çekirdeği ve çekirdekten uzak, yörüngede hareket halinde olan negatif yüklü elektronları vardır. Her proton çekirdekten belli uzaklıkta bulunan bir elektronla dengelenmiştir. Atomun en küçük enerjiye sahip olduğu durum elektronların çekirdeğe en yakın oldukları durumdur ve bu Bazal Durum (Ground State) olarak adlandırılmaktadır [9] [Şekil 1].



Şekil 1: Lazer cihazının ana bileşenleri [9]

Einstein'in kuramına göre uyarılmış konumdaki bir atom, daha önce soğurduğu düzeyde enerjiye sahip bir fotonla karşılaşır, bazal duruma dönüşü hızlanmaktadır. Bu şekilde, aynı yönde ve fazda hareket eden eşit frekans ve enerjili iki eş foton oluşmuş olup, uyarılmış durumdaki atomlardan yayılan fotonlar tüp boyunca gezinmekte ve tüpün her iki ucuna yerleştirilmiş aynalar arasında yansiyarak kavite içinde kalmaktadırlar. Fotonlar böylece diğer uyarılmış atomlarla karşılaşarak uyarılmış ışımaya neden olmaktadır [9].

Radyasyon: Radyasyon; lazer tarafından üretilen ışık dalgalarının, spesifik bir elektromanyetik enerji formu olduğu anlamına gelmektedir. Elektromanyetik spektrum dalga boyları yaklaşık 10 nm olan gamma ışınları ile, dalga boyları binlerce metre olabilen radyo dalgaları arasında değişen dalgaların tümünü içermektedir [10].

2.1.2. Lazer Parametreleri

Lazer sistemleri için uygulama sonuçlarını etkileyebilecek bazı önemli parametreler bulunmaktadır. Bunlar; dalga boyu, doz, güç yoğunluğu, enerji yoğunluğu, lazerin çalışma prensibi, atım süresi, atım frekansı, uygulama süresi, spot alanı ve lazer demet profilidir. Bu faktörlerden herhangi birinde yapılan değişiklik, lazer uygulaması sonrası sonuçların da değişmesine neden olmaktadır. Bu parametrelerden en önemlileri dalga boyu ve lazerlerin çalışma prensibidir [11].

2.1.2.1. Dalga Boyu (nm)

Lazer ışın demetinde birbirini izleyen dalgaların doruk noktaları arasındaki fiziksel uzaklık dalga boyu olarak isimlendirilmektedir. Belirli bir lazer uygulaması için en uygun olan lazerin seçiminde en önemli faktör, gerçekleştirilmek istenen uygulamaya göre, hedef dokudan en fazla geçebilen veya hedef doku tarafından en fazla soğurulan dalga boyunun tespitidir. Doku içerisinde lazer enerjisinin azalması, artık biyolojik etki göstermediği nokta "soğurulma derinliği", farklı dalga boylarının doku tarafından soğurulma miktarı ise "soğurma katsayısı" olarak tanımlanmaktadır. Doku ışığı ne kadar az soğurursa, ışığın doku içerisindeki penetrasyonu, derindeki dokuları etkileme ihtimali de o kadar fazla olmaktadır. Tek bir lazer cihazının

gereksinim duyulan tüm fonksiyonları yerine getirmesi mümkün değildir. Lazer ışığı dalga boyuna ve uygulanacak cismin rengine göre soğurulur, yansıtılır, geçirilir veya dağıtılır. Lazer tiplerinin kendilerine has özellikleri ve üzerlerinde özellikle etkili oldukları hedef dokular, farklı işlemler için farklı lazer tiplerini gerektirmektedir. Bir lazer tipinin değişik parametrelerle uygulanabilmesi lazerin birçok amaçla kullanılabilmesini sağlayabilmekte; ayrıca birden fazla dalga boyu üretebilen cihazlar ile de (Er:YAG ve Nd:YAG gibi) çeşitli klinik uygulamaların yapılabilmesi mümkün olmaktadır [11].

2.1.2.2. Lazerlerin Çalışma Prensipleri

Bazı lazer sistemleri kesintisiz, sürekli lazer irradyasyonu (continuous laser irradiation) sağlarken bazı cihazlarda kullanılan metal perdeciklerle, ışığın nabızsal (atımlı) akımı sağlanmaktadır. Lazer ışığında meydana gelen bu kesinti, gözle fark edilemeyecek kadar kısa zaman aralığında gerçekleşmektedir. Işıktaki kesintiler meydana getirmek, ışığı dönen bir pervanenin kanatlarının arkasından göndermeye benzer bir etkiye sahiptir. Bu tip ışık, kesikli lazer ışığı (chopped laser beam) olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemlerde ışığı bir saniyede yüzlerce kez durdurup yeniden göndermek mümkün olmaktadır. 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 akımı duraksatılmış akım anlamına gelen atımlı lazer irradyasyon (pulsed laser irradiation) olarak tanımlanır. Lazer ışığının kesintili olarak kullanımının amacı; yüksek güçte, kısa süreli atımlar uygulayarak, çevre dokularda termal hasar oluşumuna neden olabilecek sürenin minimumda tutulması olarak belirtilmektedir. Bazı sistemlerde ise, elektronik olarak sağlanan kontrol ile “süper kısa” ve “ultra kısa” lazer atımları elde edilebilmektedir. Atım süresi kısaltıldıkça, atımın ulaştığı maksimum gücü yükseldiğinden, bu sistemlerde çok yüksek güce sahip çok kısa süreli atımlar elde edilmekte ve çevre dokularda herhangi bir termal etki yaratmadan etkili şekilde kesim yapılabilmektedir [12].

2.1.3. Lazer-Doku Etkileşimi

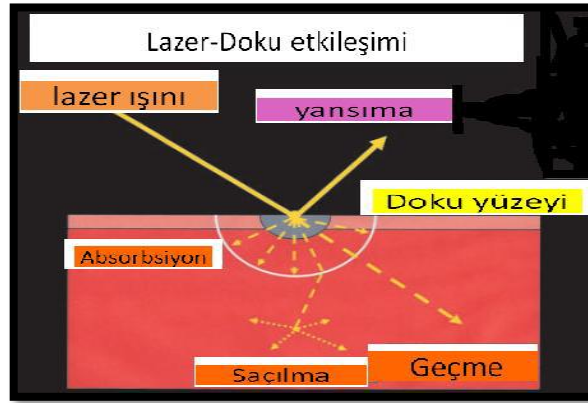
Lazer enerjisinin oluşturduğu ışık hedeflenen dokuda 4 farklı etkileşime sebep olmaktadır. Bu reaksiyonlar, dokunun optik özelliklerine ve lazerin dalga boyuna bağlı olarak gelişmektedir [3]:

Yansıma (Reflection): Işığın hedeflenen doku yüzeyinde hiçbir etkisi olmadan yayılması olarak tanımlanmaktadır [10]. Yansıma, istenilen miktarda enerjinin dokuya iletilmesini engellemektedir. Mine dokusundan yansıma, dentin ve diş etine göre daha fazla olmaktadır. Yansıyan ışık klinikte çürük tanısı için kullanılmaktadır [9].

Absorbsiyon (Soğurulma): Hedeflenen bölgelerin lazer enerjisini absorbe etme özelliğidir ve doku içindeki ısısal etkilerin sorumlusudur [13]. Absorbsiyon, ışık enerjisinin ısı enerjisine dönüşümü olarak tanımlanmaktadır. Enerji, dokuda bir miktar dağıldıktan sonra soğurulma meydana gelmektedir [9]. Bu etkileşim genellikle istenen bir durum olmakla beraber; dokunun absorpsiyon kapasitesine, dokunun pigmentasyonuna, içerdiği su miktarı gibi doku karakterine, lazerin emisyon modu ve dalga boyuna bağlıdır [10].

Geçme (Transmisyon): Lazer enerjisinin dokudan herhangi bir etki oluşturmadan geçmesidir [10]. ‘Transmisyon’ etkisi, dalga boyuyla ilgili olarak lazer ışığının dokudan geçerek ulaştığı maksimum penetrasyon derinliği olarak da tanımlanmaktadır. Lazer ışığının dalga boyunun doku tarafından daha az soğurulması, doku içerisinde daha derinlere gidebilmesine olanak tanımaktadır. Örneğin Argon, Diyot ve Nd:YAG lazer gibi kısa dalga boyuna sahip lazerler su molekülleri tarafından soğurulmadıkları için doğrudan geçerek daha derinlere penetre olmaktadır. Erbiyum ve CO₂ lazerler ise dokunun sıvı içeriği tarafından kolaylıkla soğurulmakta ve enerji komşu dokulara çok az geçmektedir [12].

Saçılma (Scattering): Saçılma, enerjiiyi daha büyük bir doku hacmine yaymakta ve termal etkileri dağıtmaktadır [14]. Bu etkileşim lazer enerjisini zayıflatarak yararlı biyolojik etki üretmesini engellemektedir [10]. Soğurulma ne kadar az olursa, saçılma o kadar fazla olmaktadır [12] [Şekil 2].



Şekil 2: Lazer ışığının dokuda ilerleme yolları [9]

Lazer ışığının hedeflenen dokuda oluşturduğu ısı, dikkat edilmesi gereken etkilerinden biridir. Lazerin ısı etkisi temelde dokuların su içeriği üzerinde olmakta ve dokuda ısıyı arttırmaktadır. Doku ısısı yaklaşık 60°C kadar yükseldiğinde dokularda buharlaşma olmadan proteinler bozulmakta; bu durum ise granülasyon dokularının cerrahi olarak uzaklaştırılmasında sağlıklı dokuların korunması açısından faydalı olmaktadır. Su içeren hedef doku ısısı 100°C’e yükseltildiği zaman doku içerisindeki su buharlaşmakta ve “ablasyon” adı verilen olay gerçekleşmektedir. Yüksek oranda su içerdikleri için yumuşak dokuların eksizyonu bu ısıda meydana gelmektedir. Isı 200°C düzeyine yükseldiği zaman dokular dehidrate olup daha sonra yanmakta ve bu işlem karbonizasyon olarak tanımlanmaktadır. Son ürün olarak ortaya çıkan karbon tüm dalga boylarındaki ışığı oldukça iyi absorbe ederek daha fazla ısı artışına sebep olmakta; bu şekilde meydana gelen ısı artışı komşu dokularda termal hasara neden olmaktadır [10].

2.1.4. Lazer Sistemlerinin Sınıflandırılması

Lazerler; lazer aktif maddesine, lazer ışığının hareketine, dalga boyuna, lazer ışığının enerjisine ve lazer ışığının uygulanış şekline göre sınıflandırılabilir [12].

Lazer Aktif Maddesine Göre

a) Katı Lazerler:

- Er:YAG (2940 nm)
- Er,Cr:YSGG (2780 nm)
- Ho:YAG (2100 nm)
- Nd:YAG (1064 nm)
- Alexandrite (720–780 nm)
- Ruby (694.3 nm)

b) Gaz Lazerler:

- CO₂ (10600 nm)
- He-Ne (632,8 nm)
- Ar / Krypton (457-528 nm)
- Excimer

c) Sıvı Lazerler:

- Boya (çeşitli) (VIS)

d) Yarı İletken Lazerler:

- Diyot Lazerler (infrared-IR)

Lazer Işığının Hareketine Göre:

- Sürekli ışık verenler (Continuous)
- Atımlı ışık verenler (Pulsed)
- Kesikli ışık verenler (Chopped)

Lazer Işığının Dalga Boyuna Göre

- Mor ötesi (ultraviolet-UV) spektrum (140-400 nm).
- Görünür (visual-VIS) spektrum (400-700 nm).
- Kırmızı ötesi (infrared-IR) spektrum (700 nm ve üstü).

Lazer Işığının Enerjisine Göre

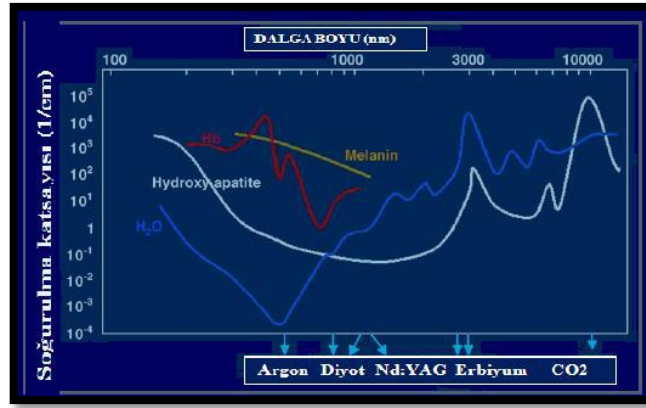
- Soft lazer (He-Ne, GaAs, GaAlAs)
- Hard lazer (CO₂, Nd:YAG, Argon, Excimer, Ho:YAG, Er,Cr:YSGG, Er:YAG)

Lazer Işığının Uygulanış Şekline Göre

- Kontaktlı
- Kontaktsız [12]

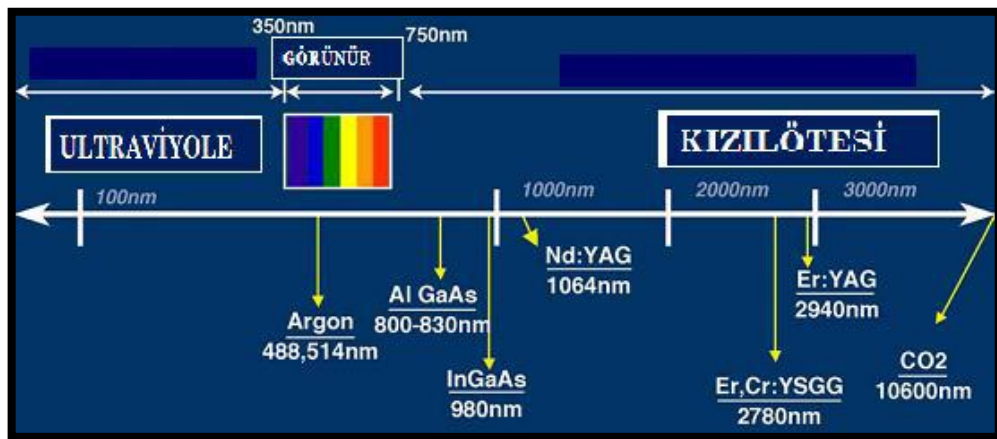
2.1.5. Diş Hekimliğinde Sık Kullanılan Lazerler ve Kullanım Alanları

Diş hekimliğinde farklı amaçlar için değişik lazerlerin kullanıldığı görülmektedir. Her işlem için ayrı lazer kullanılması, farklı dalga boylarının mukozadaki hemoglobin, diş etindeki su ve diş minesindeki hidroksiapatit gibi dokulardaki farklı kromoforlara birbirinden farklı olan etkilerinden kaynaklanmaktadır [15] [Şekil 3].



Şekil 3: Biyolojik doku bileşenlerinin çeşitli dalga boylarını soğurma katsayıları [9]

Diş sert dokularında 1990'lı yılların sonlarında 3 tür lazerin kullanımı uygun olarak kabul edilmiştir; bu lazerler Er:YAG (λ : 2960 nm), Er,Cr:YSGG (λ : 2780 nm), Er:YSGG (λ :2790 nm)'dir (92). Bu lazerlerin yanı sıra diş hekimliğinde; endodontik ve periodontal tedavilerde Nd:YAG lazer (λ : 1030 nm), oral cerrahide CO₂ lazer (λ : 9600 nm), beyazlatma işlemleri ve yumuşak doku cerrahisinde KTP (λ : 532 nm), argon lazer (454-529 nm), tanı ve dezenfeksiyonda diyot lazer ve biyostimülasyonda etkili düşük düzeyde lazer (DDL) gibi farklı lazerler de kullanım alanı bulunan lazerler olarak tanımlanmaktadır [15] [Şekil 4] [Tablo1].



Şekil 4: Diş hekimliğinde kullanılan farklı dalga boylarındaki lazerler [9]

Tablo 1. Diş hekimliğinde kullanılan lazer tipleri [1]

Lazer Tipi	Dalga boyu(nm)	Uygulama Alanları
Er:YAG	2940	-Mine ve dentinde kavite preparasyonu -Çürük temizlenmesi -Kök kanalı preparasyonu
Er,Cr:YSGG	2780	-Mine pürüzlendirme -Çürük temizlenmesi -Kavite preparasyonu -Kalsiyum ve fosfor oranlarını değiştirmeden, aşırı ısı olmadan kemik ablasyonu -Kök kanalı preparasyonu
Nd:YAG	1064	-Çürük temizlenmesi -Kök kanal tedavisi; kök kanalından patolojik mikroorganizmaların ve debrisin uzaklaştırılması
CO ₂	10600	-Yumuşak doku ablasyonu -Estetik amaçlarla gingival düzenleme -Oral ülseratif lezyonların tedavisi -Frenektomi ve gingivektomi
Diyot	810-980	-Yara bölgesinde fibroblast proliferasyonunun ve iyileşmenin artırılması -Frenektomi ve gingivektomi -Estetik amaçlarla gingival kontürün düzeltilmesi
Argon	572	-Restoratif rezin materyallerin polimerizasyonu -Beyazlatma -Gingival kontürlenme ve nekrotik dokuların uzaklaştırılması -Rekürrent aftöz ülserler veya herpetik lezyonlar gibi oral lezyonların tedavisi -Frenektomi ve gingivektomi
HO:YAG	2100	-Gingival kontürlenme -Oral lezyonların tedavisi -Frenektomi ve gingivektomi

2.1.5.1. Er:YAG Lazer

Dalga boyları 2940 nm olan Er:YAG lazerler erbiyum ile kaplanmış yitrium-aluminyum-garnet aktif maddeye sahiptirler. Bu lazerler su absorpsiyonu en yüksek olan lazerlerdir. Hidroksiapatit ve organik yapıdaki OH⁻ iyonları tarafından yüksek derecede emilebildiğinden, su içeren diş sert dokularında hızlı ve etkin kesim yapılabilen; penetrasyon derinliğinin oldukça sınırlı olması nedeniyle pulpada olumsuz bir etki oluşturmamaktadır [9].

Günümüzde Er:YAG lazerler; restoratif diş hekimliğinde mine ve dentin dokularının pürüzlendirilmesinde, kavite preparasyonunda, çürük dokuların seçici olarak temizlenmesinde, kavite sterilizasyonunda, çürüğe dayanıklılığın artırılmasında, eski restorasyonların çıkarılmasında, dentin hassasiyetinin giderilmesinde, pulpa tedavilerinde, diş eti konturlarının düzeltilmesinde ve kuru boyunun uzatılması pulpada ısı artışına neden olmadığından dolayı güvenle kullanılmaktadır [12].

2.1.5.2. Er,Cr:YSGG Lazer

Erbiyum,Chromium:YSGG (2780 nm) lazer aktif ortamında erbiyum ve krom ile kaplanmış yitrium, scandium, galyum, garnet kristalleri içeren bir katı hal lazeridir. Er,Cr:YSGG lazer cihazlarında enerji, fiber optik sistemle taşınmakta ve cihazın en ucunda bulunan aeratör formundaki başlık aracılığı ile dokuya iletilmektedir. Başlığın özel bir safir ucu vardır ve hava-su spreyi cihaza bitişiktir. Işın demeti safir uçtan yayılırken aynı anda hava-su akışı olmaktadır [12].

Er, Cr:YSGG lazerde, lazer hidrokinetiği olarak nitelendirilen ve enerjisi artırılan su partiküllerinin dokuyu uzaklaştırdığı bir sistem kullanılmaktadır. Lazer enerjisi mine ve dentindeki hidroksil gruplarını hedef almakta ve apatit kristalindeki hidroksil grubu ile etkileşerek dişin kristal yapılarına bağlı olan su tanecikleri tarafından absorbe edilmektedir. Mineral yapının içerisindeki suyun buharlaşması ile hacim artışı meydana gelmekte ve mikropatlama oluşmakta; bu şekilde, hedef yüzeyden mekanik ve travmatik şekilde doku uzaklaştırılabilmektedir [5].

Çürük dokunun yüksek su içeriği nedeni ile lazer ışığı bu dokular tarafından yüksek oranda soğurulmakta ve sağlam diş dokuları korunabilmektedir. Ayrıca pulpa için güvenli bir lazer sistemidir, çürük temizlenmesi sırasında lokal anestezi ihtiyacını azaltmaktadır. Mine pürüzlendirilmesinde, çürük uzaklaştırılmasında, kavite preparasyonunda, kök kanal hazırlığında ve kemik kesiminde kullanılabilir. Er,Cr:YSGG lazerler mine ve dentinde çatlak olmaksızın pürüzlü bir alan oluşturmakta; smear tabakası olmayan yüzey ideal bir bağlanma alanı sağlamaktadır. [12].

2.1.5.3. Nd:YAG lazer

Diş hekimliğinde kullanılmaya en yatkın olan, gerçek anlamda diş hekimliği için hazırlanmış ilk lazerdir ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Nd:YAG lazer neodmiyum katkılı yitrium, aluminyum, garnet kristallerinden oluşan bir katı hal lazeridir. Dalga boyu 1064 nm'dir. Bu lazerin en önemli özellikleri; ışık iletiminin fiber optik kablo aracılığıyla yapılabilmesi, pulse,

super pulse ve kontakt tiplerinin olması, pigmentli dokular tarafından yüksek derecede absorbe edilebilmesidir. Diğer dokularca çok az absorbe edilmektedir. Fiber optik uç dokulara temas ettiği için lazer enerjisinde yansıma minimal düzeyde olmaktadır [16].

Nd:YAG lazerler diş hekimliğinde diş çürüklerinin önlenmesinde, renklenmiş yüzey çürüklerinin sağlıklı mineye dokunulmadan kaldırılmasında, minenin pürüzlendirilmesinde, dentin tübüllerini tıkayarak dentin hassasiyetinin giderilmesinde, endodontide kök-kanal sterilizasyonunda, periodontolojide granülasyon dokusunun uzaklaştırılmasında ve diş eti cep derinliğinin azaltılmasında kullanılmaktadırlar [11]. Ayrıca yumuşak doku operasyonları sırasında çok iyi bir hemostaz sağlayarak temiz bir operasyon sahası oluşturmaktadırlar [9].

2.1.5.4. CO₂ lazer

Aktif ortamında CO₂, Nitrojen (N₂) ve Helyum (He) gaz karışımı bulunan CO₂ lazerin dalga boyu 10600 nm'dir. CO₂ lazerin ışını uzak kızılötesidir. Dokuyla temas etmeden çalışma gerektirmektedir. Bu nedenle kullanıcının dokunma hissini ortadan kaldırmaktadır. Temassız çalışma zorunluluğu dezavantaj olarak kabul edilmekte ancak dil ve ağız tabanı gibi hareketli ağız dokularının tedavisinde ise bu durum kolaylık sağlamaktadır [5].

CO₂ lazerin ağız içi kullanımı ince fiber optik kablolardan geçememesi, dokuyla temas etmeden çalışılması ve sert, parlak yüzeylerden yansıyıp hedeflenmeyen dokularda zararlara neden olmasından dolayı sınırlı kalmaktadır. Bu lazerlerin en önemli özelliği su molekülleri tarafından absorbe edilen en iyi ikinci dalga boyuna sahip olmalarıdır. Dokunun pigmente ya da farklı renkte olması soğurulmalarını etkilememektedir. Yumuşak dokuya 0,2-0,3 mm penetre olabilmektedir. Bu nedenle, oral mukozadan yansıma, dağılma ve derin dokulara kadar ilerleyebilme özellikleri bulunmamaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan tüm lazerler içinde hidroksiapatit tarafından emilimi en yüksek olan dalga boyuna sahip olan lazer CO₂ lazerdir. Bu durum diş dokusuna zarar verebileceğinden komşu yumuşak doku alanlarında çalışırken diş dokularının metal koruyucular ile örtülmesi gerekmektedir [12].

CO₂ lazerlerin geleneksel yöntemlere göre avantajları ise; operasyon alanında koagülasyonu sağlaması nedeni ile kanamanın olmayışı, kuru ve görülebilir bir ortam sağlaması, dikiş gerektirmemesi, işlem süresinin kısalması, mekanik travmanın olmayışı, postoperatif ağrı, ödem ve skar dokusunun daha az olması, bakteriyemi riskinin azalması ve hasta tarafından daha kabul edilebilir olması olarak belirtilmektedir [17].

CO₂ lazerin sert dokuda kullanımı pulpaya vereceği termal zararlar, dentindeki karbonizasyonlar ve minedeki çatlak ve kırılmalar nedeni ile sınırlı kalmaktadır. CO₂ lazer kısıtlı da olsa minede yalnızca pürüzlendirme ve fissür örtücü uygulamalarında kullanılmaktadır [5].

2.1.5.5. Diyet Lazer

Diyot lazer alüminyum ya da indiyum, galyum ve arsenid gibi yarı iletken kristaller içeren katı bir lazerdir [18]. Diş hekimliğinde kullanılan dalga boyları 800 nm (aktif ortamında alüminyum bulunan) ve 980 nm'dir (aktif ortamında indiyum bulunan) [12].

Hemoglobin ve diğer pigmentler tarafından yüksek oranda absorbe edilmekte, yumuşak doku cerrahisinde kullanılmaktadır. Lazer enerjisinin iletimi fiberoptik kablolar ile sağlanmaktadır. Yumuşak doku cerrahisinde dokulara temas ederken, koagülasyonun sağlanmasında dokulara temas etmeden çalışılmaktadır. Diyet lazerlerin yumuşak doku cerrahisinde kullanılmasının bir nedeni de diş sert dokuları tarafından düşük düzeyde absorbe edildikleri için mine ve dentine zarar vermeden yumuşak dokuda çalışabilme olanağı sağlamalarıdır. Diyet lazerler diş hekimliğinde kök kanallarının sterilizasyonunda, periodontal ceplerdeki bakterilerin uzaklaştırılmasında ve dentin hassasiyetinin giderilmesinde kullanılmaktadır [12].

2.1.5.6. Argon lazer

Argon lazerin dalga boyu 454-529 nm aralığında değişmektedir. 488 nm ve 514 nm arasında en güçlü dalga boylarına sahiptir. Diş hekimliğinde daha çok yumuşak dokuda uygulanan cerrahi işlemlerde, ışıkla polimerizasyonda ve çürük önleme amacıyla kullanılmaktadır. Işıkla polimerizasyon yapılırken, 488 nm'de kamforokinon tarafından soğurularak restoratif materyalin polimerize olmasını sağlamaktadır. Ayrıca vital diş beyazlatmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Argon lazerin ürettiği ışık, görünür spektrumdadır ve genelde mavi-yeşil renktedir. Hemoglobin, myoglobülin, melanin ve diğer koyu renkli pigmentler argon lazerin ışığını başarıyla soğururken, su bu dalga boyundaki ışığı soğuramamaktadır. Pigmentli dokulara afinitesi yüksek olduğu için doğum lekelerinin tedavisinde kullanılmaktadır. Koagülasyonda ve kanama olmadan yapılmak istenen yumuşak doku işlemlerinde başarılı bulunan bir lazerdir; ayrıca gingivektomi, frenektomi ve oral ülserlerin tedavisinde uygulanmaktadır [9,19].

2.2.Çocuk Diş Hekimliğinde Diş Tedavisinde Lazer Kullanımı

Çocuk diş hekimliğinde lazerlerin günümüzde sert dokusunda, diş çürüğü tanısında, diş çürüğünün önlenmesinde, çürük temizlenmesinde, endodontik tedavide farklı amaçlar ile uygulandığı görülmektedir.

2.2.1. Diş Çürüğü Tanısında Lazer Kullanımı

2.2.1.1. Lazer Floresans Yöntemi

Çürüklerin doğru tanısı tedavi yaklaşımlarının doğru uygulanmasında önem taşır [1]. Çürüğün klinik teşhisinde, uzun yıllardır ayna ve ışık altında yapılan gözle muayene, sond ve bitewing radyografiler kullanılmaktadır. Gözle muayene yönteminin en önemli dezavantajı, okluzaldeki ilerlemiş gizli çürüklerin ve ara yüzey çürüklerinin tespitinde yetersiz kalmasıdır. Ayrıca, son yıllarda çürüğün tanısında sond kullanımı tartışmalı bir uygulama olarak değerlendirilmektedir. Başlangıç lezyonlarında, sond ile muayenenin kaviteasyon oluşturulabileceği ve ilerlemiş lezyonlarda çürük mikroorganizmalarının daha derin dokulara itilebileceği ileri sürülmektedir. Bite-wing radyografiler ise, arayüz çürüklerinin, derin çürüklerin ve gizli çürüklerin tespitinde faydalı olmaktadır. Ancak radyografilerin 3 boyutlu dokuları 2 boyutta değerlendirmesi, süperpozisyonların teşhisi zorlaştırması ve değerlendirmenin subjektif olması teşhisin doğruluğunu düşürmektedir. Ayrıca radyografide kalsifiye mine dokuları %40 veya daha fazla mineral kaybı olmadan görüntü vermemektedir [1, 20].

Çocuk diş hekimliğinde çürük tanısı amacıyla kullanılan cihaz laser floresans (LF)'dir. Laser floresansın temeli, çürük dokudaki ışığın yayılma katsayısının sağlıklı dokuya göre yüksek olmasına dayanmaktadır. Diş dokusuna floresans oluşturacak bir ışık uygulanmakta ve bunun sonucunda sağlıklı ve çürük mine arasındaki floresans farkının ölçümü ile çürük varlığı non-invaziv bir yöntemle tespit edilmektedir. Bu prensip ile klinik olarak en yaygın kullanılan markalar DIAGNOdent (KaVo Dental Corporation, Almanya) ve QLF'tir (Inspector Research Systems, Hollanda) [21].

Çürüklerin tespitinde kullanılan yöntemlerle ilgili yapılan çalışmalarda, bazı araştırmacılar LF yöntemlerinin geleneksel metotlara göre daha başarılı olduğunu [22], bazı araştırmacılar ise ek bir katkı sağlamadığını [23], sonuçların plak varlığına [24] veya dişteki restorasyon maddesinin tipine göre değişiklik [2,25] gösterdiğini öne sürmüşlerdir.

Mendes ve diğ. [22] görsel muayene, görsel muayeneye birlikte yüksek seviyede büyütme tekniği (x20), radyografik muayene ve lazer floresans yönteminin süt dişlerindeki okluzal çürüklerin tespitindeki başarısını araştırmışlar; görsel muayenenin tek başına yapılması ya da büyütmeyle beraber yapılması arasında farklılık saptanmadığını ve en başarılı yöntemin LF olduğunu bildirmişlerdir.

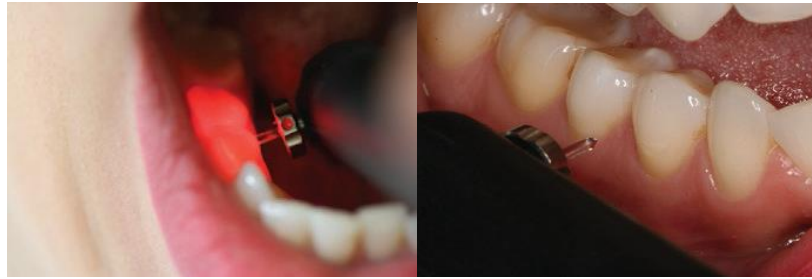
Bengtson ve diğ. [26] çürük teşhisinde hekim tecrübesinin etkisini süt dişleri üzerinde araştırmışlar ve LF yöntemi kullanıldığında hekim tecrübesinin sonuçlarda değişikliklere neden olmadığını bildirmişlerdir. LF ve LED çürük tanı cihazlarının opak ve saydam renkteki iki fissür örtücü üzerinden yapılan ölçümlerini araştıran çalışmada, LF esaslı çürük teşhis aletinin iki fissür örtücünden de etkilenirken, LED esaslı aletin ise sadece opak renkteki fissür örtücünden etkilendiği belirtilmiştir [25].

Çürüklerin yaklaşık 650 nm dalga boyunda kırmızı ışıkla aktive edildiğinde floresans yaydığının saptanması sonrası DIAGNOdent cihazı 1990 yılında okluzal bölgelerin değerlendirilmesi için geliştirilmiştir. DIAGNOdent, başlangıç çürük lezyonları için hassas olduğundan çürük teşhisinde iyi bir alternatif olarak kullanılması amaçlanmıştır. Diş hekimliğinde kullanımı kolay, güvenilirliği yüksek ve elde taşınan bir cihaz olarak tasarlanmış olan DIAGNOdent'in daimi dişlerde ve süt dişlerinde başarı ile uygulanabildiği in-vitro ve klinik çalışmalarda gösterilmiştir [27].

Okluzal bölgede yüzey altı çürükleri teşhis ederek geleneksel teşhis yöntemlerine alternatif bir yöntem olarak üretilmiş olan DIAGNOdent, okluzal çürük tespitinde, özellikle de radyografi alınamayan durumlarda görsel muayeneyi tamamlayıcı bir yöntem olduğu belirtilmektedir [28]. Cihazın temel çalışma prensibi, çürük lezyonunun lazer ışınını çevre sağlam dokudan farklı absorbe etmesi ve saçmasına dayanmaktadır. Çürüğün diş dokusunda neden olduğu değişiklikler, uyarılmış dalga boyunda floresans özelliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Cihazın kullandığı 655 nm dalga boyundaki kırmızı diyot lazer ışını, fiber optik taşıyıcıdan geçerek özel bir prob ile dişin okluzal yüzeyine yansıtılmaktadır. Diş tarafından absorbe edilen ışın, floresans fotonları olarak geri yansımaktadır. Filtreden geçen floresans sinyalleri aynı uçtaki farklı fiber optik alıcı tarafından toplanarak bir foto diyot tarafından sayısal olarak ölçülmekte ve monitöre aktarılmaktadır. Geri toplanan floresans ışınının yoğunluğu lezyon derinliği ile doğru orantılıdır. Bu şekilde, 0-99 aralığında değişen çürük ile ilgili kantitatif bir değer elde edilmiş olmaktadır [7].

Çalışmalarda okluzal yüzeydeki fissür çürüklerinin teşhisinde LF esaslı DIAGNOdent cihazının gözle muayene ile birlikte kullanılabileceği bildirilmiştir [28,29]. Kavvadia ve Lagouvardos [29] 130 süt dişini görsel olarak, ağız içi fotoğraflar, bitewing radyografiler ve DIAGNOdent ile değerlendirmişler, DIAGNOdent'in radyografilerin alınmadığı zamanlarda görsel muayeneyi tamamlayıcı bir yöntem olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Ara yüz çürüklerinin teşhisinde ise kalem tipi DIAGNOdent cihazının kullanımı önerilmektedir [21]. Chen ve diğ. [30] 256 diş yüzeyini değerlendirdikleri çalışmalarında, DIAGNOdent pen kullanımının çocuk hastada radyografi alımının zor olduğu durumlar için alternatif olabileceğini ve radyografi alımını azaltabileceğini; ancak, DIAGNOdent pen cihazının pahalı olmasının dezavantaj olabileceğini bildirmişlerdir. Mendes ve diğ. [23] ara yüz çürüklerinin tanısında radyografi ve DIAGNOdent pen'in etkinliğinin karşılaştırıldığı çalışmada, DIAGNOdent pen'in görsel muayeneye göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturmadığını bildirmişlerdir [Şekil 5].



Şekil 5: Diagnodent pen ile ara yüz çürüklerinin teşhisi [27]

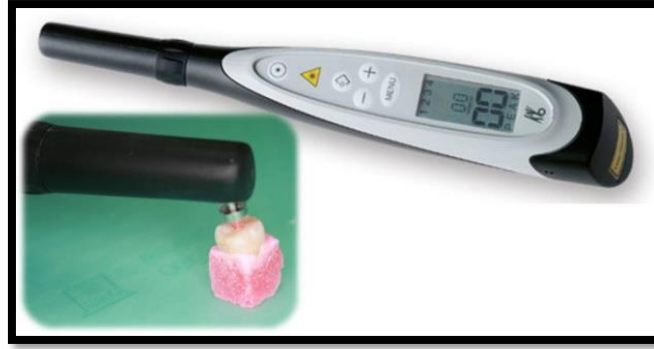
Gürbüz ve diğ. [31] süt dişlerinde, çürüğü uzaklaştırdıktan sonra kalan rezidüel çürüklerin tanısında DIAGNOdent'i, görsel muayene ile kıyaslamışlar ve verileri histolojik kesitler ile karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, çalışmanın sonucunda DIAGNOdent'in rezidüel çürüklerin teşhisinde etkili bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Ünlü ve diğ. [32] rezidüel çürüklerin teşhisinde DIAGNOdent, elektronik çürük monitörü ve çürük tespit boyasının tanısal performansını karşılaştırmışlar; çalışmanın sonucunda DIAGNOdent' in rezidüel çürüklerin tespitinde diğer yöntemlere göre daha hassas ve seçici olduğunu bildirmişlerdir.

DIAGNOdent ile ölçüm yapılmadan önce dişler üzerindeki plağın ve diş taşlarının temizlenmesi gerektiği bildirilmektedir [2]. Başeren ve Gökalp [13], DIAGNOdent'in yüzey rengi, nemliliği gibi pek çok kriterden etkilendiğini, cihazın çürük teşhisi için tek başına yeterli olmadığını ve diğer teşhis yöntemleri ile birlikte yardımcı bir yöntem olarak kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir. Zhang ve diğ. [33], diş taşlarının kök çürüklerinin teşhisinde DIAGNOdent'in güvenilirliğini önemli ölçüde azalttığı ve yanlış okumalara yol açabileceğini öne sürmüşlerdir. Rams ve Alwaqyan [34] farklı morfolojideki çekilmiş insan dişleri üzerinde, DIAGNOdent cihazının subgingival diş taşlarının tespitinde başarılı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Bittar ve diğ. [35] kalem tipi LF kullanımında var olan nemin çalışmanın başarısını etkilemediği ancak plak varlığının yanlış sonuçlar oluşturabileceğini, Diniz ve diğ. [36] ise hekimlerin ölçüm öncesi uyguladığı profilaktik uygulamaların (bikarbonat jel ve profilaktik patlar) okluzal çürüklerin teşhisinde lazer floresans esaslı metotların güvenilirliğini arttırabildiği bildirmişlerdir [Şekil 6].

Iranzo-Cortés ve diğ. [37], 100 adet çekilmiş molar ve premolar daimi diş yüzeyini inceledikleri in vitro çalışmalarında, ICDAS ve DIAGNOdent'in kaviteasyon öncesi lezyonlarda tanılabilirliğini değerlendirmişler; her iki sistemin de tekrar edilebilir olduğunu, DIAGNOdent'in lezyonları zaman içinde izlemek için kullanılabilen bir tanı yöntemi olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, ışığın yoğunluğunun DIAGNOdent pen'in tekrarlanabilirliğini etkileyebileceği bu nedenle tüm muayenelerin aynı aydınlatma ile yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.



Şekil 6: LF esaslı çürük tanı cihazının (DIAGNOdent) uygulanış şekli [2]

2.2.2. Diş Çürüğünün Önlenmesinde Lazer Kullanımı

Diş yüzeyinin karyojenik ajanların penetrasyonuna direnci, çürüklerin önlenmesinde önemli bir rol oynadığı bildirilmektedir [1]. Lazerin asit ataklarına karşı direnci arttırdığı, 1960'lardan günümüze kadar yapılan çalışmalarla desteklenmektedir. Lazerin çürük önleyici etkisi birkaç mekanizma ile açıklanmaktadır. Bunlardan birincisi mine yüzeyinin mikro düzeydeki yapısal bileşenlerinin fiziksel olarak birleşmesi ile minenin kimyasal ajanlara karşı geçirgenliğinin azalması olarak belirtilmektedir. Bir diğer teoride ise çürük oluşumuna karşı direncin artması, lazer ışınlarının yüksek absorpsiyonuna ve çevre dokulara zarar vermeden ısıya dönüştürülmesine bağlanmaktadır. Doku ısısının artması ile erime, füzyon ve yeniden kristal oluşumu gerçekleşmektedir. Çalışmalarda su ve karbonat içeriğinin azalması, hidroksil iyon içeriğinin artması, pirofosfat oluşumu ve proteinlerin çözünmesi şeklinde minenin mikroskopik yapısında meydana gelen değişimlerin demineralizasyonu azalttığı ileri sürülmüştür. Ayrıca lazer uygulamasının hidroksiapatit kristallerinin yapısı ve şeklinde değişiklik oluşturabileceği ve prizmatik yapının kaybına sebep olabileceği belirtilmiştir [12].

2.2.2.1. Fluorid Uygulamaları

Lazerin mine üzerindeki etkisinin artırılması için florür gibi koruyucu ajanlarla beraber kullanımına ilişkin birçok çalışma yapılmış, farklı lazer tipleri farklı güç değerlerinde ve farklı

koruyucu ajanlarla beraber kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda sıklıkla CO₂, Nd:YAG, ve Erbiyum lazerler ve koruyucu ajan olarak ise APF (Asidüle Fosfat Florür), NaF (Nötral Sodyum Florür), CPP-ACP (Kazein Fosfopeptit Amorf Kalsiyum Fostat) ve florür cilası kullanılmıştır [21].

Mathew ve diğ. [38] CO₂ ve Er:YAG lazerin tek başına ve APF ile beraber kullanımını karşılaştırdıkları çalışmalarında, her iki lazerin APF ile beraber kullanımının yeterli koruyucu etkiyi sağladığını bildirmişlerdir. Anaraki ve diğ. [39] CO₂ ve Er:Cr:YSGG lazeri APF ile veya tek olarak kullanmışlar, en başarılı grubun CO₂ lazer ile beraber kullanılan APF grubu olduğunu bildirmişlerdir. De Freitas ve diğ. [40] Er:Cr:YSGG lazerin farklı parametrelerini değerlendirdikleri çalışmalarında çürük korumada tüm parametrelerin etkin olduğunu, ancak kontrol grubuna göre en çok farklılığın 0.75 W ve 8.5 J/cm² parametrelerinin kullanıldığı grupta olduğunu bildirmişlerdir.

Çalışmalarda lazerin koruyucu ajanlardan önce veya sonra kullanımı konusunda farklı görüşler bildirilmiştir. Lazerin önce kullanımının daha etkili olduğunu öne süren çalışmalarda, mine yüzeyinin lazerle modifiye edildiği zaman florür alımının arttığı bildirilmiştir [21]. Tagliaferro ve diğ. [41] süt dişlerinde, CO₂ lazerin tek başına ya da APF ile kombine kullanımının mine üzerindeki lezyon oluşumunu yavaşlattığı ancak bu kombine kullanımın belirgin bir etki göstermediğini belirtmişlerdir.

Erbium ve CO₂ lazerleri, çocuklarda ve adölesanlarda yeni sürmüş bir daimi dişin asit erozyonuna karşı direncini arttırmak için başarıyla kullanılabilir. Yapılan çalışmalar, 9300, 9600 ve 10600 nm dalga boylarında CO₂ lazerin, 2780 ve 2940 nm dalga boylarında erbium lazerin ve argon lazerin floridle birlikte uygulanmalarıyla mine yüzeyinde çürüklere karşı direnç sağlayabildiğini göstermektedir. Örneğin, asidüle fosfat florür (APF) ile birlikte argon lazer kullanımı, sadece lazerin kullanımına kıyasla çürük derinliğinde %50 azalmaya neden olmaktadır [1].

Westerman ve diğ. [42] lazer uygulaması sonrasında mine yüzey mikro sertliğinin kontrol grubuna oranla daha sert olduğunu, CO₂ lazer uygulamasının mine yüzeyindeki demineralizasyonu azalttığını ve lazerle kombine yapılacak yüksek oranda florid uygulamasının bu etkiyi arttırdığını bildirmişlerdir. Er,Cr:YSGG lazerin etkilerinin incelendiği çalışmada, Er,Cr:YSGG lazerin asitlere karşı direnci arttırdığı ve mine çözünürlüğünü azalttığı belirtilmektedir [43, 44].

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların çoğunun daimi dişler ile yapıldığı [39, 40, 45, 46, 47], süt dişini içeren çalışma sayısının oldukça az olduğu görülmektedir [48, 49]. Er:Cr:YSGG lazerin kullanıldığı süt dişlerini içeren bir çalışmada NaF, APF, FC (Florür cila) ve CPP-ACP tek başlarına ve lazer ile kombine olarak ayrıca lazer tek başına kullanılmış, süt dişi minesinin mikrosertliğine etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, koruyucu ajanların tek başlarına veya lazerle kombine olarak kullanımları arasında fark bulunmazken, lazerin tek başına kullanımına göre lazer ile kombine edilmiş FC grubunun daha başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir [50].

Bahrololoomi ve diğ. [51] 40 adet süt azı dişi üzerinde in vitro olarak gerçekleştirdikleri çalışmada, %5 NaF uygulanmış örneklerde diyet lazer ve CO₂ lazerin topikal florür alımına etkisini incelemişler; çalışma sonucunda 1W gücündeki CO₂ lazer ve 7W gücündeki diyet lazer ile yapılan tedaviler florür alımı açısından eşit derecede etkili bulunmuş ve ilerleyen çalışmalarda 7W gücündeki diyet lazerin güvenliğinin doğrulanması durumunda, florür tedavisine ek olarak kullanım için uygun olabileceğini belirtmişlerdir.

De Araújo Loiola ve diğ. [52] CO₂ lazer ile birlikte ACP uygulamasının mine demineralizasyonu ve biyofilm oluşumu üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, CO₂ lazer ışınlanmasından sonra minenin kritik pH'ının 4.8'e, ışınlanmış mine yüzeyinde florür bulunması durumunda ise pH'ın 4.3'e düştüğünü ve her iki tedavi birleştirildiğinde çürük oluşumu veya ilerlemesinin engellendiği sonucuna ulaşmışlardır. Ancak bu uygulamaların minedeki demineralizasyon kontrolündeki etkisini ve bakteri kolonizasyonunun önlenmesini sağlamadığını bildirmişlerdir.

Forti ve diğ. [53] CO₂ lazerin tek başına minede erozyonu önleyemediğini, APF ile birlikte uygulandığında mine kaybında azalma olduğunu ileri sürmüşlerdir. Mine erozyonu riski olan hastalar için maliyet-fayda ve tedavi mevcudiyeti göz önüne alındığında, florür uygulamasının en uygun koruyucu tedavi olduğunu bildirmişlerdir.

Oliveira ve diğ. [43] yaptıkları çalışmada, farklı florid ürünleri ile kombine şekilde uygulanan CO₂ lazerin çekilmiş sığır dişlerinde mine çürüğü lezyonlarının mikro sertliğini arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Çalışmaların sonuçları, sadece lazerin yeterli koruyucu etkinliğinin olup olmadığı ya da koruyucu ajanlarla beraber kullanımının sinerjistik etki gösterip göstermediğine ilişkin farklılıklar göstermektedir. Çalışmalar arasındaki bu farklılıkların kullanılan lazer tipi, lazer parametresi ve kullanılan örnek farklılığı (daimi, süt veya sığır dişi) nedenleri ile olabileceğini düşündürmektedir. Literatürler incelendiğinde, koruyucu etkinlik açısından en uygun lazer parametresinin belirlenebilmesi için süt dişleri üzerine daha fazla çalışmaya gereksinim olduğu görülmektedir [21].

2.2.2.2. Fissür Örtücü Uygulamaları

Okluzal yüzeylerde çürüklerin önlenmesinde etkisi kanıtlanmış koruyucu yaklaşım olan fissür örtücü uygulamaları koruyucu diş hekimliğinde önemli bir rol oynamaktadır [54]. Diş çürüklerinin önlenmesinde en yaygın ve etkili yöntem olarak görülen fissür örtücüler; kolay çürüyecek fissür ve çukurcularda plağın ve gıdaların birikmesini önleyerek, çürüğe neden olan bakterilerin oluşturduğu asidin etkisini tamponlamakta ve başlangıç çürüklerini remineralize etmektedirler. Fissür örtücüler sıklıkla çocuklara uygulanmakla birlikte, uygun endikasyon olduğunda yetişkinlerde de bu yöntemin avantajlarından faydalanılabilmektedir [55].

Fissür örtücü uygulamalarında mine yüzeyinin pürüzlendirilmesinde fosforik asit yaygın olarak kullanılmakta; ancak bu yöntem ile pelikül ve artıkların tam olarak uzaklaştırılması mümkün olmamaktadır. Ayrıca asitle pürüzlendirme ile gerçekleştirilen demineralizasyon

sonucunda, mine dokusu çürük ataklarına karşı daha savunmasız hale gelirken, lazerle yapılan pürüzlendirmede sadece dokudaki su ve organik bileşenler uzaklaştırılmakta, demineralizasyon olmamakta ve mine dokusu asit ataklarına direncini arttırmakta, ikincil çürüklere karşı direncini korumaktadır [55].

Lazerle yapılan pürüzlendirme, antibakteriyel etki sağlamak ve dokuda serbest iyonların çökelebileceği remineralizasyon alanları da oluşturmaktadır. Bu nedenler doğrultusunda, fissür örtücü uygulamalarında mine dokusunun lazer ile pürüzlendirilmesinin daha etkin olacağı düşünülmektedir. Asitleme işlemini takiben yapılan yıkama işlemi ile ağızda hoş olmayan bir tad oluşması ise özellikle çocuk hastalarda istenmeyen davranışlara neden olabilmekte; fissür örtücülerin retansiyonunun sağlanması için işlem sırasında izolasyon ya da yıkama gerektirmeyen ve teknik hassasiyeti daha az olan pürüzlendirme yöntemlerinin kullanılması avantaj oluşturabilmektedir [55].

Shindova ve diğ. [56] 2018 yılında yaptıkları çalışmada, 6-12 yaş grubu 64 hastada fissür örtücü uygulaması öncesi diş yüzeylerini 30 sn pomza (CleanPolish, Kerr) ile temizledikten sonra, 1.grupta okluzal yüzeylerde 30 sn süre ile %35'lik fosforik asit (Etching gel, DMP Ltd) ile pürüzlendirme yapılırken, 2.grupta Er:YAG lazer (2940 nm) (LiteTouch, Syneron Medical Ltd.) ile temassız modda pürüzlendirme yapılmış, işlem sırasında objektif ve subjektif stres parametreleri kaydedilmiştir. Stresin iki fizyolojik objektif parametresi; kalp atış hızı ve oksijen saturasyonu, sol elin işaret parmağına yerleştirilen mobil nabız oksimetresi (CMS50F, CONTEC) ile incelenmiştir. Fissür örtücü uygulamasında pürüzlendirme yönteminin dental anksiyete üzerindeki etkisinin objektif olarak değerlendirilmesinde, ortalama kalp hızının kontrol grubunda dakikada 98.74 ± 12.38 atım ve lazer uygulanan grupta dakikada 96.20 ± 12.27 atım olduğu saptanmıştır. Dental anksiyetenin incelendiği bu çalışma sonucunda, objektif ve subjektif stres parametrelerinin pürüzlendirme prosedürü sırasında iki grup arasında anlamlı fark göstermediği; koruyucu uygulamalarda Er:YAG lazer uygulamasının dental kaygıyı tetiklemediğini ve çocuklar tarafından iyi kabul edildiği bildirilmiştir.

Fissür örtücü uygulamalarında fosforik asit veya lazer ile yapılan pürüzlendirmenin mikrosızıntıya etkilerinin araştırıldığı in vitro çalışmaların çoğunda her iki yöntemin benzer sonuçlar verdiği görülmektedir. Memarpour ve diğ. [57] florozisli dişlere parametrelerin 30 mJ, 20 Hz, 6W ve 120 mJ, 10 Hz, 1W olduğu Er:YAG lazerlerle ve asitle pürüzlendirme sonrası fissür örtücü uyguladıkları çalışmalarında, geleneksel asitle ve Er:YAG lazerle yüzey hazırlığı arasında mikrosızıntı açısından bir fark saptanmadığını belirtmişlerdir.

Ünal ve diğ. [58] çocuk diş hekimliğinde fissür örtücü materyallerin uygulanmasında asitle pürüzlendirme için bir alternatif olarak Er:YAG lazeri değerlendirmiş ve 4W güce ve 200 mJ enerji çıkışına sahip Er:YAG lazerin, daimi dişlerde 2 W güce ve 100 mJ enerji çıkışına sahip Er:YAG lazerden daha yüksek mikrotensil bağ gücü oluşumuna sebep olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte, süt dişlerinde yapılan bir çalışmada Ünal ve diğ. [59] Er:YAG lazer ile 3.25W, 150mJ, 25 Hz ve 5W,20 mJ, 25 Hz parametrelerindeki gruplarla yapılan pürüzlendirme ile geleneksel asitle pürüzlendirmeyi karşılaştırdıklarında, lazerle pürüzlendirilen gruplarda daha yüksek mikrosızıntı değerlerinin bulunduğunu bildirmişlerdir. 3.25W ve 5W gruplarındaki mikrosızıntı arasındaki farkın ise anlamlı olmadığı rapor edilmiştir.

Khogli ve diğ. [60] hidrofilik bir fissür örtücü ve konvansiyonel fissür örtücülerin farklı yüzey tedavilerinden sonra uygulanmalarının mikrosızıntı ve penetrasyon derinliği üzerine etkilerini

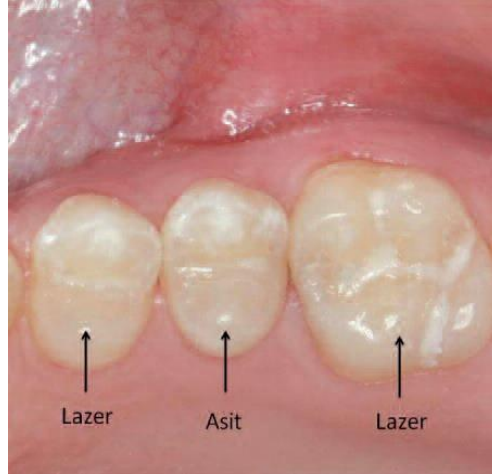
araştırmışlardır. Çalışmada, yalnızca asitle pürüzlendirme, elmas frezle preparasyon ve asitle pürüzlendirme, Er:YAG lazer ve asitle pürüzlendirme yöntemleri karşılaştırılmış; en az mikrosızıntının asitle pürüzlendirme ile birlikte lazer ve konvansiyonel fissür örtücü kombinasyonunda gerçekleştiği belirtilmiştir.

Literatürde lazer veya asitle pürüzlendirme yöntemleriyle hazırlanan mine dokusuna uygulanan fissür örtücülerin retansiyonlarını değerlendiren az sayıda klinik çalışma bulunmaktadır. Walsh'ın [61] fissür örtücü uygulamalarında fosforik asit ile pürüzlendirme yöntemini, CO₂ lazer ile karşılaştırdığı klinik çalışmasında, 14.5 ay sonunda her iki yöntemin fissür örtücülerin retansiyonuna etkileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmediği bildirilmiştir. Çağlar ve diğ. [62] de yaşları 9-12 arasında değişen 16 çocuk hasta ile yaptıkları klinik çalışmalarının 3 aylık sonuçlarına göre fissür örtücülerin retansiyonunda fosforik asit ve Er:YAG lazer ile pürüzlendirme yöntemlerinin benzer sonuçlar gösterdiğini rapor etmişlerdir.

Karaman ve Yazıcı [55] Er,Cr:YSGG lazer ya da asit uygulanan fissür örtücüleri 18 ay klinik olarak takip etmişler; asitle pürüzlendirilen dişlerde iki adet fissür örtücü kaybedildiğini, lazer uygulanan dişlerde hiç tam kayıp gözlenmediğini, lazer ya da asit uygulaması sonrası uygulanan fissür örtücülerin retansiyonları arasında anlamlı fark saptanmadığını belirtmişlerdir [Şekil 7,8].



Şekil 7: Fissür örtücü uygulaması öncesi dişler [55]



Şekil 8: Fissür örtücü uygulaması sonrası dişler [55]

Sungurtekin ve Öztaş [54] Er,Cr:YSGG lazerle ve geleneksel asitle pürüzlendirme tekniği sonrası uygulanan fissür örtücülerin mikrotensil kuvvetlere direncini araştırmak amacı ile çürük ve diğer makroskopik defektlerin bulunmadığı, ortodontik nedenler ile çekilen 25 insan alt 1.büyük azı dişini rastgele 5 ayrı gruba ayırmışlar; 1.gruba %35'lik ortofosforik asit, 2.gruba 2.5 W Er,Cr:YSGG lazer, 3.gruba 3.5 W Er,Cr:YSGG lazer, 4.gruba 2.5 W Er,Cr:YSGG lazer ve %35'lik ortofosforik asit, 5.gruba ise 3.5 W Er,Cr:YSGG ve %35'lik ortofosforik asit ile pürüzlendirme uygulamışlardır. Fissür örtücü uygulaması sonrası yapılan testler sonucunda; 3.5 W Er, Cr:YSGG lazer ve geleneksel asitle pürüzlendirme tekniğiyle karşılaştırılabilir sonuçlar elde edildiği, 2.5 W Er,Cr:YSGG lazer ile minede yeterli adezyon performansı sağlanamadığı, ancak lazerle aşındırma ve asitle pürüzlendirme kombinasyonlarının, lazerin gücüne bakılmaksızın geleneksel teknikle karşılaştırıldığında benzer mikrotensil kuvvet değerleri sergilediği bildirilmiştir.

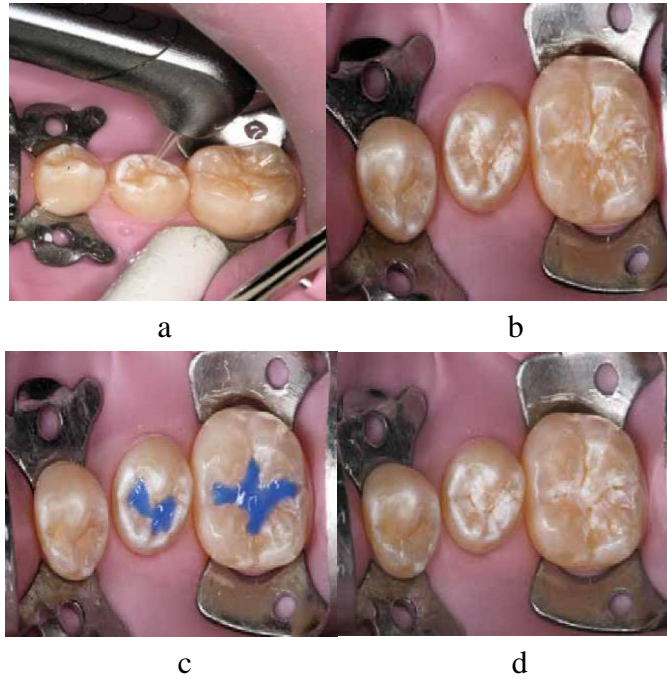
Durmuş ve diğ. [63], geleneksel asitle pürüzlendirme ile birlikte Er:YAG lazer kullanımı ve yalnızca geleneksel asit kullanımının fissür örtücü uygulamasının tutuculuğuna etkisinin incelenmesi amacı ile gerçekleştirdikleri çalışmada, 51 çocuk hastada toplam 204 adet daimi birinci büyükazı dişi tek başına asitle veya lazer uygulamasıyla birlikte asitle pürüzlendirilmiş, fissür örtücülerin tutuculuğu ve çürük oluşumu 3., 6., 12. ve 18. aylarda değerlendirilmiştir. 12. ve 18. aylarda asit ile birlikte lazer uygulaması yapılan gruptaki fissür örtücülerin retansiyonu, yalnızca asit uygulaması yapılan gruba göre anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Asit uygulanan grupta 6, lazer ile birlikte asit uygulanan grupta 5 adet fissür örtücü 18 ay sonunda tamamen kaybedilmiştir. 18. ayda asit uygulanan gruptaki çürük insidansı %22, lazer ile birlikte asit uygulama grubunda %10 olarak ölçülmüştür. Çürük gelişimi arasındaki farkın gruplar arasında anlamlı olmadığı saptanmıştır. Mine pürüzlendirme işlemi olarak, asitleme ile birleştirilmiş Er: YAG lazerin, sadece geleneksel asit uygulamasına göre fissür örtücülerin tutuculuğunu anlamlı derecede arttırdığı belirtilmiştir.

Manhart ve diğ. [64] ve Lepri ve diğ. [65] yaptıkları in vitro çalışmalarda, fissür örtücülerin retansiyonu açısından fosforik asit uygulamasının Er:YAG lazer uygulamasından daha üstün özellikler sergilediğini, lazer uygulaması sonrası asitle pürüzlendirme işleminin gerekli olduğunu bildirmişlerdir. Sungurtekin ve Öztaş [66], Baygın ve diğ. [67], fissür örtücü uygulamasında lazer ile pürüzlendirmenin, asitle pürüzlendirme gerekliliğini ortadan

kaldırmadığını, asit ve lazerin birlikte kullanımının mikrosızıntıyı önlemede daha etkili olduğunu bildirmişlerdir [Şekil 9,10].



Şekil 9: Preoperatif 2.küçük azı ve 1.büyük azı dişleri [68]



Şekil 10 a-d: Fissür örtücü uygulaması [68]

Zhang ve diğ. [69] yaptıkları sistematik inceleme ve meta-analiz çalışmasında, fissür örtücü uygulamaları için diş yüzeyinin lazerle hazırlanmasının klinik etkileri incelenmiştir. Meta-analiz, lazerle pürüzlendirme ve geleneksel asitle pürüzlendirme arasında 3, 6, 12 ay takiplerinde anlamlı farklılıklar göstermemiştir. Asitle pürüzlendirme işlemine ek olarak lazer etkisinin de incelendiği bir çalışmada ise asitle pürüzlendirme işlemine ek olarak lazer uygulamasının tutuculuk oranını arttırdığı, çürük insidansında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir. Mevcut sınırlı kanıtların, lazer ile saptanan tutuculuk oranının geleneksel asitle pürüzlendirme oranına benzer olduğu, lazerlerin etkili bir ön tedavi yöntemi olabileceği; ancak, meta-analiz çalışmasına dahil edilen çalışmalarda genellikle yüksek yanlılık riski bulunduğu, daha titizlikle tasarlanmış araştırmalara gereksinim olduğu belirtilmiştir.

2.2.3. Restoratif Diş Tedavisinde Lazer Kullanımı

2.2.3.1. Pürüzlendirme

Mine ve dentin dokusunun restoratif amaçlı pürüzlendirilmesi lazerin kullanıldığı diğer alanlardan biridir. Prepare edilmiş diş yüzeyinde oluşan smear tabakası, dokunun yüzey enerjisini azaltmakta ve bağlanma kalitesini düşürmektedir. Adeziv materyalin diş dokusuna bağlanma kuvvetlerini arttırmak için diş yüzeyinin çeşitli tekniklerle hazırlanması şarttır. Bu konuda ilk adımlar Buonocore'un akrilik rezinin bağlanabilmesi için, mineye 30 sn süresince %35'lik ortofosforik asit uygulaması ile başlamıştır. Günümüzde %35'lik fosforik asit 15-20 sn süre ile uygulanmakta ve aynı süre boyunca yıkanmaktadır [9]. Ancak asit uygulaması ile diş dokusu demineralize olmakta, oluşan bu demineralize alanların adeziv rezinle tam olarak örtülemediği durumlarda ise dişin asit ataklarına direnci azalmaktadır. Bu olumsuzluklar ile yeni yüzey hazırlama teknikleri araştırılmaya başlanmış; lazer ile mine ve dentin yüzey koşullarının değiştirilmesinin, asit uygulamasına alternatif olabilecek etkili bir yöntem olabileceği bildirilmiştir [70].

Mine ve dentin dokusunda yapılan pürüzlendirmenin etkinliği, bağlanma kuvvetleri ve restorasyondaki sızıntı üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan lazer uygulamalarının pürüzlendirme işleminde kullanımlarında artış olduğu gözlenmektedir [55].

Asitle pürüzlendirme işleminin dezavantajlarının, mine dokusunda meydana gelen kayıp, pürüzlendirilmiş alandaki derinlik farklılıkları, pürüzlendirilmiş yüzeyin kontaminasyona daha açık olması, uygun olmayan yıkama ve kurutmanın bağlanma dayanıklılığını olumsuz etkilemesi olduğu; bu nedenle, lazerin asitlemeye alternatif olarak pürüzlendirme amacıyla kullanılabileceği belirtilmektedir [12]. Er:YAG lazer sistemi ile diş yüzeyinin pürüzlendirilmesi için harcanan sürenin asit ile yüzey hazırlanırken beklenen süreden daha kısa olduğu vurgulanmaktadır. Asit ile pürüzlendirmede sırasında beklenen optimum süre 15 sn., yıkama 15-30 sn., pürüzlendirilen yüzeyin kurutulması 5-10 sn. olmak üzere toplam harcanan sürenin 35-55 sn., lazer ile pürüzlendirme için ayrılan sürenin ise ortalama 20-25 sn. olduğu; ayrıca lazer ile pürüzlendirmenin su soğutması altında gerçekleştirildiği ve tükürükten izolasyon işlemine gerek olmadığı bildirilmektedir [9].

Lazer sistemlerinin bir avantajı da pürüzlendirme sırasında oluşan smear tabakasını elimine etmesidir. Yapılan bazı çalışmalarda lazer ile kavite preperasyonu yapılması sırasında smear tabakası ve diş sert doku yüzeylerinde çatlakların oluşmadığını ve dokuya zarar vermeden pürüzlendirme sağlandığı bildirilmiştir. Bu etki ile restorasyon işlemi sırasında asitle pürüzlendirme basamağının elimine edileceği ve bu eliminasyonun çocuk hastada tedavi süresini kısaltacağı öngörülmektedir [44].

Mine dokusunun pürüzlendirilmesi için lazer kullanımı hakkında tartışmalı görüşler bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda lazerin konvansiyonel yüzey hazırlama tekniklerine alternatif olabileceği, bazı çalışmalarda ise lazerle yüzey hazırlığının mikrosızıntı ve bağlanma kuvvetleri üzerine olumsuz etkileri olduğu bildirilmektedir [9]. Moshonov ve diğ. [71] lazer ya da asitle pürüzlendirme arasında farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Youssef ve diğ. [72] sadece Er:YAG lazer ile pürüzlendirme yapılmasının mikrosızıntıyı artırdığını, asit ve lazerin birlikte

uygulanmasının fark oluşturmadığını bildirmişlerdir. Berk ve diğ. [73] travma sonucu kırılan daimi santral diş kuron parçasını Er,Cr:YSGG lazer ile pürüzlendirdikten sonra, self etch bir adeziv ve akışkan kompozit ile yapıştırmışlar; lazerle pürüzlendirme sonrası asit uygulamadıkları bu vakada 4 sene süresince semptom görülmediğini belirtmişlerdir.

Lazer ile pürüzlendirmeye ilk başlanıldığında kullanılan lazer tipleri Nd:YAG ve CO₂ lazer ile sınırlı iken, günümüzde mine dokusunun pürüzlendirmesinde erbium lazerler tercih edilmektedir. 2.78 µm dalga boyuna sahip Er,Cr:YSGG lazerlerin diş dokusundaki su ve hidroksiapatit tarafından emiliminin yüksek olması, mine ve dentin dokusunun etkin bir biçimde uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Er,Cr:YSGG lazer, ısı artışına neden olmadığından sert ve yumuşak dokularda güvenle kullanılabilir. Bir diğer avantajı ise pürüzlendirdiği yüzeyi aside ve çürüğe dirençli hale getirebilmesidir [55].

Armengol ve diğ. [74] asit, Er:YAG lazer (200 mJ/4 Hz mine, 140 mJ/4 Hz dentin), Nd:YAG lazer (310 mJ/10 Hz mine, 240 mJ/10 Hz dentin) ve yüzey modifikasyonu yapılmadan hazırladıkları mine ve dentin yüzeylerinde bağlanma kuvvetlerini karşılaştırmışlar; en yüksek bağlanma değerlerinin asit uygulanan grupta saptandığını, bunu Er:YAG lazerin izlediğini belirtmişlerdir.

Dunn ve diğ. [75] Er:YAG lazer ya da döner aletler ile hazırladıkları diş yüzeylerinde pürüzlendirme için asit ya da lazer kullanmışlar ve total-etch adeziv uyguladıkları örneklerde rezinlerin makaslama bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlardır. Döner aletler ile hazırlanan ve pürüzlendirmesi asit ile yapılan grubun makaslama bağlanma dayanımının lazer ile hazırlanan ve asit ile pürüzlendirme yapılan gruba göre anlamlı derecede yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Lazer ile pürüzlendirme yapılan ya da hiç pürüzlendirme yapılmayan gruplarda ise kavite hazırlığı yöntemleri açısından anlamlı bir fark ortaya çıkmamıştır. Asitle pürüzlendirmenin lazer ile pürüzlendirmeye göre, lazer ile pürüzlendirmenin pürüzlendirme yapılmayan gruba göre makaslama bağlanma dayanımlarının anlamlı derecede yüksek olduğunu; Er:YAG lazer ile kavite hazırlığı sonrası asit ile pürüzlendirme yapılmasının tek başına lazer kullanımına göre bağlanma dayanımını artırdığını bildirmişlerdir.

Ceballos ve diğ. [76], dentin yüzeylerini Er:YAG lazer ile pürüzlendirmenin bağlanma kuvvetlerine etkisini belirlemek amacı ile hazırladıkları dentin yüzeylerini asit, Er:YAG lazer (180mJ,2Hz), Er:YAG lazer ile birlikte asit uygulaması, ile pürüzlendirmişler ve tek aşamalı total-etch bir adeziv (Single Bond) ve kompozit (Z100) uygulayarak makaslama bağlanma kuvvetlerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, yalnızca asit ile pürüzlendirilen grubun makaslama bağlanma dayanımının yalnızca lazer ve lazer ile birlikte asit uygulaması ile pürüzlendirilen grupların makaslama bağlanma dayanımlarından anlamlı derecede yüksek olduğunu saptamışlardır. Lazer ile pürüzlendirilmiş dentinde düşük bağlanma kuvvetlerinin gözlenmesini lazer sonucu dentin yüzeyinde oluşan tabakanın özelliklerine bağlı olduğunu; lazer pürüzlendirmesi ile oluşan modifiye dentin yüzeyinin bağlanma kuvvetlerini anlamlı derecede azalttığını, lazer ile pürüzlendirmenin asit ile pürüzlendirmeye alternatif bir yöntem olamayacağını vurgulamışlardır.

Lupi-Pégurier ve diğ. [77], 3. büyük azı dişlerinin distal yüzeylerini Er:YAG lazer, asit ya da frez ile birlikte asit ile pürüzlendirmişler, mezial yüzeylerde ise Er:YAG lazer ile birlikte asit uygulamışlardır. Tüm yüzeyler mikrosızıntı açısından değerlendirilmiştir. En yüksek

mikrosızıntı değerlerinin sadece Er:YAG lazer uygulanan grupta kaydedildiği, lazerin tek başına asit tekniğine alternatif olamayacağı bildirilmiştir.

Borsatto ve diğ. [78], süt azı dişlerinin fissürlerini asit, Er:YAG lazer (120 mJ/ 4 Hz) ve Er:YAG lazer ile birlikte asit uygulaması (120 mJ/ 4 Hz+asit) yontemleri ile pürüzlendirmişler ve mikrosızıntı açısından karşılaştırmışlardır. En fazla sızıntının sadece lazer uygulanan grupta, en az mikrosızıntının lazer sonrası asit uygulanan grupta saptandığını; ancak lazer ile birlikte asit uygulanan grup ve sadece asit grubu arasında anlamlı fark olmadığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar lazer sonrası bir şelasyon ajanının kullanılmasının zorunlu olduğunu, lazerin tek başına asit uygulamasına alternatif olamayacağını bildirmişlerdir. Bu durumun, lazerle yüzey pürüzlendirme sırasında asitle pürüzlendirmeye benzer homojen girintili alanlar elde edilememesine ve lazerin termal etki ile dokuda mikropatlamalar meydana getirmesi sonucu düzensiz alanlar oluşturması olarak açıklanabileceği bildirilmiştir. Ayrıca lazer ışınlarının devamlı olmaması (aralıklı atım) sonucu yüzeyde lazerden etkilenmemiş alanların bulunmasının bağlanma kalitesini düşürdüğü rapor edilmiştir.

Çehrelı ve diğ. [79], Er,Cr:YSGG lazer veya lazer olmaksızın pürüzlendirdikleri süt molar dişlerin mine yüzeylerine farklı adeziv sistemleri uygulamışlar ve mikrosızıntı miktarını yüzdesel olarak karşılaştırmışlardır. Er,Cr:YSGG lazer ile pürüzlendirilen gruplar ve lazer uygulanmayan gruplar karşılaştırıldığında, anlamlı farklılık bulunmadığı, en az sızıntının lazer sonrası fosforik asit uygulanan ve sadece fosforik asit uygulanan gruplarda olduğu; lazerin süt dişlerinde mikrosızıntıya karşı direnci arttırmadığı belirtilmiştir.

Visuri ve diğ. [80], Er:YAG lazer ve frez ile hazırlanan yüzeylerde, adeziv materyalin uygulanması öncesinde, asit uygulanıp uygulanmamasının kompozit rezinlerin makaslama bağlanma kuvvetleri üzerine olan etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, dentine Er:YAG lazer uygulamasının, frez, frez ve asitin birlikte kullanımını ve Er:YAG lazer ve asitin birlikte kullanımını uygulamalarına göre anlamlı derecede daha yüksek bağlanma kuvveti değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir. En düşük bağlanma kuvveti değerlerinin ise Er:YAG lazer ve asitin birlikte kullanıldığı dentin yüzeylerinde görüldüğü; yalnız lazer ile yüzey pürüzlendirmesi yapılarak kullanılan adeziv sistemlerin bağlanma değerlerinde asitle yapılan pürüzlendirmeye göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmediği bildirilmiştir.

Yapılan çalışmaların sonucunda lazerin, asitleme prosedürü yerine kullanılmasında yetersiz kalacağı ancak asit uygulamasına ek olarak lazer kullanımının yararlı olabileceği belirtilmiştir [7].

2.2.3.2. Çürük Temizlenmesinde Lazer Kullanımı

Geleneksel yöntemlerle yapılan çürük temizlenmesi ve kavite hazırlığında aeratör kullanımındaki basınç, titreşim, ses gibi etkiler çocuk hastaları olumsuz etkilemekte, lazerle yapılan tedavilerde ise bu olumsuz etkilerin önüne geçilebilmektedir. Birçok lazer sisteminde hasta aletin dişine temas ettiğini hissetmemekte ve bu nedenle konvansiyonel frez sistemindeki basınç, sürtünme, titreşim, aletin sesi gibi olumsuzluklardan dolayı oluşabilecek korku, endişe ve ağrı hissi elimine edilmektedir [44]. Lazerle ağrısız çalışılabilmesi nedeni ile anestezi kullanımına sıklıkla gereksinim olmadığı, anestezi sırasında ve sonrasında oluşabilecek

komplasyonların da görülmeyeceği; ancak tüm bu avantajların yanısıra lazer ile yapılan işlemin geleneksel yöntemlere oranla daha uzun sürdüğü bildirilmektedir [81].

Çeşitli araştırma ve vaka raporları incelendiğinde, lazerin çocuk diş hekimliğinde geleneksel yöntemlere karşı güvenli bir alternatif olabileceği ve çocuk tarafından daha kolay kabul edilebileceği bildirilmektedir. Özellikle ilk diş hekimi deneyimini yaşıyan çocuk hastalarda, tedavide lazer kullanımının hem anestezi yapılmayacak olması hem de döner alet kullanımının olmaması açısından kooperasyonda kolaylık sağlayabileceği vurgulanmaktadır [82].

Greene Vardiman Black (G.V.Black), 1893 yılında ‘korumak için genişlet’ prensibini öne sürdükten günümüze kadar diş hekimliği alanı hızlı bir değişim geçirmiş, çürükten etkilenmemiş sağlam diş dokularını koruyan yaklaşıma olan gereksinim artmıştır. Adeziv restoratif diş hekimliğinde gelişmeler ‘korumak için genişlet’ prensibinden, ‘genişletmekten kaçınmak’ prensibini içeren ultra konservatif mikro diş hekimliğine geçişi sağlamıştır [83]. Minimal koruyucu yaklaşıma olan gereksinim arttıkça birçok tedavi yöntemi ileri sürülmüş; lazer kullanarak yapılan kavite hazırlığı ise ilk lazerin 1960’ların başında geliştirilmesi ile ilgi çeken bir araştırma konusu olmuştur [84].

Günümüzde, benzer dalga boylarında farklı lazer tipleri çürük kaldırma ve kavite preparasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. Er:YAG, Er:YSGG ve Er,Cr:YSGG lazerler sırasıyla 2940, 2790 ve 2780 nm dalga boylarında çalışmaktadır. Mine ve dentinin kesimi su bazlı absorpsiyona dayanmakta; bu üç lazerden ablasyon verimi en iyi olanı Er:YAG lazer olarak belirtilmektedir. Bu lazer sistemleri diş yapısına hasar veya hastaya rahatsızlık vermeden etkin çürük kaldırılması ve kavite preparasyonunda kullanılabilir [84].

Er:YAG lazerlerin, pulpa hasarına neden olmadan mine ve dentinde çürük kaldırma ve kavite preparasyonunda kullanımı 1997 yılında FDA tarafından onaylanmıştır. Bu dalga boyundaki lazerin dişe uygulanması ile mine ve dentinde bulunan suyun bir miktarı buharlaşmakta ve bu durum hasarlı dokunun patlamalar ile kaldırılmasını provoke etmektedir. Klinik olarak, lazer etkisi ile diş dokusundan küçük parçaların ayrılması ve hava basıncındaki değişiklikler patlama (popping) sesini provoke eder. Hedef dokuda su miktarı fazla ise (çürük dokusu> dentin> mine) ses de daha fazla olmaktadır. Bu özellik sağlıklı diş dokusunu çürük dokudan ayırtmakta diş hekimine yardımcı olmaktadır. Kızılötesine yakın dalga boyları karşılaştırıldığında, erbium lazerler diş dokularına ısı dağılımı en az olan lazerlerdir [82,85] [Şekil 11].



Şekil 11: Lazer ile kavite preparasyonu [68]

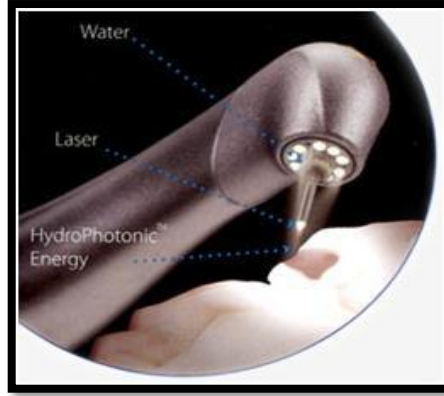
Lazer ile kavite hazırlığı sırasında herhangi bir geometrik şekil oluşturmadan sadece çürük dokular uzaklaştırıldığı için daha konservatif bir kavite preparasyonu sağlanmaktadır. Ayrıca temassız çalışılabilmesi nedeni ile cihazın ucundan gelen su direkt olarak çalışılan alanı soğutmaktadır. Buna karşın frezle yapılan preparasyonda su frezin temas ettiği ve dönerek ısıttığı alanı anında soğutamamaktadır. Erbiyum lazerlerin en büyük avantajlarından biri sert dokuda olduğu gibi yumuşak dokuda da kullanılabilirlerdir. Bu şekilde tek seansta diş eti düzeltmeleri yapıp, kanamasız bir ortamda kavite preparasyonu ve restorasyon gerçekleştirilebilmektedir [12].

Lazerlerin kavite hazırlığında sağladığı bir diğer avantaj ise bakterisit etkiye sahip olmalarıdır. Bakterisit özelliği ablasyon etkisi ile aynı mekanizmaya sahiptir. Er:YAG lazer ile kavite hazırlığında ses ve titreşimin geleneksel kavite hazırlığına oranla daha az olduğu, lokal anesteziye gereksinimin çok az olduğu ya da hiç olmadığı, tedavi süresinin daha uzun olmasına rağmen yetişkinler ve çocuklar için etkili bir yöntem olduğu bildirilmiştir [12].

Liu ve diğ. [86] çocukların üst keser dişlerinde, pulpaya ulaşmamış çürüklerin tedavisini, Er:YAG lazer ve frez kullanarak iki ayrı yöntemle anestezi olmaksızın yapmışlardır. Tedavi sırasında çocukların vücut tepkileri ve tedavi süreleri kaydedilmiştir. Ağrı değerlendirilmesi için çocuklardan, farklı duyguları ifade eden modifiye yüz skalasından, kendilerini ifade eden yüz şeklini seçmeleri istenmiştir. Çocukların %82.5'inin lazerle çürük temizlenmesi sırasında ağrı duymadığı, ancak lazerle tedavinin geleneksel yöntemden 2,35 kat daha uzun sürdüğü belirtilmiştir.

Hossain ve diğ. [87] süt dişlerinde frez ya da Er:YAG lazerle hazırlanan standart kavite mikrosızıntı ve kavite hazırlama süreleri açısından değerlendirmişler; kavite grubunda 18.90±3.06 sn ve lazer grubunda 87.50±3.81 sn'de hazırlandığını bildirmişlerdir [Şekil 12].

Korkut ve diğ. [88] 2018 yılında çocuk hastalarda Er:YAG lazer ile çürük uzaklaştırılmasında ağrı algısı üzerine yaptıkları çalışmada, 120 çocuk hastanın daimi molar dişlerindeki okluzal çürükler Er:YAG lazer ve konvansiyonel çürük temizleme yöntemi olan yüksek ve düşük hızlı döner aletler ile uzaklaştırılmış ve tedavi sonrası çocuklardan Wong-Baker skalasındaki değer veya görsellerden birini seçmeleri istenmiştir. Gruplar arasında anlamlı fark ($p<0.05$) gözlenmiş; Er:YAG lazer grubunda 'canım acımıyor' bulgusu %20.83; konvansiyonel yöntem grubunda ise %6.66 oranında bulunmuştur. 'Canım çok fazla acıyor' seçeneği hiçbir grupta seçilmemiştir. Çalışma sonucunda, Er:YAG lazerin çürük temizleme amacıyla kullanılmasının geleneksel döner aletlere kıyasla daha az ağrıya sebep olduğu ve çocuk hastalar için daha konforlu ve kabul edilebilir bir yöntem olduğu belirtilmiştir.



Şekil 12: Lazer ile kavite preparasyonu [89]

Isı artışı, kavite preparasyonu sırasında dikkat edilmesi gereken noktalardan biri olarak vurgulanmaktadır. Lazer ile geleneksel frez hazırlığının karşılaştırıldığı bir in vitro çalışmada lazer uygulamasının çevre dokulara minimal termal zarar verdiği, diş sert dokularının yapısında ısıya bağlı minimal değişiklikler oluşturduğu ve istenen yüzey özelliklerinin sağlandığı bildirilmiştir [12]. Cavalcanti ve diğ. [90] farklı yüzey hazırlama teknikleri sonucu pulpada meydana gelen ısı artışını değerlendirdikleri çalışmalarında, frezle hava-su soğutması altında, frezle soğutmasız ve Er:YAG lazer ile olmak üzere üç grup oluşturmuşlar; en fazla ısı artışının frezle soğutmasız çalışılan grupta saptandığını, Er:YAG lazer ve frezle soğutma ile çalışılan gruplarda benzer ısı artışları olduğunu bildirmişlerdir.

Hirato ve Furumoto [91] çalışmalarında, CO₂ (2W ve 5W 0.5 sn), Nd: YAG (5W ve 10W 2 sn) ve Er:YAG (150 mJ ve 250mJ 200 pulse) lazer ile hazırladıkları mine yüzeylerinde, sıcaklık artışıyla oluşan değişimleri incelemişlerdir. CO₂ lazerde süt beyazı kraterler ve erime odaklarına, Nd:YAG lazerde tebeşirimsi beyaz halkalar gözlemlendiğini, Er:YAG lazerin ise minede derin bir krater oluşturduğu ancak CO₂ ve Nd:YAG lazerde olduğu gibi termal bir hasar görülmediğini belirtmişlerdir.

Contente ve diğ. [92] kavite preparasyonu için Er:YAG lazer uygulaması sırasında süt dişlerindeki sıcaklık artışını değerlendirdikleri çalışmada, 250 mJ/ 10 Hz ve 250 mJ/15 Hz değerlerinde uygulama yapıldığında pulpa için kritik sıcaklığın aşılabileceğini; ancak bu konunun netleşmesi için daha fazla in vivo ve in vitro çalışmaya gereksinim olduğunu bildirmişlerdir.

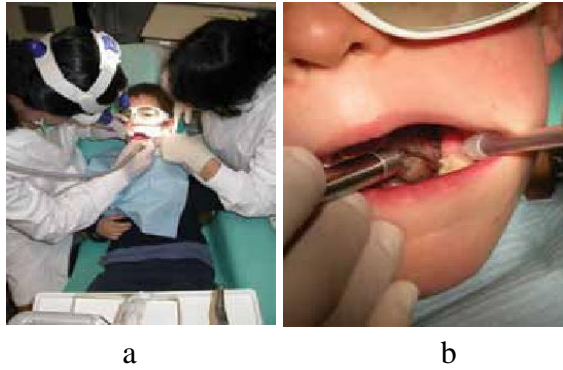
Levy ve diğ. [93] diş kesiminde aerotor başlığı ve frez kullanımının Er,Cr:YSGG lazere göre 3,7 kat daha fazla etkin olduğu, ancak lazerin minimal termal zarar vererek daha temiz bir mine yüzeyi bıraktığını belirtmişlerdir. Benzer bir lazer olan Er:YSGG (2,79µm) de dental dokular üzerinde aynı etkileri gösterdiği bildirilmektedir. Ancak erbium lazerler üzerinde yapıldığı kadar araştırmanın CO₂ lazer ile yapılmadığı görülmektedir. Ancak bu konuda CO₂ lazerlerin dental sert dokular üzerinde kullanımının uygun olmadığı düşüncesi yakın zamanlı araştırmalarda su soğutmasının yanında spesifik enerji seviyesi, atım süresi ve tekrar hızı parametrelerinin kullanılmasıyla değişmektedir. Literatürde, su soğutması kullanıldığında CO₂ lazerin de pulpa üzerinde termal hasara yol açmadan kullanılabileceğini gösteren çalışmalar yer almaktadır [82].

Lazer ile kavite preparasyonunun geleneksel teknik ile karşılaştırıldığında çeşitli avantaj ve dezavantajları vardır [Şekil 13 a-b]. Avantajları:

- Hasta tarafından kabul edilmesi daha kolaydır; temas, titreşim ve ses yoktur, anestezi ihtiyacı yok ya da çok azdır.
- İleri teknoloji, profesyonel kullanım ve çocukları için iyi bir tedavi alternatifi olmasından dolayı ebeveynler tarafından kabullenimi daha kolay olmaktadır.
- Lazer ışığının çürük doku tarafından selektif absorpsiyonu sayesinde minimal invaziv kavite preparasyonu yapılabilmektedir.
- Makro pürüzlü kavite yüzeyi oluşturması kompozit materyalin yüzeye adezyonunu arttırmaktadır.
- Smear tabakası oluşturmamaktadır.
- Kavitenin dekontaminasyonunu sağlamaktadır.
- Pulpada minimal sıcaklık artışı, daha az postoperatif hassasiyet oluşturmaktadır.
- Dentin tübüllerini tıkama imkanı vardır.
- Yumuşak ve sert dokuda aynı zamanda tedavi imkanı sağlamaktadır; örneğin, subgingival kavite sınırlarına ulaşabilmek için gingivektomi ve pulpotomi, ekspoze olan pulpanın koagülasyonu [68].

Geleneksel teknik ile karşılaştırıldığında bazı dezavantajları:

- Ekipman maliyetleri, zaman ve eğitim maaliyeti fazla olan bir teknolojidir. Uzun öğrenme zamanı gerekmektedir.
- Bağlanma kuvveti geleneksel teknik ile karşılaştırıldığında eşit ya da daha düşüktür [68].



Şekil 13 a-b: 5 yaşındaki çocuk hastada lazer ile kavite preparasyonu [68]

Lazer kullanımı ile mikrodüzensiz bir yüzeyin ortaya çıktığı ve smear tabakasının ise oluşmadığı bildirilmektedir. Bu düzensiz yüzey kompozit materyallerin adezyonu açısından avantaj sağlamaktadır. Ayrıca dentin kanallarının açıklığı hibrit tabakasının oluşumuna da yardımcı olmaktadır [94].

Süt dişlerinde yapılan bir in vitro çalışmada Er:YAG lazer ve geleneksel yöntemle (frez ile) açılan kaviteler farklı rezin materyallerle restore edilmiş ve mikrosızıntı dereceleri karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda, Er:YAG lazer kullanılan dişlerde anlamlı derecede daha yüksek sızıntı olduğu bulunmuştur [95]. Öznurhan ve Ölmez [96] ise Er,Cr:YSGG lazer ve frez kullanarak süt dişlerinde yaptıkları çalışmada Er,Cr:YSGG lazerin nanosızıntı açısından daha iyi sonuçlar gösterdiğini belirtmişlerdir.

Kohara ve diğ. [97] süt dişlerinde frez ve Er:YAG (300 mJ/ 4 Hz/ 1.2 W) lazer kullanarak sınıf V kavite hazırlamışlar; örneklere asit uygulamaksızın sırasıyla primer, adeziv ve kompozit uygulamışlardır. Kavite hazırlığı sırasında harcanan süre, kavite yüzey morfolojisi ve mikrosızıntı miktarları in vitro olarak değerlendirilmiştir. Kavite hazırlanması için gereken süre geleneksel yöntemde 0.41 ± 0.10 dk. ve lazerde 1.85 ± 0.82 dk. olarak belirlenmiştir. Makroskobik olarak yüzey özelliklerine bakıldığında, frezle hazırlanan kavite yüzeylerinin belirgin, duvar ve taban sınırlarının düzgün olduğu, lazer uygulaması ile pürüzlü ve düzensiz bir yüzey olduğu ancak yanma, karbonizasyon ve çatlakların gözlenmediği bildirilmiştir. SEM analizlerinde frezle hazırlanan grupta dentin tübüllerinin smear artıkları ile tıkalı olduğu, lazer uygulanan grupta ise smear artıklarının görülmediği belirtilmiştir. Mikrosızıntı sonuçlarında, lazer uygulanan grupta 2, frez uygulanan grupta 1 örnekte sızıntıya rastlanmazken, lazer grubunda 1 ve frez grubunda 7 örnekte kavite tabanına kadar sızıntı izlenmiştir. Lazerle yüzey hazırlığının, mikrosızıntıyı önlemede geleneksel yöntemle göre daha başarılı olduğu bildirilmiştir.

Kornblit ve diğ. [82] klinikte Er:YAG lazer ile tedavi ettikleri 30 hastanın süt azı ve daimi azı dişlerini 7. ve 28. günlerde kontrol etmişler ve hastaların hiç birinde postoperatif hassasiyet kaydetmemişlerdir.

Setien ve diğ. [98] Sınıf V kavite hazırlama preperasyon tekniğinin mikrosızıntıyı etkilemediğini; ayrıca lazer kullanılarak hazırlanan kavite hazırlama minenin pürüzlendirilmesinin mikrosızıntıyı azaltacağını belirtmişlerdir.

Lizarelli ve diğ. [99] Er:YAG lazerin farklı parametrelerinin süt ve daimi dişlerin dentininde oluşturdukları etkiyi araştırmışlardır. Er:YAG lazerin 300 mJ ve 400 mJ parametrelerinde çalışıldığında dentin yüzeylerinin düzensiz olduğu ve tübül ağzlarının orijinal boyutunu kaybettiği, Er:YAG lazerin 100 mJ ve 200 mJ parametrelerinde çalışıldığında ise dentin dokusunun orijinal karakterini koruduğu ve daha güvenli olduğu gözlenmiştir.

Karaarslan ve diğ. [100] daimi dişlerde 3 farklı çürük temizleme tekniği (Er:YAG lazer, frez ve kemomekanik temizleme) kullanmışlar; çalışma sonunda Er:YAG lazer ve frez grupları arasında yakın değerler elde etmişlerdir. Aynı çürük temizleme yöntemlerinin kullanıldığı başka bir çalışmada, süt dişlerindeki çürükten etkilenmiş dentinin adeziv materyallere bağlantısı in vitro olarak araştırılmış, frez ve kemomekanik tekniklerin lazere göre daha başarılı sonuçlar verdiği bildirilmiştir [101].

Celiberti ve diğ. [102] süt azı dişlerinde 4 farklı çürük uzaklaştırma yöntemini karşılaştırdıkları çalışmalarında, geleneksel karbit frezle daha hızlı ve etkin uzaklaştırma yapılabilmesine rağmen, Er:YAG lazerin daha seçici bir çürük temizleme sağladığını öne sürmüşlerdir. Tüm bu özellikler bir arada değerlendirildiğinde tedavilerde lazer kullanımının, yüksek teknoloji, profesyonel kullanım ve daha iyi terapötik etki sağlama sebebi ile çocuk hastaların ebeveynleri tarafından da olumlu karşılanabileceği belirtilmiştir [Şekil 14].



Şekil 14: Geleneksel kavite preparasyonu ve lazer ile kavite preparasyonu [57]

2.2.4. Endodontik Diş Tedavisinde Lazer Kullanımı

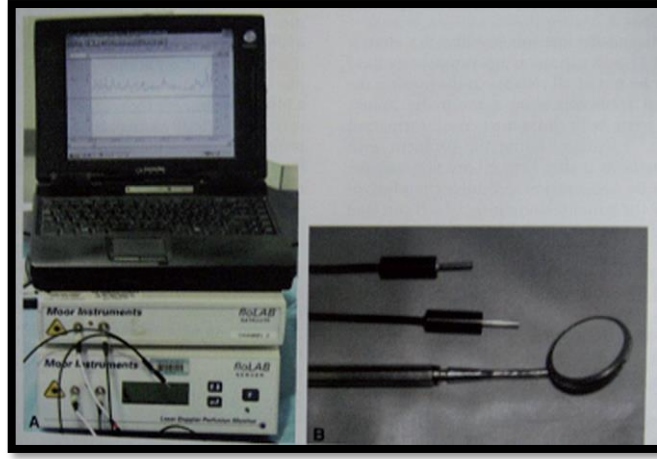
Günümüzde lazerin endodontik tedavide pulpa canlılığının ve pulpitislerin tanısında, kuafaj, pulpotomi ve kanal tedavisinde farklı amaçlar için uygulandığı görülmektedir.

2.2.4.1. Pulpa Canlılığının Belirlenmesi

Pulpa vitalitesinin değerlendirilmesi diş hekimliği pratiğinde çok önemli bir tanı prosedürüdür. Güncel rutin yöntemler, A-delta sinir liflerinin uyarılmasına dayanmaktadır ve pulpa içindeki kan akışı ile ilgili doğrudan bilgi vermemektedir. Termal stimülasyon, elektrik ile veya doğrudan dentin stimülasyonu olarak tanımlanan bu yöntemler hoş olmayan ve bazen de ağrılı bir his oluşturma ve tutarsız sonuçlar üretme potansiyeline sahip olabilmekte; yanlış pozitif ya da negatif cevap birçok durumda görülebilmektedir. Ayrıca her biri subjektif testlerdir, hastanın uyarana verdiği cevaba ve bu cevabın hekim tarafından yorumlanmasına dayanmaktadır [84].

Geleneksel yöntemlere alternatif olarak lazer sistemlerin dişlerin vitalitesinin değerlendirilmesinde kullanıldığı görülmektedir. Sıcak guta-perka uygulaması kalın mine/dentinde ve kişinin ağrı eşiği düzeyine göre hatalı sonuçlara neden olabilmesi nedeniyle bu tekniğe alternatif olarak Nd:YAG lazerin pulse modu kullanılması önerilmiş; Nd:YAG lazer ile stimule edilen ağrının, diğer geleneksel elektrik pulpa testlerine göre daha tolere edilebilir olduğu bildirilmiştir [10].

Hareketli bir merkezden yayılan dalgaların dalga boylarının ve frekanslarının değişmesi ile oluşan fenomen "Doppler Etkisi" olarak tanımlanır. Doppler Etkisi prensibine dayanarak kan içerisinde hareket eden partiküllerin hızlarının ölçümü için "Lazer Doppler Flowmetry" adında bir cihaz geliştirilmiştir. Lazer Doppler Flowmetry, pulpayı besleyen kan damarlarındaki kırmızı kan hücrelerinin akım hızındaki değişiklikleri hassas bir şekilde saptayabilen bir cihazdır. Gazelius ve diğ. tarafından 1986 yılında diş hekimliği literatüründe tanımlanmıştır. Ancak bu yöntem, klinik uygulamalarda pahalılığı ve uygulama süresinin uzunluğu nedeni ile kısıtlı kullanım alanı bulmuştur [7] [Şekil 15].



Şekil 15: Lazer Doppler Flowmetry monitör ve problearı [103]

Lazer Doppler Flowmetry cihazında kullanılan lazer tipi 1 veya 2 mW düşük güçte Helium Neon (HeNe) ve GaAlAs Diyot lazerlerdir. HeNe lazerin dalga boyu 632,8 nm, Diyot lazerin dalga boyu 780-820 nm arasındadır [10].

Özellikle travma veya çürük sebebiyle pulpanın hasara uğradığı durumlarda pulpa vitalitesinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Dişin vitalitesini değerlendiren ideal teknik; ağrısız, non-invaziv, kalibrasyona uygun, objektif, gerçekçi ve ucuz olarak tanımlanır. Dental travmalarda diğer vitalite testleri travmadan en az 6 hafta sonra doğru sonuçlar verebilirken Lazer Doppler Flowmetry ile travmanın gerçekleştiği gün bile değerlendirme yapılabilmektedir. Bu nedenle, Lazer Doppler Flowmetry travma yaralanmaları ya da ortodontik tedavilerden sonra, dişlerin vitalitesinin değerlendirilmesinde diğer teşhis yöntemlerine göre avantaj oluşturmakta ve objektif sonuçlar vermektedir [7].

Fratkin ve diğ. [104] süt dişlerinin pulpal kan akış hızlarını Lazer Doppler Flowmetry (LDF) ve elektrokardiogram (EKG) ile değerlendirmişlerdir. Çekilen veya pulpası ekstirpe edilen süt dişleri LDF ile değerlendirildiğinde vital süt dişlerine göre belirgin oranda farklı sonuçlar verdiği saptanmıştır. EKG ile LDF arasında yapılan kıyaslamada istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı; LDF'in süt dişlerinin intra pulpal kan akımının ölçülmesinde ağrısız, objektif ve non invaziv bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir.

Chen ve Abbott [105] Lazer Doppler Flowmetry (LDF), elektrikli pulpa testi (EPT) ve çeşitli termal testlerin (buz, CO₂ ve endo frost (EF)) güvenilirliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında; LDF, CO₂ ve EPT' in güvenilir, doğru sonuç veren yöntemler olduğu, CO₂ ve EPT' in LDF'ye göre daha az zaman aldığı belirtilmiştir.

Lazer Doppler Flowmetry (LDF), marjinal diş eti ve diğer dental bölgelerin kan akımları hakkında da bilgi verebilmektedir. Karayılmaz ve Kırzioğlu [106]; LDF, elektrikli pulpa testi (vitalometre) ve puls oksimetrenin karşılaştırmasını yaptıkları çalışmalarında, LDF'nin diğer yöntemlere kıyasla anlamlı derecede daha doğru sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Lazer Doppler Flowmetry cihazı yüksek doğruluk oranına sahip olsa da bazı sınırlamaları ve sakıncaları da bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, sadece 1 mm³ lük bir hacim içinde yalnız eritrositlerin hareketlerini algılayabilmesidir. İkincisi ise, çok geniş damar ağına sahip diş eti bölgesinde ölçüm sırasında probun az bir hareketinin bile ölçümü değiştirebilmesi ve tekrarlanan ölçümlerde stabil bir değer in sağlanamamasıdır [7].

Ghouth ve diğ. [107] 8-16 yaş arası 74 hastada kök kanal tedavisi yapılmış veya pulpası ekstirpe edilmiş daimi maksiller santral veya lateral diş ile bu diş e komşu vital anterior dişler üzerinde LDF, elektrikli pulpa testi ve etil klorür uygulayarak testlerin duyarlılıklarını ve özgüllüklerini karşılaştırmışlardır. LDF'in duyarlılığı %53 ve özgüllüğü %33, elektrikli pulpa testi için duyarlılık %83.8–%94.6 , özgüllük %89.2–%97.6 ve etil klorür için duyarlılık %81.1–%91.9, özgüllük %73–%81.1 olarak saptanmıştır. LDF'in, vital ve devital dişler arasında ayırım yapamadığını, özellikle çocuklarda klinik kullanım için önerilmeden önce pulpal kan akışının değerlendirilmesinde daha da geliştirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

2.2.4.2. Pulpitislerin Ayırıcı Tanısı

Pulpanın değişik patolojik safhaları da lazer ile teşhis edilebilmektedir. Sağlıklı pulpa Nd:YAG lazer ile 2W ve saniyede 20 atım üretecek şekilde ve lazerin ucu diş e yaklaşık 10 mm uzaktan uyarıldığında, lazer uygulamasından sonra diş te 20-30 saniyede ağrı oluşmakta ve lazer uyarımı kesildikten sonra birkaç saniyede ağrı kaybolmaktadır. Akut pulpitis durumunda ise lazer uygulaması yapılır yapılmaz ağrı başlamakta ve lazer uyarımı durduktan sonra ağrı ortalama 30 saniye kadar devam etmektedir [10].

Akut seröz pulpitis ve akut süpüratif pulpitis teşhisinde çürüklerin elektrik akım direnci ile lazer uyarımının oluşturduğu ağrı beraber kullanılmaktadır. Elektrik akım direnci 15,1 mΩ'dan fazla ve lazer uyarımından sonra hastanın ağrısı 30 saniyeden uzun sürüyorsa teşhis akut seröz pulpitistir. Elektrik akım direnci 15,0 mΩ'dan az ise ve ağrı süresi 30 saniyeden uzun sürüyorsa teşhis akut süpüratif pulpitistir. 15.0 mΩ'dan daha az direnç çürük kavitesi ile pulpa odası arasında herhangi bir şekilde sağlıklı sert dentin dokusunun kalmadığının belirtisi olarak görülmektedir [10].

2.2.4.3. Pulpa Kuafajı

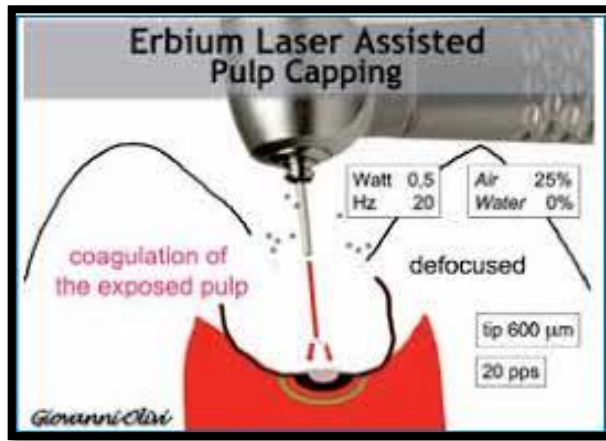
Lazer tedavisinin hemoraji kontrolünde, atravmatik cerrahide ve sterilizasyonda önemli bir avantajının olması diş hekimliğinde direkt ve indirekt pulpa kaplama alanında kullanımını gündeme getirmiştir [10].

Direkt pulpa kuafajı, çürük yada travma sonucupulpa odasının ağız ortamına açılması ve açılan bu alanın biyouyumlu bir materyal ile kapatılması işlemidir. Tedavinin başarısı ise doğru teşhise, kanama kontrolü sağlandıktan sonra oluşan olumlu doku cevabına ve perfore olan bölgede patolojik mikroorganizma oluşumunun engellenmesine bağlı olmaktadır [7].

Hasheminia ve diğ. [108] mineral trioksit agregat (MTA), Er:YAG lazer ile MTA, Er:YAG lazer ile Ca(OH)₂'in birlikte kullanıldığı direkt pulpa kuafaj tedavilerinin başarısını 36 adet hayvan dişinde araştırmışlar; deney gruplarda dentin köprülerinin oluştuğunu ancak lazer ile

MTA'nın birlikte kullanıldığı grupta daha iyi iyileşme, daha az doku cevabı ve nekroz oluşumu görüldüğünü, Er:YAG lazerin her iki materyal ile birlikte kullanımının uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Jayawardena ve diğ. [109] fare dişlerinde pulpa ekspozunda Er:YAG lazer ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uygulaması sonrasında pulpa cevabını incelemişlerdir. Lazer grubunda perforasyon bölgesine 10 Hz, 150 μJ enerji ve sonrasında $\text{Ca}(\text{OH})_2$ uygulamışlar, kontrol grubunda ise sadece $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kullanmışlar; dişleri 0., 3. günde ve 1., 2. haftada histopatolojik olarak değerlendirmişlerdir. 0. günde, kontrol grubunda 8 örneğin 6'sında hemoraji, az sayıda örnekte pulpada dentin parçaları gözlemlendiğini ve tüm örneklerde pulpaların histolojik olarak normal görünümde olduğunu; lazer grubunda ise sadece bir örnekte hemoraji görüldüğünü, perforasyon bölgesindekiler hariç diğer odontoblastların sıralanmasında devamlılığın kaybolmadığını, pulpanın bağ dokusu hücrelerindeki artış dışında histolojik olarak normal görünümde olduğunu belirtmişlerdir. 3.günde, kontrol grubunda $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in hemen altındaki hücrelerde disorganizasyon ile birlikte polimorf nükleer lökosit hücre infiltrasyonu gözlemlendiğini; lazer grubunda ise $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hemen altında yüzeysel bir nekrotik alan ile birlikte polimorf nükleer lökosit hücre infiltrasyonu ve makrofajlarda artış görüldüğünü bildirmişlerdir. 1.haftada, kontrol grubunda perforasyonun her iki duvarında ince bir reparatif dentin tabakası; lazer grubunda ise reparatif dentin tabakası ile birlikte dentin köprüsünün oluşumunun başladığını belirtmişlerdir. 2.haftada, kontrol grubunda dentin köprüsü odakları izlendiğini, lazer grubunda ise perforasyon bölgesinde iyi organize olmuş dentin köprüsü ve normal pulpa histolojisi görüldüğünü öne sürmüşlerdir. Sonuç olarak, Er:YAG lazer kullanımı ve takiben ekspoz pulpa yüzeyinin $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile kaplanması sonrası pulpanın dentin köprüsü oluşturarak patolojik cevap oluşmaksızın iyileştiğini bildirmişlerdir [Şekil 16].



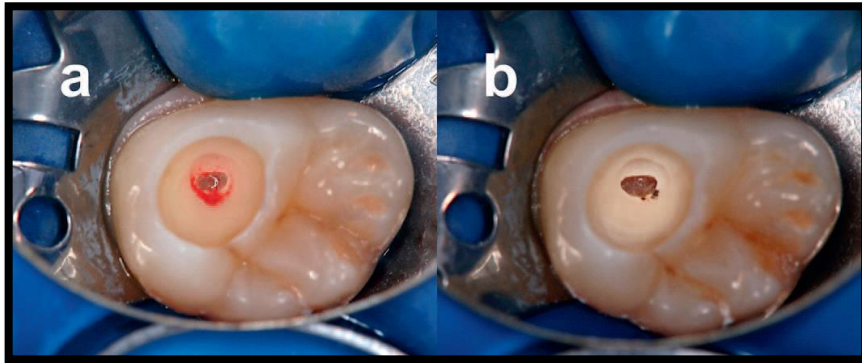
Şekil 16: Erbium lazer ile pulpa kuafajı [110]

Cengiz ve Yılmaz [111], direkt kuafajda 0.5 W enerji seviyesinde Er,Cr:YSGG lazer, reçine bazlı trikalsiyum silikat, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 'in uygulanmasının 1.hafta, 1., 3. ve 6. aylarda klinik ve radyografik başarısını incelemek amacı ile 18-40 yaş grubu 60 hastanın vital, semptomsuz 60 dişine $\text{Ca}(\text{OH})_2$, TheraCal(Bisco,IL), Er,Cr:YSGG-kalsiyum hidroksit, Er,Cr:YSGG lazer-TheraCal, Er,Cr:YSGG lazer uygulamışlar; canlılık kaybı, spontan ağrı, termal uyaran ve perküsyona tepki, radyografik değişiklikleri başarısızlık olarak değerlendirmişlerdir. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ve TheraCal gruplarındaki başarı oranlarının sırasıyla %73.3 ve %66.6 olduğunu, bu oranlar

arasında anlamlı farklılık saptanmadığını; her iki lazer grubunda başarı oranlarının ise %100 olduğunu belirtmişlerdir. Er,Cr:YSGG lazer-TheraCal, Er,Cr:YSGG lazer-Ca(OH)₂ gruplarında başarının TheraCal-Ca(OH)₂ grubuna göre anlamlı derecede daha yüksek olduğunu; 0.5W gücündeki Er,Cr:YSGG lazerin, direkt pulpa kuafajında başarı ile kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Moritz ve diğ. [112] mekaniksel olarak perfore olan toplam 200 dişin direkt pulpa kuafajında CO₂ lazer ve klasik Ca(OH)₂ yöntemleri uygulanması sonrası 12. ayda pulpa vitalitesini Lazer Doppler Flowmetry ile değerlendirmişler; CO₂ lazer ile yapılan direkt pulpa kuafajlarında %89 başarı, Ca(OH)₂ ile pulpa kuafajı yapılan dişlerde %68 oranında başarı elde edildiğini, CO₂ lazer grubunda saptanan yüksek başarı oranının hemorajinin kontrolüne, dezenfeksiyona ve diş pulpa dokularının stimülasyonuna bağlı olabileceğini belirtmişlerdir.

Suzuki ve diğ. [113] CO₂ lazerin direkt pulpa kuafajında kullanımının pulpadaki yara iyileşmesi üzerine etkilerinin incelenmesi amacı ile CO₂ lazer ışınlaması (0.5W, atım süresi-0,2 ms, aralık -5,8 ms, 0,003 J/atım) veya Ca(OH)₂ (Dycal)'i 17 gönüllünün 28 adet 3.molar dişinde uygulamışlar ve dişleri kompozit ile restore etmişlerdir. Dişler tedaviden 6 ya da 12 ay sonra çekilmiş; pulpa doku düzensizliği, inflamatuvar hücre infiltrasyonu, onarıcı dentin oluşumu, bakteriyel penetrasyon parametreleri açısından histolojik olarak değerlendirilmiştir. 6. ve 12. aylarda gruplar arasında tüm parametrelerde anlamlı fark bulunmamış; CO₂ lazerin ekspoze pulpadaki kanamayı ve eksüdayı kontrol ettiği, CO₂ lazer grubundaki dişlerden 4'ünde 12 ay sonra dentin köprüsünün tam olarak oluştuğunun gözlemlendiği belirtilmiştir [Şekil 17 a-b].



Şekil 17 a-b:CO₂ lazer uygulaması öncesi ve sonrasında expoze pulpa (105)

Wilder-Smith ve diğ. [114] köpekler üzerinde CO₂ lazerin direkt pulpa kuafajında kullanımını değerlendirmişler; CO₂ lazerin 17 köpek dişinin 15'inde başarılı olduğunu bildirmişlerdir. Yazdanfar ve diğ. [115] geleneksel yöntemle bir diyot-lazer destekli yöntemi karşılaştırmış, 1 yıl sonra geleneksel yöntem için %60 ve 808 nm diyot işlemi için %100 hayatta kalma oranı belirtmişlerdir.

Javed ve diğ. [116] yaptıkları meta analiz çalışmasında direkt pulpa kuafajında lazerin kullanımına ilişkin 6 klinik ve 3 hayvan çalışması niteliğindeki toplam 9 çalışma değerlendirilmiştir. Takip süreleri 2 hafta ve 54 ay arasında değişen çalışmaların üçte ikisinden fazlası, lazer tedavisinin pulpa canlılığının korunmasında geleneksel tedaviden daha etkili olduğunu göstermiştir. Meta-analizde, ekspoze pulpanın lazer tedavisi sonrası iyileşebildiği,

lazer tedavi grubundaki başarı oranının kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek olduğu bildirilmiştir.

2.2.4.4. Vital Amputasyon (Pulpotomi)

Pulpotomi; çürüğün kaldırılması ya da travma nedeniyle ekspoz olan dişlerin tedavisinde uygulanan bir tedavi yaklaşımıdır. Bu yöntemde, koronal pulpa uzaklaştırılmakta ve kök pulpası yüzeyine bir medikament uygulanmaktadır. Amaç; inflame kron pulpasının uzaklaştırılması ve tedavi edilen dişin asemptomatik olarak ağızda tutulabilmesidir [117].

Pulpotominin süt dişlerinde en çok uygulanan endodontik tedavi yöntemi olduğu bildirilmektedir. Süt dişlerinde formokrezol, gluteraldehit, ferrik sülfat, Ca(OH)₂, MTA ve lazer gibi pek çok farklı materyal ve yöntemin uygulandığı, farklı klinik ve radyografik başarı oranları verildiği görülmektedir. Çocuklarda dünyada yüksek klinik ve radyografik başarı göstermesi nedeni ile uzun yıllar yaygın şekilde kullanılan ve pek çok araştırmacı tarafından altın standart olarak kabul edilen formokrezolün, karsinojenik ve mutajenik özelliklerinin bildirilmesi, kokusunun çocukları rahatsız edebilmesi ve mukozal yüzeyler ile temasının nekroza yol açabilmesinin vurgulanması nedenleri ile günümüzde ferrik sülfat ve MTA pulpotomisi tercih edilmektedir [85, 118, 119] [Tablo 2 ve 3].

Tablo 2. Formokrezol ve ferrik sülfat pulpotomilerinin karşılaştırılması [118]

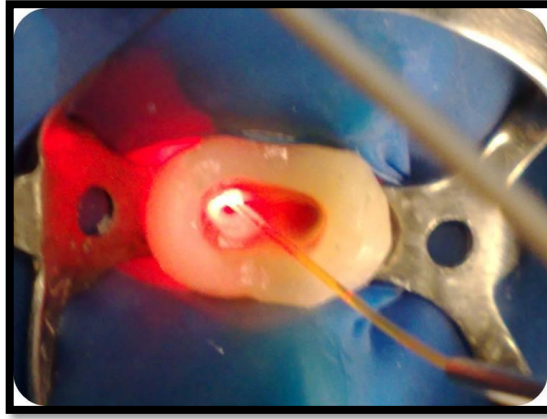
	Süt Azıllar		Başarı(Klinik)		Başarı(Radyografik)		Takip süresi (AY)
	FK (N)	FS (N)	FK N(%)	FS N(%)	FK N(%)	FS N(%)	
Fei ve ark.(1991)(46)	27	29	26(96)	29(100)	22(81)	28(97)	12
Fuks ve ark(1997)(57)	37	55	31(84)	51(93)	27(73)	41(93)	35
Aktören ve Gencay(2000)(3)	24	24	21(88)	21(88)	19(80)	20(84)	24
Papagiannoulis(2002)(122)	60	73	58(97)	66(90)	47(78)	54(74)	36
Ibrevic ve Al-Jame(2003)(79)	80	84	78(97)	81(96)	75(94)	77(92)	42-48
Huth ve ark.(2005)(78)	48	49	46(96)	49(100)	43(90)	42(86)	24
Markovic ve ark.(2005)(106)	33	37	30(91)	33(89)	28(85)	30(81)	18
Neamatollahi ve ark.(2006)(118)	45	45	40(100)	41(100)	37(92)	33(81)	12

Tablo 3. Formokrezol ve MTA pulpotomilerinin karşılaştırılması [118]

	Süt Azıllar		Başarı(Klinik)		Başarı(Radyografik)		Takip süresi (AY)
	FK (N)	MTA (N)	FK N(%)	MTA N(%)	FK N(%)	MTA N(%)	
Cuisia ve ark.(2001)(30)	30	30	28(93)	29(97)	23(77)	28(93)	6
Agamy ve ark.(2004)(1)	20	19	18(90)	19(100)	18(90)	19(100)	12
Jabbarifar ve ark.(2004)(82)	32	32	29(91)	30(94)	29(91)	30(94)	12
Farsi ve ark.(2005) (44)	36	38	35(97)	38(100)	31(86)	38(100)	24
Holan ve ark.(2005) (75)	29	33	24(83)	32(97)	24(83)	32(97)	<74
Naik ve Hedge(2005) (117)	23	24	23(100)	24(100)	23(100)	24(100)	6
Neamatollahi ve ark.(2006)(118)	45	45	40(100)	39(82)	37(92)	33(83)	12

Lazer teknolojisi; pulpotomi ve pulpa koagülasyonunda alternatif yöntem olarak kullanılması önerilmektedir [1]. Çalışmalar lazer uygulamasının pulpa tedavisinde etkili bir yöntem olduğunu ve sonuçların başarılı olduğunu bildirmektedir. Konvansiyonel teknikler ile karşılaştırıldığında; hemostaz, diş apeksine yakın canlı dokuların korunması, kokunun ve titreşimin olmaması, dolayısıyla çocuğun ve ailesinin memnuniyetinin daha yüksek olması gibi pek çok avantajları bulunmaktadır [85].

Vital pulpa amputasyonunda Nd:YAG ve CO₂ lazer 1-4 W şiddetinde uygulanmaktadır. Lazer amputasyon işlemi sırasında tek başına uygulanabilmesine rağmen bu işlemin belirgin bir zaman alması pulpa dokusunun zarar görmesine neden olabildiğinden, Nd:YAG ve CO₂ lazerin pulpanın ekskavator ile kaldırılması sonrası pulpal hemostazı sağlamak amacıyla kullanılması önerilmektedir [10] [Şekil 18].



Şekil 18: Lazer ile pulpotomi tedavisi [120]

Elliot ve diğ. [121] 15 sağlıklı çocukta toplam 30 süt dişinin vital amputasyonunda ortalama 7,2-21 J enerji seviyesinde uygulanan CO₂ lazerin ve formokrezolün başarısını 28. ve 90. günlerde klinik, radyolojik ve histolojik olarak karşılaştırmışlardır. CO₂ lazer ile tedavi edilen süt dişlerinin 2'sinde internal rezorbsiyon, formokrezol ile tedavi edilen süt dişlerin 1'inde internal rezorbsiyon izlenmiştir. Pulpada 28.günde; formokrezol grubunda orta derecede inflamatuvar hücre infiltrasyonu, özellikle çinko oksit öjenol'e (ZOE) komşu bölgelerde yoğun inflamatuvar hücre infiltrasyonu; lazer grubunda inflamatuvar hücre infiltrasyonu ve nekroz odakları görüldüğünü bildirmişlerdir. 90.günde, formokrezol grubunda özellikle ZOE komşu bölgelerde nekroz odakları, yoğun akut ve kronik inflamatuvar hücre infiltrasyonu, lazer grubunda ise daha az oranda akut ve kronik inflamatuvar hücre infiltrasyonu gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar CO₂ lazer ile tedavi edilen süt dişlerinde daha az oranda inflamasyon hücreleri görüldüğünü; ancak klinik ve radyografik bulgularda anlamlı farklılık olmadığını öne sürmüşlerdir.

Süt dişlerinin pulpotomisinde CO₂ lazer ve formokrezol başarısı karşılaştırıldığında, lazer terapısından sonra pulpal inflamasyonun azaldığı ve üstün klinik sonuçlar elde edildiği; lazer enerjisinin kanamayı kontrol altına aldığı ve hücre stimülasyonunu sağladığı bildirilmiştir [1].

Cannon ve diğ. [122] sığır dişlerinde ferrik sülfat, formokrezol ve diyot lazer ile gerçekleştirdikleri amputasyon tedavilerinden 28 gün sonra dişleri histolojik olarak incelemişler ve en az inflamasyonun diyot lazer grubunda oluştuğunu belirtmişlerdir.

Sivadas ve diğ. [123] ferrik sülfat ve diyot lazer ile pulpotomi sonrası pulpa dokusunu dentin köprüsü oluşumu, oluşan dentin kalitesi, dentin köprülerinin yeri, doku reaksiyonu, inflamatuvar hücre yanıtı ve nekroz açısından histolojik olarak değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, diyot lazer ve ferrik sülfatın dentin köprüsü oluşturabildiği; ancak dentin köprüsü niteliğinin lazer grubunda daha iyi olduğu, lazer grubunda istatistiksel olarak anlamlı olmasa da ferrik sülfat grubuna kıyasla daha fazla makrofaj infiltrasyonu, inflamatuvar hücre infiltrasyonu ve nekroz alanları görüldüğü bildirilmiştir.

Kuo ve diğ. [124] 2017 yılında yaptıkları retrospektif kohort çalışmasında diyot lazer, sodyum hipoklorit ve hiçbir medikament kullanılmadan süt molar dişlerde yapılan amputasyonların 24 aylık klinik takip süresince klinik ve radyografik başarı oranları değerlendirilmiştir. Çalışmaya 145 süt azı dişi dahil edilmiş, dişler deneyimli pedodontistler tarafından tedavi edildiğinde ve paslanmaz çelik kuronlarla restore edildiğinde, diyot lazer veya sodyum hipoklorit kullanılarak yapılan pulpotomilerin klinik ve radyografik başarı oranları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Diyot lazer, sodyum hipoklorit veya hiç medikament kullanılmadan pulpotomi ile tedavi edilen süt azı dişlerinde 2 yıllık klinik başarı oranları %100, 2 yıllık radyografik başarı oranları ise diyot lazer, sodyum hipoklorit kullanılarak veya ilaçsız olarak uygulanan pulpotomiler için sırasıyla %90.9, %100 ve %87.5 olarak tespit edilmiş; uygulanan tüm yöntemlerin süt dişlerinde tercih edilebileceği bildirilmiştir.

Durmuş ve diğ. [125] 5-9 yaş grubu 58 çocukta formokrezol (FK), ferrik sülfat (FS) ve diyot lazer (DL) pulpotomi tekniği uygulanan ve paslanmaz çelik kuronlarla restore edilen 120 süt azı dişini 1, 3, 6, 9 ve 12. aylarda klinik ve radyografik olarak izlemişlerdir. FK grubunda FK (1:5 Buckley formokrezolu) 5 dk, FS grubunda %15.5'lik FS 15 sn, DL grubunda, pulpanın tam hemostazı için lazer 1.5 W, 30 Hz ve 50 mJ'de 10 sn süre ile uygulanmıştır. 12. ayda klinik başarı oranları FC, FS ve DL gruplarında sırasıyla %97, %95 ve %100; radyografik başarı oranları %87, %79 ve %75 olarak bildirilmiş, oranlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Diyot lazer ile pulpotominin yüksek bir klinik başarı oranı gösterdiği, ancak radyografik başarı oranı açısından geleneksel formokrezol ve ferrik sülfat pulpotomilerinin yerini alamayacağı bildirilmiştir.

Odabaş ve diğ. [126] Nd:YAG lazer ve formokrezol kullanılarak yapılan amputasyonları klinik, radyolojik ve histopatolojik olarak değerlendirmişler; gruplar arasında klinik ve radyolojik olarak anlamlı farklılık bulunmadığını, Nd:YAG lazerin amputasyon tedavilerinde alternatif olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

De Coster ve diğ. [119] 7 makaleyi değerlendirmişler ve lazerlerin (632/980 nm diyot lazerler, Nd:YAG, Er:YAG, CO₂) geleneksel pulpotomi tekniklerinden daha az başarılı olduğu sonucuna varmışlardır.

Lin ve diğ. [127] 37 çalışma ve 22 meta-analiz içeren çalışmasında, süt molar dişlerin pulpotomisinde MTA'nın Ca(OH)₂ ve lazer tedavisinden anlamlı olarak daha iyi sonuçlar verdiğini ve ilk tercih olduğunu vurgulamışlardır.

Yadav ve diğ. [128] diyet lazer ve elektrocerrahi ile yapılan pulpotominin ferrik sülfat pulpotomisine göre 9 aylık takip sonucunda daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir. Gupta ve diğ. [129] 30 süt azı dişinde yapılan lazer pulpotomisinin başarılı klinik ve radyografik sonuçlar gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar pulpotomide sızdırmazlık amacıyla kullanılan kaide malzemesinin başarıdaki önemini vurgulamışlardır [130].

Sonuç olarak, güncel ampütasyon tedavilerinde lazer kullanımını popüler bir tercih olarak dikkat çekicidir ve yapılan çalışmalar lazerin bu alanda bir alternatif olabileceğini göstermektedir [7].

2.2.4.5. Kanal Tedavisi

Kanal tedavilerinde lazerin kanal şekillendirmesi, smear tabakasının kaldırılması, kanal içi dezenfeksiyonu, apikal foramenin tıkanması, apikal rezeksiyona kadar pek çok alanda kullanılabilirdiği bildirilmektedir.

2.2.4.5.1. Kök Kanallarının Şekillendirilmesi

Günümüzde lazerlerin kanalların şekillendirilmesinde kullanılmasının geleneksel kanal preprasyonunda görülen olumsuzlukları gidermesi açısından avantaj sağladığı görülmektedir. El enstrümanları ve döner alet sistemleri ile yapılan geleneksel kanal şekillendirmesinde oluşan smear tabakasının dentin kanallarını tıkadığı ve yapısındaki mikroorganizmaları dentin kanallarına taşıyarak kanal tedavisinin başarı şansını azalttığı bildirilmektedir. Ayrıca irrigasyon solüsyonlarının smear tabakasını tamamen uzaklaştırmakta yetersiz kaldığı; kanal anatomisinin kompleks yapısı nedeni ile kanal aletlerinin ve irrigasyon solüsyonlarının özellikle 1/3 apikal bölgeye ulaşamadığı alanların eliminasyonu amacı ile apikal bölgede yapılan agresif şekillendirmenin apikal yapıyı bozduğu, basınçla uygulanan solüsyonların apikalden taşması sonucu ise apikal bölgede irritasyon, şiddetli doku reaksiyonları ve ağrıya neden olduğu belirtilmektedir. Lazerler endodonti prosedürlerinde yaşanan bu olumsuzlukların giderilmesinde alternatif olarak görülmektedir. Smear tabakası oluşmadığı için kanal boyunca açık kalan bu tübüllere kanal dolgu matının penetre olabilmesi ile kanal dolgusunun tutuculuğunun da arttığı bildirilmektedir [7].

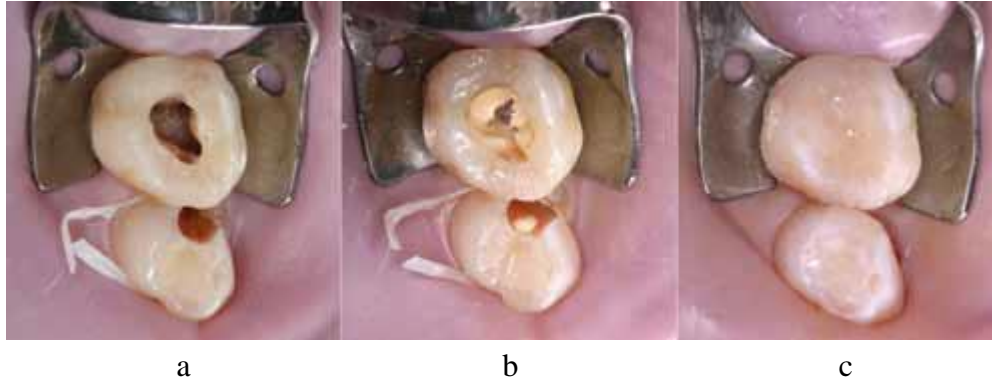
Lazerlerin endodontik tedavide kullanılabilmesi için özel bir prob yardımıyla uygulanmaları gerekmektedir. Bu özel prob apikal-vertikal yönde değil horizontal yönde ışın uygulamaktadır; bu şekilde apikal dokuların etkilenmesi engellenmektedir [131].

Soares ve diğ. [132] kök kanal duvar temizliği ve şekillendirilmesinde Er,Cr:YSGG lazer, manuel teknik veya döner aletler kullanımını karşılaştırmışlardır. Lazer, hem döner alet hem de manuel teknikle karşılaştırıldığında temizleme ve şekillendirme işleminin tamamlanmasını daha kısa sürede gerçekleştirmiş, döner aletlere kıyasla benzer temizleme sonuçları vermiş ve manuel enstrümantasyondan daha üstün bulunmuştur.

Kokuzawa ve diğ. [133] koronal ve orta üçlü şekillendirmesi ve apikal üçlü bölgesinin 25 numaralı K file eğe ile şekillendirilmesi sonrası Er:YAG lazer uygulamışlardır. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile yapılan incelemelerinin sonucunda, Er:YAG lazerin geleneksel yöntemler kullanılarak yapılan endodontik tedavilere göre daha etkin bir preparasyon sağladığını bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada Er:YAG lazerin, smear tabakası oluşturmadan kanal boyunca uzanan dentin tübüllerinin açılmasını sağladığı da gösterilmiştir.

Araştırmacılar, kanal duvarı ve lazerin optik ucu arasındaki mesafenin çok yakın olduğu durumda Er:YAG lazerin kök dentinini şekillendirdiğini, lazerin su soğutması ile birlikte kullanıldığında smear tabakası ve debrisin uzaklaştırılmasında etkin bir cihaz olduğunu bildirmektedir. Arısu ve diğ. [134] yapmış olduğu apikal rezeksiyon çalışmasında, Nd:YAG lazerin, uygulanan örneklerde smear tabakasını ve debrisi uzaklaştırmasının yanında kanal duvarlarındaki dentin yüzeylerinde rekristalizasyon ve erimelerin oluştuğunu ve bu erimelerin dentin tübüllerini tıkayarak dentin geçirgenliği engellediğini bildirmişlerdir. Fransson ve diğ. [135] Nd:YAG lazer kullanılmasıyla smear tabakasının uzaklaştırıldığını ve dentin tübüllerinin bir kısmının tıkandığını bildirmişlerdir.

Parsiyel pulpektomi, süt ve genç sürekli dişlerde yapılan kanal tedavisidir ve irreversible pulpitis veya nekrotik pulpa nedeniyle minimum patolojik kök rezorpsiyonu (iç veya dış) olan veya olmayan dişler için endikedir. Geleneksel teknik, tüm koronal ve kök pulpa dokusunun çıkarılmasını, sınırlı mekanik enstrümantasyonu, uygun solüsyonlar kullanılarak kök kanal dezenfeksiyonu ve kök kanallarının rezorbe olabilen bir malzeme olan Ca(OH)_2 ile doldurulmasını içerir. Süt dişlerinde pulpektomi için lazer kullanımı üzerine PubMed'de az sayıda çalışma endekslenmiştir [57] [Şekil 19 a-c].



Şekil 19 a-c: Er,Cr:YSGG lazer ile yapılmış restoratif (64 nolu diş) ve endodontik tedavi (65 nolu diş) [57]

2.2.4.5.2. Kök Kanallarının Dezenfeksiyonu

Kanal tedavisi gerektiren dişler için temel amaç kök kanal sisteminde mikrobiyal bir enfeksiyon gelişmesini önlemek ya da mevcut mikrobiyal enfeksiyonu elimine etmektir. Geleneksel olarak, kök kanallarında enfekte pulpa ve dentin dokularını çıkarmak ve kanalın doldurulmasına uygun şekli almasını sağlamak için kemo-mekanik yöntemler kullanılmaktadır. Kemo-mekanik yöntemler başarılı bir şekilde uygulansa bile bazen iyileşme sağlayamadığı; antimikrobiaal irriyanların bakteriyel yükü azalttığı, ancak bu ajanların dentin tübüllerinin derinlerine nüfuz etme yeteneğinden yoksun olduğu belirtilmektedir [136].

Lazerler ile nekrotik pulpa dokusu tam olarak çıkarılamamaktadır. Bu nedenle, ekstripsiyon sonrası lazerin kanal şekillendirmesi ve dezenfeksiyonu için uygulanması önerilmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalar, pulpanın lazer terapısından önce ekstripe edilmesinin kök kanal sisteminde daha iyi bir dezenfeksiyon sağlayacağını göstermektedir. Lazerin irriyasyon solüsyonları ile kombine kullanılmasının da kanal içi dezenfeksiyonu açısından önemli olabileceği öne sürülmektedir [7].

Kök kanallarında lazer kullanılmasının kanalların sterilizasyonu ile birlikte, preparasyon sırasında kanal duvarlarında oluşan organik ve mineral debrisin ve smear tabakasının uzaklaştırılmasında da etkili olduğu bildirilmektedir. Biyomekanik enstrümantasyon sonrası uygulanan CO₂, Nd:YAG, argon, Er,Cr:YSGG ve Er:YAG lazerlerin kök kanal duvarlarındaki debrıs ve smear tabakasını kaldırabildiği gösterilmiştir [7].

Sürekli dişlerde ana ve lateral kanalların daha iyi dekontaminasyonu için farklı lazerler (erbium lazerler, diyet, Nd:YAG) kullanılarak çeşitli protokoller geliştirilmiştir [137].

Süt ve daimi diş kanal tedavilerinde kanal dezenfeksiyonu, smear tabakası ve debrisin kaldırılması açısından Nd:YAG lazer, el eğeleri, döner alet sistemlerinin etkinliğinin karşılaştırıldığı çalışmada, Nd:YAG lazerin geleneksel döner alet sistemlerine benzer ancak el enstrümanları ile yapılan şekillendirmeden ve dezenfeksiyondan daha iyi sonuçlar sağladığı belirtilmiştir [7] [Şekil 20].



Şekil 20: Nd:YAG lazerin kanal dezenfeksiyonunda kullanımı [2]

Enterococcus faecalis; dentin tübüllerinin derinliklerine kadar invaze olabilen, kemo-mekanik temizliğe karşı dayanabilen ve besin seviyesi azaltılsa bile canlılığını sürdürebilen gram pozitif, fakültatif anaerob bir bakteridir ve kanal tedavisinin başarısızlığında önemli rol oynamaktadır [7].

Prethee ve diğ. [138] yaptıkları çalışmada diyet lazerin Enterococcus faecalis üzerine etkinliğini araştırmışlar; diyet lazerin geleneksel yöntemle birlikte kullanılmasının etkili sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Bahrololoomi ve diğ. [139] Er:YAG lazerin kök kanal dezenfeksiyonu üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, 60 adet çekilmiş anterior süt dişi iki gruba ayrılmış; 1.grup %5.25 NaOCl ve Er:YAG lazer, 2.grup ise sadece %5.25 NaOCl ile dezenfekte edilmiştir. Kanal içeriği örnekleri kültürlenip koloni sayıları hesaplandıktan sonra, her iki grupta da koloni sayıları arasında anlamlı fark olmadığı ancak birinci gruptaki koloni sayısının ikinci gruptan daha düşük olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar, Er:YAG lazer E.faecalis bakterisini tamamen ortadan kaldıramasa da, NaOCl ile eşzamanlı kullanımının E.faecalis miktarını belirgin derecede azalttığını bildirmişlerdir.

Lazerlerin kök kanallarında kullanılmasına ilişkin bazı kısıtlamalar da mevcuttur. Bunlardan en önemlisi kök kanalları içerisinde meydana gelen ısı artışının çevre dokularda meydana getirebileceği hasar potansiyelidir. Bu nedenle, farklı lazerler için uygun enerji düzeylerinin ve atım sürelerinin düzenlenmesi, tedavi protokollerin kanıta dayalı olarak oluşturulması ve güncellenmesi büyük önem taşımaktadır [7].

3.SONUÇ

Lazerler, çocuk diş hekimliğinde yumuşak doku uygulamalarının yanısıra diş çürüklerinin tanısı ve önlenmesi, pulpa vitalitesi ve pulpitisin tespiti, çürük dokusunun kaldırılması ve kavite hazırlığı, pürüzlendirilme, amputasyon ve kuafaj tedavileri, kanalların şekillendirilmesi ve kontaminasyonu gibi prosedürlerde kullanılabilirdiği; doğru enerji ve tekniklerle uygulandığında çeşitli avantajlar ve çalışma kolaylığı sağladığı görülmektedir.

Sert ve yumuşak dokularda kullanıma uygun olarak tasarlanmış pek çok farklı özellikte lazer bulunmaktadır. Sert doku lazerleri yüksek enerjiye sahip lazerlerdir ve farklı dalga boylarındaki lazerler farklı amaçlar için uygulanabilmektedir. Çürük tanısında lazer floresans sistemi, pulpa vitalitesi ve pulpitisin tespitinde Lazer Doppler Flowmetry, çürük temizlenmesi, kuafaj, pulpotomi ve kanal tedavisi prosedürlerinde Er:YAG, Er:YSGG, Er,Cr:YSGG lazerlerin başarı ile kullanıldığı belirtilmektedir.

Çocuklarda lazer çürüklerin kaldırılması ve kavite hazırlığında uygulandığında; geleneksel yöntemlerle yaşanan döner alet titreşimi, ses ve kaygısının olmaması, sağlam mine/dentin dokusunun korunabilmesi, antibakteriyel etki oluşturması, ağrısız çalışabilmesi, smear tabakası oluşmaması gibi avantajlar oluşturmaktadır. Kuafaj ve pulpotomi tedavilerinde kullanıldığında pulpa yüzeyinde hemostaz meydana getirdiği, odontoblast differensiyonunu indüklediği, kanal tedavisinde enfeksiyonun giderilmesinde başarı sağladığı bildirilmektedir.

Sonuç olarak, çocuk diş hekimliğinde çocukların kooperasyonunu olumlu etkilemesi nedeniyle diş tedavilerinde lazer kullanımının gelecekte artacağı düşünülmektedir. Lazerlerin çocuk diş hekimliği kliniklerinde güvenle, kolaylıkla ve başarı ile kullanılabilmesi için lazer cihaz maliyetinin azaltılmasına, lazer teknolojisinin ve tedavi protokollerinin gelecek deneysel çalışmalarla geliştirilmesine gereksinim olduğu görülmektedir.

4-) KAYNAKÇA

1. Nazemisalman B, Farsadeghi M, Sokhansanj M. Types of lasers and their applications in pediatric dentistry. *J Lasers Med Sci* 2015;6(3):96-101.
2. Şimşek M, Yıldız E. Çocuk diş hekimliğinde lazer kullanımı. *Gaziantep Med J* 2014;20(2):113-119.
3. Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: Science and instruments. *Dent Clin N Am* 2004; 48(4):751-770.
4. Cenci M, Demarco FF, de Carvalho RM. Class II composite resin restorations with two polymerization techniques: Relationship between microtensile bond strength and marginal leakage. *J Dent* 2005;33(7):603-610.
5. De Moor RJG, Delmé K. Laser-assisted cavity preparation and adhesion to erbium-lased tooth structure: Part 1. Laser-assisted cavity preparation. *J Adhes Dent*. 2009;11(6):427-438.
6. Parker S. Introduction, history of lasers and laser light production. *Br Dent J* 2007;202(1): 21-31.
7. Kavruk F, Küçükylmaz E. Pedodontide lazer uygulamaları. *Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2015; 42(2):135-148.
8. Altundaşar E. Kök kanallarında Er,Cr:YSGG lazer kullanımının, dentinin mineral içeriğine etkisi ve smear tabakasını uzaklaştırma etkinliğinin araştırılması. [Doktora Tezi]. Ankara Hacettepe Üniversitesi. 2006.
9. Peker F. Farklı parametrelerde lazerle pürüzlendirilen süt ve daimi diş yüzeylerine uygulanan kompozit restorasyonlarının mikrosızıntı ve bağlanma kuvvetlerinin değerlendirilmesi. [Doktora Tezi]. İstanbul Marmara Üniversitesi. 2011.
10. Odabaş ME. Vital pulpa tedavilerinde lazer uygulaması. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2011;28(1):51-58.
11. Yazıcı E. Er:YAG lazerin farklı atım süreleriyle uygulanmasının etch&rinse adeziv sistemi ile kullanılan bir kompozitin mine ve dentine mikro gerilim bağlanma dayanıklılığı üzerine etkisi. [Doktora Tezi]. Ankara Hacettepe Üniversitesi. 2009.
12. Zencirli İ. İki farklı lazer sistemi ile pürüzlendirilen dentin yüzeyine uygulanan farklı adeziv sistemlerin bağlanma dayanımlarının karşılaştırılması. [Uzmanlık Tezi]. Ankara Hacettepe Üniversitesi. 2018.
13. Başeren NM, Gökalp S. Validity of a laser fluorescence system (DIAGNOdent) for detection of occlusal caries in third molars: an in vitro study. *J Oral Rehabilitation* 2003;30(12):1190-1194.
14. Dederich DN. Laser/tissue interaction: What happens to laser light when it strikes tissue? *J Am Dent Assoc* 1993;124(2):57-61.
15. Martens LC. Laser physics and a review of laser application in dentistry for children. *Eur Arch Pediatr Dent* 2011;12(2):61-67.
16. Bohari MR, Chunawalla YK, Ahmed BM. Clinical evaluation of caries removal in primary teeth using conventional, chemomechanical and laser technique: an in vivo study. *J Contemp Dent Pract* 2012; 13(1): 40-47.
17. Beer F, Goharkhay K. Laser-atlas surgery. In: *Oral Laser Application*. Berlin: Quintessenz Verlags -GmbH; 2006. p. 449-501.
18. Boj JR, Poirer C, Hernandez M, Espassa E, Espanya A. Review: Laser soft tissue treatments for paediatric dental patients. *Eur Arch Paediatr Dent* 2011;12(2):100-105.
19. Rueggeberg FA. State-of-the-art: Dental photocuring. *Dent Mater* 2011;27(1):39-52.

20. Uysal D, Güler Ç. Diş hekimliğinde lazer: Bir literatür derlemesi. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi 2012;6:44-53.
21. Serdar-Eymirli P, Turgut MD. Çocuk diş hekimliğinde lazer uygulamaları: Bir literatür güncellemesi. Ankara Med J 2019;19(2):419-428.
22. Mendes FM, Ganzerla E, Nunes AF, Puig AV, Imperato JC. Use of high-powered magnification to detect occlusal caries in primary teeth. Am J Dent 2006;19(1):19-22.
23. Mendes FM, Novaes TF, Matos R, Bittar DG, Piovesan C, Gimenez T. Radiographic and laser fluorescence methods have no benefits for detecting caries in primary teeth. Caries Res 2012;46(6):536-543.
24. Burin C, Loguercio AD, Grande RH, Reis A. Occlusal caries detection: a comparison of a laser fluorescence system and conventional methods. Pediatr Dent 2005;27(4):307-312.
25. Hastar E, Yıldız E, Aktan AM. The effect of fissure sealants on the values of two different caries detection devices. Photomed Laser Surg 2012;30(12):683-687.
26. Bengtson AL, Gomes AC, Mendes FM, Cichello LR. Influence of examiner's clinical experience in detecting occlusal caries lesions in primary teeth. Pediatr Dent 2005;27(3):238-243.
27. Neuhaus KW, Lussi A. DIAGNOdent. In: Detection and assessment of dental caries: a clinical guide. (Eds.) Springer Nature 2019;172.
28. Ölmez A, Tuna D, Oznurhan F. Clinical evaluation of Diagnodent in detection of occlusal caries in children. J Clin Pediatr Dent 2006;30(4):287-291.
29. Kavvadia K, Lagouvardos P. Clinical performance of a diode laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in primary teeth. Int J Paediatr Dent 2008;18(3):197-204.
30. Chen J, Qin M, Ma W, Ge L. A clinical study of a laser fluorescence device for the detection of approximal caries in primary molars. Int J Paediatr Dent 2012;22(2):132-138.
31. Gürbüz T, Yılmaz Y, Sengül F. Performance of laser fluorescence for residual caries detection in primary teeth. Eur J Dent 2008;2(3):176-184.
32. Ünlü N, Ermiş RB, Şener S, Küçükyılmaz E, Çetin AR. An in vitro comparison of different diagnostic methods in detection of residual dentinal caries. Int J Dent 2010:1-8.
33. Zhang W, McGrath C, Lo ECM. Effectiveness of DIAGNOdent in detecting root caries without dental scaling among community-dwelling elderly. Oral Health Prev Dent 2016;14(6):555-561.
34. Rams TE, Alwaqyan AY. In vitro performance of DIAGNOdent laser fluorescence device for dental calculus detection on human tooth root surfaces. Saudi Dental Journal (2017);29(4):171-178.
35. Bittar DG, Gimenez T, Morais CC, De Benedetto MS, Braga MM, Mendes FM. Influence of moisture and plaque on the performance of a laser fluorescence device in detecting caries lesions in primary teeth. Lasers Med Sci 2012;27(6):1169-1174.
36. Diniz MB, Sciasci P, Rodrigues JA, Lussi A, Cordeiro RC. Influence of different professional prophylactic methods on fluorescence measurements for detection of occlusal caries. Caries Res 2011;45(3):264-268.
37. Iranzo-Cortés JE, Terzic S, Almerich-Silla JM. Diagnostic validity of ICDAS and DIAGNOdent combined: an in vitro study in pre-cavitated lesions. Lasers Med Sci 2017;32(3):543-548.
38. Mathew A, Reddy NV, Sugumaran DK, Peter J, Shameer M, Dauravu LM. Acquired acid resistance of human enamel treated with laser (Er:YAG laser and CO₂ laser) and acidulated phosphate fluoride treatment: An in vitro atomic emission spectrometry analysis. Contemp Clin Dent 2013;4(2):170-175.

39. Anaraki SN, Serajzadeh M, Fekrazad R. Effects of laser-assisted fluoride therapy with a CO₂ laser and Er, Cr:YSGG laser on enamel demineralization. *Pediatr Dent* 2012; 34(4): e92-6.
40. De Freitas PM, Rapozo-Hilo M, Eduardo Cde P, Featherstone JD. In vitro evaluation of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet laser-treated enamel demineralization. *Lasers Med Sci* 2010;25(2):165-170.
41. Tagliaferro EP, Rodrigues LK, Dos Santos MN, Soares LE, Martin AA. Combined effects of carbon dioxide laser and fluoride on demineralized primary enamel: an in vitro study. *Caries Res* 2007;41(1):74-76.
42. Westerman GH, Ellis RW, Latta MA, Powell GL. An in vitro study of enamel surface microhardness following argon laser irradiation and acidulated phosphate fluoride treatment. *Pediatr Dent* 2003;25(5):497-500.
43. Oliveira MRC, Oliveira PHC, Sfalcin RA. Influence of ultrapulsed CO₂ laser, before application of different types of fluoride on the increase of microhardness of enamel in vitro. *Hindawi BioMed Research International* 2018;1:1-7.
44. Öznurhan F, Ölmez A. Çocuk dişhekimliğinde lazerler. *Cumhuriyet Dent J* 2012;15(2):175-185.
45. Ana PA, Tabchoury C. P., Cury JA, Zezell DM. Effect of Er,Cr:YSGG laser and professional fluoride application on enamel demineralization and on fluoride retention. *Caries Research* 2012;46(5):441-451.
46. Esteves-Oliveira M, Pasaporti C, Heussen N, Eduardo CP, Lampert F, Apel C. Rehardening of acid-softened enamel and prevention of enamel softening through CO₂ laser irradiation. *J Dent* 2011;39(6):414-421.
47. Moslemi M, Fekrazad R, Tadayon N, Ghorbani M, Torabzadeh H, Shadkar MM. Effects of Er,Cr:YSGG laser irradiation and fluoride treatment on acid resistance of the enamel. *Pediatr Dent* 2009;31(5):409-413.
48. Azevedo DT, Faraoni-Romano JJ, Derceli Jdos R, Palma-Dibb RG. Effect of Nd:YAG laser combined with fluoride on the prevention of primary tooth enamel demineralization. *Braz Dent J* 2012;23(2):104-109.
49. Subramaniam P, Pandey A. Effect of erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium, garnet laser and casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on surface micro-hardness of primary tooth enamel. *Eur J Dent* 2014;8(3):402-406.
50. Serdar-Eymirli P, Turgut MD, Dolgun A, Yazici AR. The effect of Er,Cr:YSGG laser, fluoride, and CPP-ACP on caries resistance of primary enamel. *Lasers Med Sci* 2019;34(5):881-891.
51. Bahrololoomi Z, Ardakani FF, Sorouri M. In vitro comparison of the effects of diode laser and CO₂ laser on topical fluoride uptake in primary teeth. *J Dent*. 2015;12(8):585-591.
52. De Araújo Loiola AB, Aires CP, Zotti FAC. The impact of CO₂ laser treatment and acidulated phosphate fluoride on enamel demineralization and biofilm formation. *J Lasers Med Sci* 2019;10(3):200–206.
53. Forti GM, Jordao MC, Navarro RS. CO₂ laser and/or fluoride enamel treatment against in situ/ex vivo erosive challenge. *J Appl Oral Sci* 2016;24(3):223-228.
54. Sungurtekin-Ekci E, Öztaş N. Microtensile bond strength of a resin-based fissure sealant to Er,Cr:YSGG laser-etched primary enamel. *Odontology* 2016;104(2):163-169.
55. Karaman E, Yazıcı R. Farklı pürüzlendirme yöntemleriyle uygulanan fissür örtücülerin 18 aylık klinik performanslarının değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2012; 29(1): 33-40.

56. Shindova PM, Belcheva AB, Mateva NG. Influence of Er:YAG Laser on objective and subjective parameters of stress during sealant application in children. *Folia Medica* 2018;60(2):275-282.
57. Olivi G, Caprioglio C, Olivi M, Genovese MD. Paediatric laser dentistry. Part 2: Hard tissue laser applications. *Eur J Paediatr Dent* 2017;18(2):163-166.
58. Ünal M, Hubbezoğlu I, Zan R, Öznurhan F. The effect of Er: YAG laser and different surface conditioning procedures on microtensile bond strength of the fissure sealant containing amorphous calcium phosphate after artificial aging. *Dent Mater J* 2014;33(1):21–26.
59. Ünal M, Hubbezoğlu I, Zan R, Kapdan A, Hürmüzlü F. Effect of acid etching and different Er: YAG laser procedures on microleakage of three different fissure sealants in primary teeth after aging. *Dent Mater J* 2013;32(4):557–563.
60. Khogli AE, Cauwels R, Vercruysse C, Verbeeck R, Martens L. Mikroleakage and penetration of a hydrophilic sealant and a conventional resin based sealant as a function of preperation techniques: a laboratory study. *Int J Pediatr Dent* 2013;23(1):13-22.
61. Walsh LJ. Split-mouth study of sealant retention with carbon dioxide laser versus acid etch conditioning. *Aust Dent J* 1996;41(2):124-127.
62. Çağlar E, Çıldır S, Sandallı N. Fissür örtücülerin retansiyonunda Er:YAG lazer uygulamasının etkisi. *Yeditepe Üni Diş Hek Fak Derg* 2007;1:43-48.
63. Durmuş B, Giray F, Peker S, Kargul B. Clinical evaluation of a fissure sealant by acid etching or Er:YAG laser combined with acid etching. *Oral Health Prev Dent* 2017;15(2):157-162.
64. Manhart J, Huth KC, Chen HY, Hickel R. Influence of the pretreatment of occlusal pits and fissures on the retention of a fissure sealant. *Am J Dent* 2004;17(1):12-18.
65. Lepri TP, Souza-Gabriel AE, Atoui JA, Palma-Dibb RG, Pecora JD, Milori SA. Shear bond strength of a sealant to contaminated-enamel surface: influence of erbium : yttrium-aluminum- garnet laser pretreatment. *J Esthet Rest Dent* 2008;20(6):386-392.
66. Sungurtekin E, Öztaş N. The effect of erbium, chromium:yttriumscandium- gallium-garnet laser etching on marginal integrity of a resin-based fissure sealant in primary teeth. *Lasers Med Sci* 2010;25(6): 841-847.
67. Baygın Ö, Korkmaz FM, Tüzüner T, Tanrıver M. The effect of different enamel surface treatments on the microleakage of fissure sealants. *Lasers Med Sci* 2012;27(1):153-160.
68. Olivi G, Genovese MD. Laser restorative dentistry in children and adolescents *European Archives of Paediatric Dentistry* 2011;12(2):68-78.
69. Zhang Y, Wang Y, Chen Y. The clinical effects of laser preparation of tooth surfaces for fissure sealants placement: a systematic review and metaanalysis. *BMC Oral Health* 2019;19(1):203.
70. Fırat E, Gurgan S, Gutknecht N. Microtensile bond strength of an etch and rinse adhesive to enamel and dentin after Er:YAG laser pretreatment with different pulse duration. *Laser Med Sci* 2012;27(1):15-21.
71. Moshonov J, Stabholz A, Zyskind D, Sharlin E, Peretz B. Acid-etched and erbium: yttrium aluminium garnet laser-treated enamel for fissure sealants: a comparison of microleakage. *Int J Paediatr Dent*. 2005;15(3):205-209.
72. Youssef MN, Youssef FA, Souza-Zaroni WC, Turbino ML, Vieira MM. Effect of enamel preparation method on in vitro marginal microleakage of a flowable composite used as pit and fissure sealant. *Int J Paediatr Dent* 2006;16(5):342-347.
73. Berk N, Berk G, Uluçam S. Case report: Laser-assisted rebonding of a central incisor tooth due to a severe trauma-4 years follow-up. *Eur Arch Pediatr Dent* 2011;12(2):96-99.

74. Armengol V, Jean A, Weiss P, Hamel H. Comparative in vitro study of the bond strength of composite to enamel and dentine obtained with laser irradiation or acid-etch. *Lasers Med Sci* 1999;14(3):207-215.
75. Dunn WJ, Davis JT, Bush AC. Shear bond strength and SEM evaluation of composite bonded to Er: YAG laser-prepared dentin and enamel. *Dental Materials* 2005;21(7):616-624.
76. Ceballos L, Toledano M, Osorio R, Tay FR, Marshall GW. Bonding to Er:YAG laser treated dentin. *J Dent Res* 2002;81(2):119-122.
77. Lupi-Pégurier L, Bertrand M, Genovese O, Rocca J, Muller-Bolla M. Microleakage of resin-based sealants after Er:YAG laser conditioning. *Lasers Med Sci* 2007; 22(3):183-188.
78. Borsatto MC, Corona SAM, Ramos RP, Liporaci JLJ, Pécora JD, Palma-Dibb RG. Microleakage at sealant/enamel interface of primary teeth: effect of Er: YAG laser ablation of pits and fissures. *J Dent Child* 2004;71(2):143-147.
79. Çehreli SB, Gungor HC, Karabulut E. Er,Cr:YSGG laser pretreatment of primary teeth for bonded fissure sealant application: A quantitative microleakage study. *J Adhes Dent* 2006;8:381-386.
80. Visuri SR, Gilbert JL, Wright DD, Wigdor HA, Walsh Jr JT. Shear strength of composite bonded to Er: YAG laser-prepared dentin. *J Dent Res* 1996;75(1):599-605.
81. Jacobson B, Berger J, Kravitz R, Patel P. Laser pediatric crowns performed without anesthesia: a contemporary technique. *J Clin Pediatr Dent* 2003;28(1):11-12.
82. Kornblit R, Trapani D, Bossu M, Muller-Bolla M, Rocca JP, Polimeni A. The use of erbium:YAG laser for caries removal in pediatric patients following minimally invasive dentistry concepts. *Eur J Paediatr Dent* 2008; 9(2):81-87
83. Fatima T. Lasers in pediatric dentistry. *J Adv Med Dent Sci Res* 2015;3(3):59-64.
84. Kumar A. Paediatric laser dentistry-the new standard of care-a review. *J Clin Dent* 2013;7(11):18-24.
85. Ghadimi S, Chiniforush N, Bouraima S. A, Johari M. Clinical approach of laser application in different aspects of pediatric dentistry. *J Lasers Med Sci*. 2012;3:84-90
86. Liu JF, Lai YL, Shu WY, Lee SY. Acceptance and efficiency of Er:YAG laser for cavity preparation in children. *Photomed Laser Surg* 2006;24(4):489-493.
87. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Murakami Y, Matsumoto K. Microleakage of composite resin restoration in cavities prepared by Er,Cr:YSGG laser irradiation and etched bur cavities in primary teeth. *J Clin Pediatr Dent* 2002;26(3):263-268.
88. Korkut E, Gezgin O, Özer H, Şener Y. Evaluation of Er:YAG lasers on pain perception in pediatric patients during caries removal: a split-mouth study. *Acta Odontol Turc* 2018;35(3):81-86.
89. Bayraktar GA. Çocuk diş hekimliğinde lazerin kullanım alanları. [Bitirme Tezi]. İstanbul Üniversitesi. 2016.
90. Cavalcanti BN, Lage-Marques JL, Rode SM. Pulpal temperature increases with Er: YAG laser and high-speed handpieces. *J Prosthet Dent* 2003;90(5):447-451.
91. Hirato F, Furumoto K. Temperature rise caused by laser (CO₂, Nd: YAG, Er: YAG) irradiation of teeth. In *International Congress Series Elsevier* 2003;12 48:301-304.
92. Contente MMMG, Lima FA, Galo R, Pecora JD, Bachman L, Palma-Dibb RG, Borsatto MC. Temperature rise during Er:YAG cavity preparation of primary enamel. *Lasers Med Sci* 2012; 27(1):1-5.
93. Levy G, Koubi GF, Miserendino LJ. Cutting efficiency of a mid-infrared laser on human enamel. *J Endod* 1998;24(2):97-101.

94. Osorio R, Aguilera FS, Otero PR, Romero MN, Osorio E, Garcí A-Godoy F, Toledano M. Primary dentin etching time, bond strength and ultrastructure characterization of dentin surfaces. *J Dent* 2010;38(3):222-231.
95. Baghalian A, Nakhjavani YB, Hooshmand T, Motahhary P, Bahramian H. Microleakage of Er:YAG laser and dental bur prepared cavities in primary teeth restored with different adhesive restorative materials. *Lasers Med Sci* 2013;28(6):1453-1460.
96. Öznurhan F, Ölmez A. Nanoleakage in primary teeth prepared by laser irradiation or bur. *Lasers Med Sci* 2013;28(4):1099-1105.
97. Kohara EK, Hossain M, Kimura Y, Matsumoto K, Inoue M, Sasa R. Morphological and microleakage studies of the cavities prepared by Er: YAG laser irradiation in primary teeth. *J Clin Laser Med Surg* 2002;20(3):141-147.
98. Setien VJ, Cobb DS, Denehy GE, Vargas MA. Cavity preparation devices: effect on microleakage of Class V resin-based composite restorations. *Am J Dent* 2001;14(3):157-162.
99. de FZ Lizarelli R, Moriyama LT, Jorge JRP, Bagnato VS. Comparative ablation rate from a Er: YAG laser on enamel and dentin of primary and permanent teeth. *Laser Physics* 2006;16(5): 849-858.
100. Karaarslan E, Yıldız E, Cebe MA, Yegin Z, Ozturk B. Evaluation of micro-tensile bond strength of caries-affected human dentine after three different caries removal techniques. *J Dent* 2012;40(10):793-801.
101. Yıldız E, Şirinkaraarslan E, Yegin Z, Cebe MA, Tosun G. Effect of caries removal techniques on the bond strength of the adhesives to caries-affected primary dentin in vitro. *Eur J Paediatr Dent* 2013;14(3):209-214.
102. Celiberti P, Francescut P, Lussi A. Performance of four dentine excavation methods in deciduous teeth. *Caries Res* 2006;40(2):117-123.
103. Vaghela DJ, Sinha A. Pulse oximetry and laser Doppler flowmetry for diagnosis of pulpal vitality. *J Interdisciplinary Dent* 2011;1(1):14.
104. Fratkin RD, Kenny DJ, Johnston DH. Evaluation of a laser doppler flowmeter to asses blood flow in human primary incisor teeth. *Pediatr Dent* 1999;21:53-56.
105. Chen E, Abbott PV. Evaluation of accuracy, reliability, and repeatability of five dental pulp tests. *J Endod* 2011;37(12):1619-1623.
106. Karayılmaz H, Kırzioğlu Z. Comparison of the reliability of laser Doppler flowmetry, pulse oximetry and electric pulp tester in assessing the pulp vitality of human teeth. *J Oral Rehabil* 2011;38(5):340-347.
107. Ghouth N, Duggal M, Kang J. A diagnostic accuracy study of Laser Doppler Flowmetry for the assessment of pulpal status in children's permanent incisor teeth. *J Endod* 2019;45(5):543-548.
108. Hasheminia SM, Feizi G, Razavi SM, Feizianfard M, Gutknecht N, Mir M.A. comparative study of three treatment methods of direct pulp capping in canine teeth of cats: a histologic evaluation. *Lasers Med Sci* 2010;25(1):9-15.
109. Jayawardena JA, Kato J, Moriya K, Takagi Y. Pulpal response to exposure with Er: YAG laser. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;91(2): 222-229.
110. Olivi G, Genovese MD, Maturo P, Docimo R. Pulp capping: advantages of using laser technology. *Eur J Paediatr Dent* 2007;8(2):89-95.
111. Cengiz E, Yılmaz HG. Efficacy of Erbium, Chromium-doped: Yttrium, Scandium, Gallium, and garnet laser irradiation combined with resin based tricalcium silicate and calcium hydroxide on direct pulp capping: a randomized clinical trial. *J Endod* 2016;42(3):351-355.

112. Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Sperr W. Advantages of a pulsed CO₂ laser in direct pulp capping: A long-term in vivo study. *Lasers Surg Med.* 1998;22(5):288-293.
113. Suzuki M, Kato C, Kawashima S, Shinkai K. Clinical and histological study on direct pulp capping with CO₂ laser irradiation in human teeth. *Oper Dent* 2019;44(4):336-347.
114. Wilder-Smith P, Peavy GM, Nielsen D, Arrastia-Jitosh AM. CO₂ laser treatment of traumatic pulpal exposures in dogs. *Lasers Surg Med* 1997;21(5):432-437.
115. Yazdanfar I, Gutknecht N, Franzen R. Effects of a diode laser on direct pulp capping treatment: a pilot study. *Lasers Med Sci* 2015;30(4):1237-1243.
116. Javed F, Kellesarian S, Abduljabbar S. Role of laser irradiation in direct pulp capping procedures: a systematic review and meta-analysis. *Lasers Med Sci* 2017;32(2):439-448.
117. Neto NL, Fernandes AP, Marques NCT, Machado MAAM, Abdo RCC, Oliveira TM. Pulpotomies with low-level laser therapy in human primary teeth: a report of two cases. *Int J Laser Dent* 2013;3(3):105.
118. Altınok B. Süt dişlerinde diyet lazer, ferrik sülfat ve formokrezol pulpa amputasyonlarının klinik, radyolojik ve histolojik değerlendirilmesi. [Doktora Tezi]. İstanbul Marmara Üniversitesi, 2011.
119. De Coster P, Rajasekharan S, Martens L. Laser-assisted pulpotomy in primary teeth: a systematic review. *Int J Paediatr Dent* 2013;23(6):389-399.
120. <https://www.slideshare.net/100001288051470/laser-in-endodontic-dentistry>
121. Elliot R, Roberts MW, Burkes J, Phillips C. Evaluation of the carbon dioxide laser on vital human primary pulp tissue. *Pediatr Dent* 1999;21:327-331.
122. Cannon M, Wagner C, Thobaben JZ, Jurado R, Solt D. Early response of mechanically exposed dental pulps of swine to antibacterial-hemostatic agents or diode laser irradiation. *J Clin Pediatr Dent* 2011; 35(3): 271-276.
123. Sivadas S, Rao A, Natarajan S, Shenoy R. Pulpal response to ferric sulfate and diode laser when used as pulpotomy agent: An in vivo study. *J Clin Diagn Res* 2017;11(6): ZC87-ZC91.
124. Kuo H, Lin JR, Huang W, Chiang M. Clinical outcomes for primary molars treated by different types of pulpotomy: A retrospective cohort study. *J Formos Med Assoc.* 2017;117(1):24-33.
125. Durmuş B, Tanboga İ. In vivo evaluation of the treatment outcome of pulpotomy in primary molars using diode laser, formocresol, and ferric sulphate. *Photomed Laser Surg* 2014;32(5):289-295.
126. Odabaş ME, Bodur H, Barış E, Demir C. Clinical, radiographic and histopathologic evaluation of Nd: YAG laser pulpotomy on human primary teeth. *J Endod* 2007;33(4):15-21.
127. Lin PY, Chen HS, Wang YH, Tu YK. Primary molars pulpotomy: a systematic review and network meta-analysis. *J Dent* 2014;42(9):1060-1077.
128. Yadav P, Indushekar K, Saraf B, Sheoran N, Sardana D. Comparative evaluation of ferric sulfate, electrosurgical and diode laser on human primary molars pulpotomy: an “in-vivo” study. *Laser Ther* 2014;23(1):41-47.
129. Gupta G, Rana V, Srivastava N, Chandna P. Laser pulpotomy-an effective alternative to conventional techniques: A 12 months clinicoradiographic study. *Int J Clin Pediatr Dent* 2015; 8(1):18-21.
130. Olivi G, Caprioglio C, Genovese MD. Paediatric laser dentistry. Part 3: Dental trauma. *Eur J Paediatr Dent* 2017;18(3):247-250.
131. Saltzman B, Sigal M, Clokie C, Rukavina J, Titley K, Kulkarni GV. Assessment of a novel alternative to conventional formocresol-zinc oxide eugenol pulpotomy for the treatment of

- pulpally involved human primary teeth: diode laser mineral trioxide aggregate pulpotomy. *Int J Paediatr Dent* 2005;15(6):437-447.
132. Soares F, Varella CH, Pileggi R, Adewumi A, Guelmann M. Impact of Er,Cr:YSGG laser therapy on the cleanliness of the root canal walls of primary teeth. *J Endod* 2008;34(4):474-477.
 133. Kokuzawa C, Ebihara A, Watanabe S, Anjo T, Bolortuya G, Saegusa H. Shaping of the root canal using Er:YAG laser irradiation. *Photomed Laser Surg* 2012;30(7):367-373.
 134. Arisu HD, Sadik B, Bala O, Turkoz E. Computer-assisted evaluation of microleakage after apical resection with laser and conventional techniques. *Lasers Med Sci* 2008;23(4):415-420.
 135. Fransson H, Larsson KM, Wolf E. Efficacy of lasers as an adjunct to chemo-mechanical disinfection of infected root canals: a systematic review. *Int Endod J* 2013;46(4):296-307.
 136. Coluzzi DJ, Parker S. *Lasers in dentistry—current concepts*. Springer International Publishing AG 2017.
 137. MI, Souza-Gabriel AE, Marchesan MA, Sousa-Neto MD, Silva-Sousa YT. Ultrastructural evaluation of radicular dentin after Nd: YAG laser irradiation combined with different chemical substances. *Gen Dent* 2008;56(7):641-646.
 138. Preethe T, Kandaswamy D, Arathi G, Hannah R. Bactericidal effect of the 908 nm diode laser on *Enterococcus faecalis* in infected root canals. *J Conserv Dent* 2012;15(1):46-50.
 139. Bahrololoomi Z, Poursina F, Birang R. The effect of Er:YAG laser on *Enterococcus faecalis* Bacterium in the pulpectomy of anterior primary teeth. *J Lasers Med Sci* 2017;8(4):166-171.

6.ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad: Melike Serbest

Doğum Tarihi: 10.01.1997

Doğum Yeri: Bursa

Medeni Durumu: Bekar

Öğrenim Gördüğü Okullar:

Barbaros İlköğretim Okulu (2003-2010)

Özel Bursa Kültür İlköğretim Okulu (2010-2011)

Tofaş Fen Lisesi (2011-2015)

İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi (2015-2020)