

DERLEME

Review

Yazışma adresi
Correspondence address

Berna YILMAZ
İstanbul Kent Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Pedodonti Anabilim Dalı,
İstanbul, Türkiye

bernayilmaz121@gmail.com

Geliş Tarihi / Received : 24 Mart 2025

Kabul Tarihi / Accepted : 02 Aralık 2025

Bu makalede yapılacak atıf

Cite this article as

Yılmaz B, Emiroğlu S.
Çocuk Diş Hekimliğinde
Lazer Uygulamaları

Akd Diş Hek 2026;5(1): 89-100

Berna YILMAZ
İstanbul Kent Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Pedodonti Anabilim Dalı,
İstanbul, Türkiye

Sibel EMİROĞLU
İstanbul Kent Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi,
Pedodonti Anabilim Dalı,
İstanbul, Türkiye

Çocuk Diş Hekimliğinde Lazer Uygulamaları

Laser Applications in Pediatric Dentistry

ÖZ

Lazer teknolojisi, son yıllarda diş hekimliğinde önemli bir yenilik olarak öne çıkmış ve özellikle çocuk hastalar için daha konforlu tedavi seçenekleri sunmaya başlamıştır. Başlangıçta sadece yumuşak doku işlemlerinde kullanılan lazerler, günümüzde sert doku uygulamalarında da etkili hale gelerek geniş bir kullanım alanına yayılmıştır. Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG, diyet ve CO₂ gibi farklı dalga boylarına sahip lazer sistemleri; Restoratif Diş Hekimliği, Endodonti, Periodontoloji ve Ağız Diş ve Çene Cerrahi gibi çeşitli alanlarda etkin bir şekilde uygulanmakta ve başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Bu derlemede, Çocuk Diş Hekimliği'nde lazer kullanımının sunduğu avantajlar, klinik uygulama alanları ve farklı lazer türlerinin etkinliği ele alınmıştır. Lazerlerin diş çürüklerinin tanı ve tedavisinde, yumuşak doku cerrahisinde ve pulpa tedavilerinde sağladığı minimal invaziv yaklaşımlar vurgulanmış; ağrı, kanama ve anestezi ihtiyacını azaltma gibi hasta dostu özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, çocuk hastaların diş tedavisine uyumunu artırması, anksiyete ve korkuyu azaltması gibi psikolojik ve klinik faydalar üzerinde durulmuştur. Bununla birlikte, lazer teknolojisinin maliyeti, tedavi protokollerinin standardizasyonu ve uzun vadeli etkinliği gibi konular hâlâ araştırılmaya devam etmektedir. Gelecekte yapılacak bilimsel çalışmalar ve teknolojik gelişmeler ile lazerlerin çocuk diş hekimliğinde daha yaygın bir kullanım alanı bulması ve rutin tedavilerde önemli bir yer edinmesi beklenmektedir.

Anahtar Sözcükler

Diş hekimliği, Lazer tedavisi, Pedodonti

ABSTRACT

In recent years, laser technology has emerged as a significant innovation in dentistry, offering more comfortable treatment options, particularly for pediatric patients. Initially used solely for soft tissue procedures, lasers have now become effective in hard tissue applications, expanding their range of clinical uses. Laser systems with different wavelengths, including Nd:YAG, Er:YAG, Er,Cr:YSGG, diode, and CO₂ lasers, are successfully utilized in various fields such as Restorative Dentistry, Endodontics, Periodontology, and Maxillofacial Surgery. This review examines the advantages of laser applications in Pediatric Dentistry, their clinical applications, and the efficacy of different laser types. The role of lasers in the diagnosis and treatment of dental caries, soft tissue surgery, and pulp therapy is highlighted, emphasizing their minimally invasive approach. Additionally, patient-friendly features such as reduced pain, minimal bleeding, and decreased need for anesthesia are discussed. Furthermore, the psychological and clinical benefits of laser technology, including improved patient compliance and reduced anxiety and fear in children, are explored. However, issues such as the high cost of laser devices, the need for standardized treatment protocols, and the long-term effectiveness of laser applications remain subjects of ongoing research. With continued scientific studies and technological advancements, lasers are expected to become more widely used in pediatric dentistry and play a significant role in routine dental treatments in the future.

Key Words

Dentistry, Laser therapy, Pedodontics

GİRİŞ

Lazer teknolojisi, İngilizce "*Light amplification by stimulated emission of radiation*" ifadesinin kısaltması olup, 1970'lerin ortalarından itibaren tıp alanında yumuşak doku işlemlerinde kullanılmaya başlanmıştır (1-3). Diş Hekimliği'nde ise bu teknoloji 1980'lerde Ağız ve Çene cerrahlarının Karbon Dioksit (CO₂) lazeri oral lezyonlarda kullanmasıyla yaygınlaşmıştır (4,5). Diş Hekimliği alanında özel olarak geliştirilen ilk lazer olan Neodimyum-itrinyum-alüminyum-garnet (Nd:YAG) lazer, 1987'de geliştirilmiş ve 1990 yılında ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanmıştır (6,7).

Lazer teknolojisindeki hızlı ilerlemeler, günümüzde diş hekimliğinde yalnızca yumuşak dokular üzerinde değil, aynı zamanda sert dokularda da uygulanabilen geniş bir lazer yelpazesini mümkün kılmaktadır. Bu lazerler arasında Nd:YAG, Argon, Diyot, Erbiyum (Er,Cr:YSGG ve Er:YAG) ve çeşitli dalga boylarına sahip CO₂ lazerler yer almakta olup, Periodontoloji, Endodonti, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi, Restoratif Diş Hekimliği, kozmetik diş beyazlatma ve ağrı yönetimi gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (8-11). Lazer teknolojisi, özellikle çocuk diş hekimliğinde geleneksel tedavi işlemlerindeki basınç, titreşim, ses gibi etkilere alternatif oluşturarak hastaların tedavi konforunu artırmakta ve minimal invaziv uygulamalarda diş çürüklerinin tanısı, önlenmesi ve tedavisine olanak sunarak diş hekimliğine önemli katkılar sağlamaktadır (12-15).

1. Lazer Fiziği

Lazer, radyasyonun uyarılmış yayılımı yoluyla ışık şiddetinin artırılmasına dayanan bir teknolojidir (16,17). Lazer cihazları, aktif bir ortam (gaz, sıvı veya katı hâlde), bu ortamı uyarmak için kullanılan bir enerji kaynağı (örneğin flaş lambası), ışığı güçlendiren aynalar ve kontrol bileşenlerinden oluşmaktadır. Atomlar enerji aldığı anda foton yayar ve bu fotonlar aynalar arasında yansıyarak güçlenir. Güçlenen fotonlar, yarı geçirgen aynadan lazer ışını olarak çıkmaktadır. Lazerin özellikleri, kullanılan aktif ortamın türüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir (16-19). Lazer ışığı, tek dalga boyuna ve renge (monokromatik) sahiptir. Paralel ışık demeti (kolime) oluşturmakta ve uzun mesafede dağılmadan (koherent) ilerlemektedir (16,20-22).

1.1. Lazer-Doku Etkileşimi

Lazer enerjisinin hedef dokuda oluşturduğu ışık; yansıma, absorpsiyon (soğurulma), geçme (transmisyon) ve saçılma olmak üzere dört ana etkileşimle sonuçlanmaktadır. Bu etkileşimler, lazerin dalga boyuna ve dokunun optik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (5). Yansıma, lazer ışığının hedef doku yüzeyinden yansımasıdır ve istenen enerji iletimi engellenmektedir. Işık, çürük tanısı gibi klinik uygulamalarda kullanılabilir (20,21). Absorpsiyon, lazer enerjisinin doku tarafından emilmesiyle gerçekleşir ve bu, ışık enerjisinin ısıya dönüşmesine yol açmaktadır. Bu etkileşim, dokuda termal etkiler yaratmakta ve genel-

likle istenen bir durumdur (23,24). Geçme (transmisyon), lazer ışığının dokudan herhangi bir etki oluşturmadan geçmesidir (20,21). Saçılma, lazer ışığının enerjisini geniş bir doku hacmine yayarak termal etkileri dağıtmakta ve bu etkileşim lazerin biyolojik etkisini zayıflatabilmektedir (20,21). Belirli bir işlemin gerçekleştirilmesinde en uygun lazer sisteminin belirlenmesi, hedef dokuda minimum saçılma, yansıma ve transmisyon özellikleri gösteren, aynı zamanda maksimum soğurma kapasitesine sahip dalga boyunun seçilmesini gerektirmektedir (25).

1.2. Lazer Güvenliği

Lazer kullanımı sırasında çevre, cihaz, klinik ekip ve hastanın korunması esastır. Lazer ışınının doğrudan teması göz ve deri için birincil hasar riski taşırken, kullanımı sırasında elektriksel, mekanik ve kimyasal kaynaklı ikincil hasarlar meydana gelmektedir. Ayrıca, yangın riski olduğundan, lazer odasında yanıcı sıvı veya gazlar bulundurulmamalı, kullanılan malzemelerin serum fizyolojik ile ıslatılması gerekmektedir (26-28). Lazer kullanımında, dalga boyuna uygun koruyucu gözlüklerin diş hekimliği ekibi, hasta ve gözlemciler tarafından takılması zorunludur (29). Ayrıca, operasyon alanına erişim sınırlandırılmalı ve hedef dışı dokuların lazer ışınına kazara maruz kalmaması için dikkat edilmesi gerekmektedir (29). Lazer kaynaklı duman, potansiyel olarak bulaşıcı veya kanserojen partiküller içerdiğinden, 0.1 mikron filtrasyon maskesi takılması ve yüksek hızlı emme cihazı kullanılması önemlidir (11). Son olarak, immün sistemi baskılanmış hastalarda lazer tedavisi, hastalık bulaşma riski taşır; bu durumda alternatif farmakolojik tedaviler tercih edilmektedir (28,30).

2. Lazerlerin Sınıflandırılması

Yumuşak doku lazerleri; Argon (514 nm), KTP (potasyum titanil fosfat) (532 nm), Diyot (445, 803, 810, 940, 970-980, 1064 nm), Nd:YAG (1064 nm), Nd:YAP (neodimyum katkılı itriyum alüminyum perovskit) (1340 nm), CO₂ (10.600 nm). Sert ve yumuşak doku lazerleri; Er,Cr:YSGG (2780 nm), Er:YAG (2940 nm), CO₂ (9300 nm). Düşük seviyeli lazerler; Helyum Neon (635 nm), Diyot (635-660 nm, 810-1064 nm). Fotopolimerizasyon lazerleri; Argon (488 nm). Diş beyazlatma lazerleri; KTP (532 nm), Diyot (803, 810, 940, 970-980, 2940 nm). Çürük tespit lazerleri; Diyot (405 ve 655 nm) (31).

3. Uygulama Alanları

3.1. Çocuk Diş Hekimliğinde Lazer Uygulamaları

Çocuk diş hekimliğinde modern teknolojilerin kullanımı hem tanı hem de tedavi süreçlerini iyileştirmek adına önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda lazer teknolojisi, çocuk hastaların ağız ve diş sağlığı işlemlerinde sunduğu minimal invaziv yaklaşım ile dikkat çekmektedir (32,33). Çocukların diş tedavilerine karşı daha işbirlikçi hale gelmesini sağlayan bu teknolojinin, tedavi sonuçlarını iyileştirdiği ve ebeveynler tarafından daha olumlu

karşılandığı bildirilmektedir (16,32). Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi (AAPD), lazerlerin bebekler, çocuklar, ergenler ve özel sağlık gereksinimleri olan bireyler dahil olmak üzere pediatrik hastalar için yumuşak ve sert doku diş prosedürlerinde alternatif ve tamamlayıcı bir yöntem olarak kullanımını desteklemektedir ve bununla ilgili belirli protokoller hazırlamıştır (34). AAPD, aşağıdaki noktaları teşvik etmektedir:

- Diş hekimlerinin lazerleri pediatrik hastalar üzerinde kullanmadan önce lazerlerin doğru ve etkili kullanımı konusunda ek didaktik ve deneysel eğitim almaları gerekmektedir.

- Diş hekimleri, belirli bir prosedüre ve tedavi edilecek dokuya göre uygun lazeri seçmelidir. Lazer teknolojisinin temellerini anlamak, lazerin farklı diş koşulları için en uygun dalga boyu ve parametrelerini belirlemek için gereklidir. Lazer kullanımı, her zaman uygun güvenlik önlemleriyle desteklenmelidir.

- Diş hekimlerini, belirli prosedüre uygun ve optimal lazerleri araştırmaya, uygulamaya ve kullanmaya teşvik eder. Lazerlerin hasta bakımında kullanılmadan önce teknolojinin ve klinik etkilerinin anlaşılması gereklidir (34).

3.2. Yumuşak Doku Cerrahisinde Kullanım

Diş hekimliğinde yumuşak dokuda lazer kullanımı, geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir ve çeşitli patolojik durumların minimal invaziv bir yaklaşımla tedavisini mümkün kılmaktadır (35). Frenektomi, vasküler lezyonlar, gingival hiperplazi, periodontal tedavi ve mukozitis gibi durumlarda etkili şekilde kullanılmaktadır (36-42). Ayrıca, diş sürme bozuklukları, apse ve kist drenajı, viral papilloma lezyonları ve minör tükürük bezi lezyonları lazerle tedavi edilebilmektedir. Diğer iyi huylu mukozal lezyonlar ile gingival melanin pigmentasyonları ve premalign lezyonlar da lazer uygulamaları için uygun alanlar arasında yer almaktadır (32,38,43-46). Lazer teknolojisi, bu durumlarda kanama kontrolü, enfeksiyon riskinin azaltılması ve hızlı iyileşme gibi avantajlar sunmaktadır (47).

3.3. Teşhis Amacı ile Kullanım

3.3.1. Çürük Teşhisi

Çürük teşhisi için lazer floresansı (LF) yaygın olarak kullanılmaktadır (48). Bu yöntemde, çürük dokusunun ışık yayılma katsayısının sağlıklı dokuya kıyasla daha yüksek olması avantaj sağlamakta ve bu farktan yararlanılmaktadır. Diş dokusuna floresans oluşturacak bir ışık uygulandıktan sonra, sağlıklı ve çürük mine arasındaki floresans farkı ölçülerek çürüğün varlığı non-invaziv bir şekilde tespit edilmektedir (48,49). *Lazer floresansı*, çürük tespiti için yüksek doğruluk sağlayarak klinik teşhisi hızlandırmaktadır. Diagnodent, ticari olarak temin edilebilen ve lazer floresansı teknolojisini kullanan bir cihazdır. 655 nm dalga boyundaki *lazer floresansı*; oklüzal çürükler, gizli çürükler ve başlangıç lezyonların tespiti için etkilidir (50,51). İnterproksimal çürüklerde ise kalem tipi DIAG-

NOdent cihazının (DIAGNOdent pen) kullanımı önerilmektedir (52).

Kantitatif ışıkla indüklenen floresans (QLF) yöntemi olarak da bilinen 488 nm dalga boyundaki argon lazerler, demineralizasyonun kantitatif tespiti için kullanılır ve özellikle interproksimal yüzeylerde etkilidir. Bu yöntem, özellikle süt dişlerinde çürük tespitinde daha başarılı sonuçlar vermektedir (48).

3.3.2. Pulpa Vitalitesinin Teşhisi

Lazer Doppler Flowmetre, pulpa vitalitesinin teşhisinde invaziv olmayan bir yöntemdir (53). Diş sert dokularına uygulanan lazer ışını, mine prizmaları ve dentin tübülleri boyunca ilerleyerek pulpal damarlara ulaşmakta ve burada sabit dokular ile eritrositler gibi hareketli hücreler tarafından yansıtılmaktadır. Vitalite test cihazı, sabit dokulardan yansıyan ışınlar ile hareketli dokulardan kayarak yansıyan ışınlar arasındaki farkı ayırt ederek dişin canlılığına ilişkin değerlendirme yapılmasını sağlamaktadır (54).

3.4. Çürük Önleme Amacı İle Kullanım

Lazer teknolojisi, diş çürüğünün önlenmesinde özellikle çocuk diş hekimliği alanında önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Lazer uygulaması, mine dokusunda ısı değişimlerine yol açarak minenin kimyasal, fiziksel ve kristal yapısında dönüşümlere neden olmaktadır. Bu ısı değişimleri, mine yüzeyinde erime, füzyon ve rekristalizasyon gibi süreçlerin meydana gelmesine yol açmaktadır. Bu süreçler sonucunda mine sertliği artmakta, geçirgenliği azalmakta, kristallerin su ve karbonat içeriği azalmaktadır. Ayrıca, oluşan mikroboşluklar kalsiyum, fosfat ve flor iyonlarının tutulmasını kolaylaştırarak minenin asit ataklarına karşı daha dirençli hale gelmesini sağlamaktadır (55-57).

Pagano ve ark. (58) lazerin diş çürüklerini önleme amacıyla kullanıldığı çalışmaları inceledikleri sistematik derlemede; daimi dişlenmede, lazerlerin topikal florid uygulamaları ile birlikte kullanıldığında çürük önleme açısından etkili olduğunu, argon lazerin mine yüzeylerindeki flor alımını anlamlı derecede artırdığını, CO₂ lazer ve Er:YAG lazer ile önceden ışınlanmış mine fissürlerinde asit uygulaması sonrası fissür örtücü retansiyonunun arttığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, lazer uygulamalarının güvenli ve hasta tarafından iyi tolere edildiği bildirilmiştir. Zancope ve ark. (59) çalışmasında 10.6 µm dalga boyundaki CO₂ lazerin, %1.23 asitleştirilmiş fosfat florür (APF) ve 1100 µg F/g florür içeren diş macunu (FD) ile kombinasyonunun, mine çürüğünün ilerlemesini kontrol etmedeki etkinliği değerlendirmiştir. En yüksek mineral kaybı inhibisyonu, FD ve CO₂ lazer kombinasyonu ile elde edilmiş olup, bu sonuç FD + CO₂ lazer + APF grubundan istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır. Biyofilmdeki CaF₂, florapatit (FAp) ve F oluşumunun, FD ve APF'nin birlikte kullanımıyla daha belirgin olduğu gözlemlenmiştir. CO₂ lazer ışınımı ise mine yüzeyinde CaF₂ ve biyofilmde F konsantrasyonlarının hafif bir artışını desteklemiştir. APF, CaF₂ ve FAp oluşumunu artırmasına rağmen FD'nin, CO₂

lazerle birlikte kullanımı yapay çürük benzeri lezyonların in situ ilerlemesini engellemede APF'nin etkisini dengeleyerek önemli bir katkı sağladığı bildirilmiştir.

3.5. Endodontik Tedavilerde Kullanım

Günümüzde lazerler; pulpa kuafajı/pulpotomi, kök kanal sisteminin dezenfekte edilmesi, obturasyon, kanal yenileme ve apikal cerrahi gibi çeşitli endodontik prosedürlerde kullanılabilir (60).

3.5.1. Kök Kanal Dezenfeksiyonu

Kanal içi dezenfeksiyonda lazer kullanımı sıklıkla atımlı Nd:YAG ve Er:YAG lazerler ile gerçekleştirilir. Lazer ışını uygulanırken, genellikle %5.25'lik NaOCl veya %14'lük EDTA ile kullanılması önerilmektedir (16). Yavagal ve ark. (61) süt dişlerinde kök kanal dezenfeksiyonunda Er:YAG lazer ve %2.5'lük NaOCl kullanılarak yapılan konvansiyonel irrigasyon tekniğinin etkinliğini karşılaştıran bir çalışma yapmışlardır. Lazer kullanılan kanallarda bakteri üremesi tamamen engellenmişken, NaOCl grubunda daha az sayıda bakteri kolonisi gözlemlenmişlerdir. Lazer aktivasyonlu irrigasyonun, *E. faecalis* sayısında NaOCl grubuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha fazla azalma sağladığını rapor etmişlerdir.

Botu ve ark. (62) süt dişlerinin kök kanal tedavilerinde; klorheksidin (CHX), diyot lazer ve salin etkinliğini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Dezenfekte edilen tüm numunelerin ortalama mikrobiyal sayılarının dezenfeksiyondan sonra azaldığını belirtmişlerdir. Gruplar arası karşılaştırmalarda, Grup I (CHX) ile Grup III (salin) ve Grup II (diyot lazer) ile Grup III (salin) arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu ancak Grup I (CHX) ile Grup II (diyot lazer) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını bildirmişlerdir.

3.5.2. Süt/Daimi Dişlerde Pulpotomi

Pulpotomi tedavisinde başarı elde edebilmek için, kuron pulpasının atravmatik bir şekilde çıkarılması ve aseptik bir çalışma ortamının sağlanması büyük önem taşımaktadır. Lazer kullanımı, temassız çalışma avantajı sayesinde, kalan pulpa dokusunda travma oluşumunu engelleyerek tedavi sürecini iyileştirmektedir (63). Ayrıca, lazerin biyostimülasyon etkisi nedeniyle, vital pulpa amputasyonu uygulamalarında kullanımı başarılı sonuçlar doğurmuş ve bu durum literatürde rapor edilmiştir (64,65).

Pei ve ark. (66) diyot lazer ve formokrezol (FC) pulpotomisinin süt azı dişleri üzerindeki klinik ve radyografik sonuçlarını araştırmayı amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. 12 aylık takipte, klinik başarı oranları lazer ve FC için sırasıyla %92.9 ve %90.9 ve radyografik başarı oranlarının lazer ve FC için sırasıyla %78.6 ve %72.7 olduğunu bildirmişlerdir. On iki ay boyunca takip edilen süt azı dişlerinde diyot lazer ve FC pulpotomisi arasında klinik ve radyografik başarı oranı açısından anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Tozar ve ark. (67) mineral trioksit agregat (MTA) ile MTA ve Er,Cr:YSGG lazer kom-

binasyonunun, kök ucu açık daimi azı dişlerde parsiyel pulpotomi tedavisindeki etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Lazer + MTA grubunun başarı oranı %95.5, MTA grubunun başarı oranı %88.8 ile benzer bulunmuştur. Gruplar arasında, 12 aylık takip sürecinde en az bir patolojik klinik veya radyografik başarısızlık açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Parsiyel pulpotomi tedavisi, kök ucu açık daimi azı dişlerde yüksek başarı oranı sergilemiş ancak lazer kullanımının, MTA tedavisine kıyasla başarı oranını artırmadığı sonucuna varmışlardır.

Fadhil ve ark. (68) diyet ve Er,Cr:YSGG lazerlerin süt azı dişleri pulpotomi tedavilerinde FC ve sodyum hipoklorit için uygulanabilir bir alternatif olarak klinik ve radyografik başarısını değerlendiren bir çalışma yapmışlardır. Pulpotominin genel klinik ve radyografik başarı oranlarını FC için %92.3, NaOCl için %89, diyet lazer için %98.3 ve Er,Cr:YSGG lazerler için %98.7 olarak bildirmişlerdir. İstatistiksel olarak dört grup arasında anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

3.5.3. Direkt Pulpa Kuafajı

Lazer destekli direkt pulpa kuafajı, geleneksel yöntemlere kıyasla önemli avantajlar sunmaktadır; bunlar arasında dekontaminasyon etkisi, hemostatik ve koagülan etkisi, pulpa sıcaklık artışının azalması, intrakaviter basıncın düşmesi ve biyostimülasyon etkisi yer almaktadır (69). Wang ve ark. (70) çürüğe bağlı pulpa açılmalarında kalsiyum hidroksit tek başına ve Er:YAG lazer ile kombinasyonunun tedavideki etkinliğini değerlendiren bir çalışma yapmışlardır. 12 aylık takip sonucunda lazer destekli tedavi grubunun başarı oranının %91.7, geleneksel tedavi grubunun başarı oranının %68.2 olduğunu bildirmişlerdir. Kermanshah ve ark. (71) direkt pulpa kuafajı tedavisinde, MTA'nın tek başına ve Er:YAG lazer ile kombinasyonunun etkinliğini klinik olarak karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Hastalar 1, 3 ve 6 aylık dönemlerde klinik ve radyografik olarak takip etmişlerdir. Çalışma sonucunda başarı oranları lazer grubunda %75, kontrol grubunda ise %93 olarak kaydedilmiş ve istatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

3.6. Sert Doku Uygulamalarında Kullanım

3.6.1. Çürük Uzaklaştırılması ve Kavite Hazırlığı

Lazerler, diş sert doku preparasyonlarında yüksek devirli döner aletlere alternatif bir yöntem olarak tercih edilmektedir. En yaygın kullanılan lazerler arasında Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazer sistemleri yer almaktadır (72,73). Lazerler, çürüğü etkin bir şekilde uzaklaştırırken daha az ses ve basınç üretmekte, pulpa odasında ısı artışına neden olmamakta ve yüzeyi sterilize etmektedir (50,74-76). Ağrı oluşmadığı için anestezi ve komplikasyon riskleri azalmaktadır, özellikle çocuklarda ağrısız ve anestezisiz tedavi imkanı sağlamaktadır (75). Lazer, dentin tübüllerini tıkayarak postoperatif hassasiyeti azaltmaktadır.

Ancak lazer tedavisi, geleneksel yöntemlere göre daha uzun süreli çalışma gerektirmektedir (74,75). Abdrabuh ve ark. (77) çocuklarda kavite hazırlığı sırasında 2940 nm Er:YAG lazer ile geleneksel döner alet tedavisini, restorasyon bütünlüğü açısından karşılaştırmayı amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. Bir yıllık takipte, restorasyonların klinik başarısı değerlendirildiğinde, Er:YAG lazer ve geleneksel döner aletle yapılan müdahaleler arasında anlamlı bir fark bulunmadığı ve her iki yöntemin de süt dişlerinde sınıf I kavite hazırlığı sonrası restorasyon bütünlüğü açısından benzer sonuçlar verdiği bildirilmiştir.

Xu ve ark. (78) Er:YAG lazer ve geleneksel döner aletlerin çocuklarda çürük tedavisindeki etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada anestezi kullanım miktarı, ağrı seviyesi, diş hassasiyeti, diş kırıkları oluşumu, klinik anksiyete, iş birliği davranışları, çürük uzaklaştırma ve kavite hazırlığı için gereken süre ile tedavi başarısı (12 ay sonrasında) gibi parametreler incelenmiştir. Er:YAG lazer kullanımının anestezi ihtiyacı, ağrı ve diş hassasiyetini anlamlı şekilde azalttığını bildirmişlerdir. Diş kırıkları açısından iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmamış ancak Er:YAG lazer tedavi edilen çocukların daha düşük klinik anksiyete seviyeleri ve daha iyi işbirliği davranışları sergilediğini bildirmişlerdir. Er:YAG lazer ile kavite hazırlığı süresinin geleneksel döner aletlere göre daha uzun olduğu bildirilmiştir. On iki aylık takipte, tedavi başarısı açısından iki grup arasında anlamlı bir fark gözlenmediğini belirtmişlerdir.

3.6.2. Pit ve Fissür Örtücü Uygulaması

Lazer, genç dişlerin oklüzal yüzeylerine sealant uygulaması öncesinde pit ve fissürlerin temizlenmesi ve hazırlanması amacıyla kullanılabilir. *İn vitro* çalışmalar, lazer ışınlanmasının asit pürüzlendirme işleminin yerini tam anlamıyla almadığını, ancak temizlik ve dezenfeksiyon açısından fayda sağladığını göstermektedir (10,79). Lazerin, özellikle asit pürüzlendirme ile kullanıldığında, bağlanma dayanıklılığı ve mikrosızıntı açısından geleneksel yöntemlerle benzer sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Bununla birlikte, lazer uygulamalarında enerji düzeyi dikkatlice ayarlanmalı, pit ve fissür yüzeylerinin aşırı hazırlanmasından kaçınılması gerekmektedir (79).

3.7. Travma Vakalarında Kullanım

Lazerler, travma sonucu meydana gelen yumuşak ve sert doku yaralanmalarında, kırık dişlerde restorasyon öncesi yüzey hazırlıklarında ve pulpanın açığa çıktığı komplike kron kırıklarında kuafaj ve pulpotomi tedavisinde kullanılabilir (15). Erbiyum lazerleri, travma sonucu pulpanın perfore olduğu komplike kron kırıklarında, perforasyon bölgesindeki kanamanın kontrol altına alınmasında ve enfekte alanın sterilize edilmesinde etkilidir. Ayrıca, komplike olmayan kron kırıklarında kırık hattının pürüzlendirilerek adezyonun güçlendirilmesi amacıyla da önerilmektedir (50). Diyet ve Nd:YAG lazerler ise, özellikle yumuşak doku yaralanmalarında ve doku stimülasyonu sağlamak amacıyla kullanılabilir (10).

3.8. Düşük Seviyeli Lazer Tedavisi (LLLT)

Düşük seviyeli lazer tedavisi, doku rejenerasyonunu teşvik etmek ve bazı cerrahi işlemler sonrasında oluşabilecek rahatsızlıkları yan etki yaratmadan azaltmak için kullanılan yenilikçi bir yöntemdir (80,81) Başlangıçta helyum-neon lazerleri kullanılsa da günümüzde daha yaygın olarak yarı iletken diyot lazerler (830 nm veya 635 nm) kullanılmaktadır (82).

LLLT, "fotobiyostimülasyon" adı verilen bir mekanizma ile çalışmaktadır. Bu mekanizma yumuşak doku iyileşmesini uyarmakta, inflamasyonu azaltmakta, farmakolojik olmayan ağrı giderici bir etki sağlamakta, yaranın çekme dayanımını artırmakta ve iyileşme hızını yükseltmektedir (83,84). Ancak, fotobiyostimülasyonun tam biyolojik mekanizmaları henüz tam olarak anlaşılamamıştır (83,84). LLLT'nin diş dokularına uygulanmasına yönelik çeşitli klinik ve histolojik çalışmalar, pulpa inflamasyonunun azaldığını, ağrının hafiflediğini, diş pulpası canlılığının korunduğunu ve iyileşmenin hızlandığını göstermektedir. Bu yöntem daha az invaziv, farmakolojik olmayan, ekonomik bir tedavi seçeneği olup, yan etkisi rapor edilmemiştir (85).

Annu ve ark. (86) 660 ve 810 nm dalga boylarında fotobiyomodülasyon (PBM) tedavisinin, çocuk diş hekimliğinde diyot lazer kullanılarak yumuşak doku lokal anestezisinin tersine çevrilmesi üzerindeki etkisini karşılaştıran bir çalışma yapmışlardır. 810 nm dalga boyu PBM uygulamasından sonra yumuşak doku lokal anestezinin ortalama geri dönüş süresinde 55.5 dk (%27.6), 660 nm dalga boyu lazer ışınlanması uygulamasından sonra ise 69 dk (%34.7) oranında anlamlı azalma gözlemlendiği bildirilmiştir.

Doiphode ve ark. (87) LLLT ile formokrezolün pulpotomi ajanı olarak kullanıldığı çalışmaları inceledikleri sistematik derleme ve meta analizde, klinik ve radyografik karşılaştırmalarında 6,9 ve 12 aylık takip sürelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir. LLLT, geri dönüşümlü pulpitis vakalarında pulpotomi ajanı olarak etkili bir alternatif yöntem olduğu sonucuna varmışlardır.

Calarga ve ark. (88) yaptığı sistematik derlemede fotobiyomodülasyon tedavisinin, çocuklarda oral mukoziti (OM) tedavi etmek ve önlemek için güvenli ve etkili bir alternatif olup olmadığını değerlendirmişlerdir. Yapılan sistematik arama sonucunda, 20 çalışma analize dahil edilmiştir. Hiçbir çalışmada PBM'nin olumsuz etkileri bildirilmemiş, yalnızca bir çalışmada PBM'nin etkinliğine dair kanıt bulunamamıştır. PBM'nin analjezik etkisi öne çıkarılmış ve OM'nin şiddetini, süresini ve insidansını azaltmada etkili olduğu, ayrıca iyileşme sürecini hızlandırdığı vurgulanmıştır. Pediatrik hastalarda OM tedavisinde PBM'nin kullanımını destekleyen önemli kanıtlar bulunmuştur. Ancak, PBM'nin profilaktik etkisini ve farklı klinik durumlar için optimal protokolleri belirlemek amacıyla daha yüksek kaliteli çalışmalara ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

3.9. Dentin Hassasiyeti Tedavisinde Kullanım

Dentin hassasiyetini önlemede etki mekanizması, dentin tübüllerinin daralması veya tıkanmasını ve sinir iletiminin azaltılması yoluyla analjezi sağlamayı içermektedir (89). Muniz ve ark. (90) molar-kesici hipomineralizasyonu (MIH) olan dişlerin desensitizasyonunda, LLLT ile florürlü verniğin (FV) etkinliğini araştırmışlardır. Çalışmada, tüm tedavi gruplarında diş hassasiyetinde anlamlı bir azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. LLLT ve LLLT + FV kombinasyonu ile, tek başına FV tedavisine kıyasla daha düşük hassasiyet skorları elde etmişlerdir. Lazer tedavisi, tedavi anında hemen etkili olmuşken, FV'nin daha geç etkisini gösterdiğini bildirmişlerdir. LLLT ve FV kombinasyonunun, MIH olan dişlerde daha fazla desensitizasyon etkisi gösterdiğini belirtmişlerdir.

Cerqueira ve ark. (91) yaptıkları sistematik derlemede; lazer tedavisinin MIH ile ilişkili dentin hassasiyetinin yönetimindeki etkinliğinin, tek başına veya diğer hassasiyet giderici ajanlarla birlikte uygulandığında, uzun vadede hassasiyetin azaltılmasında potansiyel gösterdiğini bildirmişlerdir. İncelenen tüm çalışmalarda, lazer tedavisi sonrası dentin hassasiyetinde belirli bir düzeyde iyileşme olduğunu belirtmişlerdir.

3.10. Dental Kaygının Azaltılması Üzerine Etkisi

Çocuklarda dental kaygıyla en çok ilişkilendirilen faktörler, geleneksel döner aletlerin titreşimi, sesi ve görünümüdür. Erbiyum lazerler, kavite hazırlığı sırasında minimum titreşim ve ses üretmesiyle bilinmektedir. Yüksek hızlı aletler, erbiyum lazerlere kıyasla 400 kat daha yüksek titreşim hızı üreterek hastanın ağrı hissetmesine neden olur (92).

Yapılan çalışmalarda araştırmacılar, çocukların erbiyum lazerlerle çalışılan işlemlerde yüksek hızlı aletlere kıyasla daha rahat olduklarını, bunun nedeninin ise ses ve titreşim hissi olmamasından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Ayrıca, fiberoptik ucun diş yüzeyiyle temas etmemesi çocuklar için ek bir rahatlık sağlamaktadır (93,94).

Belcheva ve ark. (95) Er:YAG lazer ve geleneksel döner aletlerle çürük tedavisinin, latent inhibisyon çocuk tedavi tekniğiyle kombinasyonu sırasında pediatrik hastalardaki anksiyeteyi değerlendiren bir çalışma yapmışlardır. Er:YAG lazer çürük temizliği ve latent inhibisyon çocuk tedavi tekniğinin kombinasyonu sonucunda, ortalama kalp hızı ve öz anksiyete skorlarında istatistiksel olarak anlamlı azalma olduğunu bildirmişlerdir. Lazer kavite preparasyonunun latent inhibisyon çocuk tedavi tekniğiyle birlikte kullanılması, çocukların diş tedavisi sırasında en etkili yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Er:YAG lazer tek başına geleneksel yöntemle göre üstünlük göstermiş olup, geleneksel döner aletler ve davranış yönetimi tekniğinin birlikte kullanılmasına eşdeğer etki sağladığını bildirmişlerdir.

Abdrabuh ve ark. (96) Er:YAG lazer ile geleneksel rotasyonel tedavi yöntemleri kullanılarak yapılan kavite hazırlığı sırasında çocukların anksiyete düzeylerini ve ağrı algılarını karşılaştırmışlardır. Er:YAG lazer ile geleneksel tedavi arasında başlangıç nabız hızında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Ancak, geleneksel yöntem sırasında ortalama nabız hızının, lazer yöntemi sırasında ve sonrasına kıyasla istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek olduğu tespit etmişlerdir. Geleneksel yöntemin çocuklarda daha yüksek anksiyete ve ağrı algısına yol açtığını rapor etmişlerdir.

SONUÇ

Lazer teknolojisi, *çocuk diş hekimliğinde* minimal invaziv, etkili ve hasta dostu bir tedavi yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Hem sert hem de yumuşak doku işlemlerinde ağrı, kanama, titreşim ve anestezi ihtiyacını en aza indirerek çocukların iş birliğini artırmakta, diş hekimi korkusunu azaltmaktadır. Ayrıca, sterilizasyon sağlaması ve geleneksel yöntemlere göre daha konforlu bir tedavi sunması, lazerin tercih edilme oranını artırmaktadır. Ancak, lazer cihazlarının maliyetinin düşürülmesi, teknolojik gelişmelerin sürdürülmesi ve tedavi protokollerinin daha fazla araştırmayla desteklenmesi, lazerin çocuk diş hekimliğinde yaygınlaşması açısından büyük önem taşımaktadır. Lazer teknolojisinin sunduğu avantajlar göz önünde bulundurulduğunda, bu yöntemin gelecekte *çocuk diş hekimliğinde* altın standart haline gelmesi öngörülmektedir.

Kısaltmalar

CO₂: Karbon Dioksit, Nd:YAG: Neodimyum-itrinyum-alüminyum-garnet, FDA: ABD Gıda ve İlaç Dairesi, AAPD: Amerikan Pediatrik Diş Hekimliği Akademisi, LF: lazer floresansı, QLF: Kantitatif Işıklı İndüklenen Floresans, APF: Asitleştirilmiş Fosfat Florür, FD: Florür İçeren Diş Macunu, CHX: Klorheksidin, FC: Formokrezol, MTA: Mineral Trioksit Agregat, LLLT: Düşük Seviyeli Lazer Tedavisi, OM: Oral Mukozit, MIH: Molar-Kesici Hipomineralizasyonu, FV: Florür Verniği

Teşekkürler

Herhangi bir teşekkür bildirilmemiştir.

Yazar Katkısı

Fikir/Kavram: B.Y., S.E.; Tasarım: B.Y.; Veri Toplama ve Değerlendirme: B.Y.; Kaynak taraması: B.Y.; Makale yazımı: B.Y., S.E.; Eleştirel değerlendirme: B.Y., S.E.

Finansal veya Mali Destek

Yazar, bu çalışmanın her hangi bir finansal/mali destek almadığını beyan etmiştir.

Veri Erişilebilirliği

Veriler, talep üzerine ilgili yazardan temin edilebilir.

Etik Kurul Onayı

Etik kurul onayına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması

Herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

YZ Deklarasyonu

YZ araçları kullanılmamıştır.

Yazar ORCID No

Berna Yılmaz 0009-0002-8738-0706
Sibel Emiroğlu 0009-0001-6061-1060

1. Gross AJ, Herrmann TRW. History of lasers. *World J Urol.* 2007; 25: 217–20. doi: [10.1007/s00345-007-0173-8](https://doi.org/10.1007/s00345-007-0173-8)
2. Coluzzi D, Convissar R. Atlas of laser applications in dentistry. *Br Dent J.* 2007; 203:164.
3. Olivi G, Olivi M. *Lasers in Restorative Dentistry A Practical Guide.* 1st ed. Heidelberg: Springer; 2015.
4. Sulieman M. An Overview of the Use of Lasers in General Dental Practice: 2. Laser Wavelengths, Soft and Hard Tissue Clinical Applications. *Dent Update.* 2005; 32: 286-96. doi: [10.12968/denu.2005.32.5.286](https://doi.org/10.12968/denu.2005.32.5.286)
5. Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin North Am.* 2004; 48: 751-70. doi: [10.1016/j.cden.2004.05.003](https://doi.org/10.1016/j.cden.2004.05.003)
6. Frame JW. Carbon dioxide laser surgery for benign oral lesions. *Br Dent J.* 1985; 158: 125-8.
7. Myers TD. Lasers in dentistry. *J Am Dent Assoc.* 1991; 122: 46-50. doi: [10.14219/jada.archive.1991.0018](https://doi.org/10.14219/jada.archive.1991.0018)
8. Fornaini C, Arany P, Rocca JP, Merigo E. Photobiomodulation in Pediatric Dentistry: A Current State-of-the-Art. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2019; 37: 798-813. doi: [10.1089/photob.2019.4722](https://doi.org/10.1089/photob.2019.4722)
9. Suresh S, Navit S, Khan SA, Sharma A, Jabeen S, Grover N, et al. Effect of diode laser office bleaching on mineral content and surface topography of enamel surface: An SEM study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2020; 13: 481-5. doi: [10.5005/jp-journals-10005-1823](https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1823)
10. Olivi G, Genovese M.D, Caprioglio C. Evidence-based dentistry on laser paediatric dentistry: review and outlook. *Eur J Paediatr Dent.* 2009;10: 29-40.
11. Coluzzi DJ, Convissar RA, Roshkind DM. *Principles and Practice of Laser Dentistry.* 2nd ed.St. Louis: Elsevier Mosby; 2016.
12. Hadley J, Young DA, Eversole LR, Gornbein JA. A laser-powered hydrokinetic system for caries removal and cavity preparation. *J Am Dent Assoc.* 2000; 131: 777-85. doi: [10.14219/jada.archive.2000.0277](https://doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0277)
13. Usumez A, Aykent F. Bond strengths of porcelain laminate veneers to tooth surfaces prepared with acid and Er,Cr:YSGG laser etching. *J Prosthet Dent.* 2003; 90: 24-30. doi: [10.1016/s0022-3913\(03\)00235-x](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(03)00235-x)
14. Boj J. The future of laser pediatric dentistry. *J Oral Laser Appl.* 2005; 5: 173-7.
15. Öznurhan F, Ölmez A. Çocuk dişhekimliğinde lazerler. *Cumhuriyet Dent J.* 2012; 15: 175–85. doi: [10.7126/cdj.2012.787](https://doi.org/10.7126/cdj.2012.787)
16. Marwah N. Lasers in Pediatric Dentistry. In: *Textbook of Pediatric Dentistry.* 3rd ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2014. p. 947-83.
17. Coluzzi DJ. An Overview of Lasers in Dentistry. *Dent Clin North Am.* 2000; 44: 753–65.
18. Moritz A, Schoop U, Goharkhay K, Sperr W.The CO2 Laser as an Aid in Direct Pulp Capping. *J Endod.* 1998; 24: 248-51. doi: [10.1016/S0099-2399\(98\)80106-4](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(98)80106-4)
19. 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: 288-93. doi: [10.1002/\(sici\)1096-9101\(1998\)22:5<288::aid-lsm5>3.0.co;2-l](https://doi.org/10.1002/(sici)1096-9101(1998)22:5<288::aid-lsm5>3.0.co;2-l)
20. Dederich DN. Laser/tissue interaction: what happens to laser light when it strikes tissue? *J Am Dent Assoc.* 1993; 124: 57-61. doi: [10.14219/jada.archive.1993.0036](https://doi.org/10.14219/jada.archive.1993.0036)
21. Welch AJ, Torres JH, Cheong WF. Overview of Laser Physics Laser Physics and Laser-Tissue Interaction. *Tex Heart Inst J.* 1989; 16: 141-9.
22. Vogel A, Venugopalan V. Mechanisms of pulsed laser ablation of biological tissues. *Chem Rev.* 2003; 103: 577-644. doi: [10.1021/cr010379n](https://doi.org/10.1021/cr010379n)
23. Green J, Weiss A, Stern A. Lasers and radiofrequency devices in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2011;55: 585-97. doi: [10.1016/j.cden.2011.02.017](https://doi.org/10.1016/j.cden.2011.02.017)
24. Martens LC. Laser physics and a review of laser applications in dentistry for children. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2011; 12: 61-7. doi: [10.1007/BF03262781](https://doi.org/10.1007/BF03262781)
25. Convissar RA. The biologic rationale for the use of lasers in dentistry. *Dent Clin North Am.* 2004; 48: 771-94. doi: [10.1016/j.cden.2004.06.004](https://doi.org/10.1016/j.cden.2004.06.004)
26. Piccione PJ. Dental laser safety. *Dent Clin North Am.* 2004; 48: 795-807. doi: [10.1016/j.cden.2004.05.009](https://doi.org/10.1016/j.cden.2004.05.009)
27. American Academy of Pediatric Dentistry. Policy on patient safety. *The Reference Manual of Pediatric Dentistry.* Chicago,Ill.: American Academy of Pediatric Dentistry; 2024.

28. Parker S. Laser regulation and safety in general dental practice. *Br Dent J.* 2007; 202: 523–32. doi: [10.1038/bdj.2007.370](https://doi.org/10.1038/bdj.2007.370)
29. Verma S, Maheshwari S, Singh R, Chaudhari P. Laser in dentistry: An innovative tool in modern dental practice. *Natl J Maxillofac Surg.* 2012; 3 :124. doi: [10.4103/0975-5950.111342](https://doi.org/10.4103/0975-5950.111342)
30. Garden JM, Kerry O’banion ; M, Bakus AD, Olson C. Viral Disease Transmitted by Laser-Generated Plume (Aerosol). *Arch Dermatol.* 2002; 138: 1303-7. doi: [10.1001/archderm.138.10.1303](https://doi.org/10.1001/archderm.138.10.1303)
31. Caprioglio C, Olivi G, Genovese MD. Paediatric laser dentistry. Part 1: General introduction. *Eur J Paediatr Dent.* 2017; 18: 80-2. doi: [10.23804/ejpd.2017.18.01.17](https://doi.org/10.23804/ejpd.2017.18.01.17)
32. Boj JR, Poirier C, Espasa E, Hernandez M, Espanya A. Lower Lip Mucocele Treated With an Erbium Laser. *Pediatr Dent.* . 2009; 331: 249-52.
33. Rai S, Kaur M, Bhatnagar P. Laser: A powerful tool for treatment of pyogenic granuloma. *J Cutan Aesthet Surg.* 2011; 4: 144. doi: [10.4103/0974-2077.85044](https://doi.org/10.4103/0974-2077.85044)
34. American Academy of Pediatric Dentistry. Policy on the Use of Lasers for Pediatric Dental Patients. The Reference Manual of Pediatric Dentistry. Chicago, Ill.: American Academy of Pediatric Dentistry. 2024.
35. Boj JR, Poirier C, Hernandez M, Espasa E, Espanya A. Review: laser soft tissue treatments for paediatric dental patients. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2011; 12: 100-5. doi: [10.1007/BF03262788](https://doi.org/10.1007/BF03262788)
36. Verco PJW. Case Report and Clinical Technique: Argon Beam Electrosurgery for Tongue Ties and Maxillary Frenectomies in Infants and Children. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2012; 8: 15-9. doi: [10.1007/BF03262604](https://doi.org/10.1007/BF03262604)
37. Tamarit Borràs M, Delgado Molina E, Berini Aytés L, Gay Escoda C. Removal of hyperplastic lesions of the oral cavity. A retrospective study of 128 cases. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2005; 10: 151-62.
38. Vesnaver A, Dovšak DA. Treatment of vascular lesions in the head and neck using Nd:YAG laser. *J Craniomaxillofac Surg.* 2006; 34: 17-24. doi: [10.1016/j.jcms.2005.07.009](https://doi.org/10.1016/j.jcms.2005.07.009)
39. Fornaini C, Rocca JP, Bertrand MF, Merigo E, Nammour S, Vescovi P. Nd:YAG and diode laser in the surgical management of soft tissues related to orthodontic treatment. *Photomed Laser Surg.* 2007; 25: 381-92. doi: [10.1089/pho.2006.2068](https://doi.org/10.1089/pho.2006.2068)
40. Cauwels RGE, Martens LC. Low level laser therapy in oral mucositis: A pilot study. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2011; 12: 118-23. doi: [10.1007/BF03262791](https://doi.org/10.1007/BF03262791)
41. Cruz LB, Ribeiro AS, Rech A, Rosa LGN, Castro CG, Brunetto AL. Influence of low-energy laser in the prevention of oral mucositis in children with cancer receiving chemotherapy. *Pediatr Blood Cancer.* 2007; 48: 435-40. doi: [10.1002/pbc.20943](https://doi.org/10.1002/pbc.20943)
42. Liu CM, Hou LT, Wong MY, Lan W. Comparison of Nd:YAG Laser Versus Scaling and Root Planing in Periodontal Therapy. *J Periodontol.* 1999; 70: 1276-82. doi: [10.1902/jop.1999.70.11.1276](https://doi.org/10.1902/jop.1999.70.11.1276)
43. Mogedas-Vegara A, Hueto-Madrid JA, Chimenos-Küstner E, Bescós-Atín C. Oral leukoplakia treatment with the carbon dioxide laser: A systematic review of the literature. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery.* 2016; 44: 331-6. doi: [10.1016/j.jcms.2016.01.026](https://doi.org/10.1016/j.jcms.2016.01.026)
44. White JM, Chaudhry SI, Kudler JJ, Sekandari N, Schoelch ML, Silverman S. Nd:YAG and CO2 laser therapy of oral mucosal lesions. *J Clin Laser Med Surg.* 1998; 16: 299-304. doi: [10.1089/clm.1998.16.299](https://doi.org/10.1089/clm.1998.16.299)
45. Akyol A, Anadolu R, Anadolu Y, Ekmekci P, Gürgey E, Akay N. Multifocal papillomavirus epithelial hyperplasia: successful treatment with CO2 laser therapy combined with interferon alpha-2b. *Int J Dermatol.* 2003; 42: 733-5. doi: [10.1046/j.1365-4362.2003.01777.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-4362.2003.01777.x)
46. Summersgill KF, Smith EM, Levy BT, Allen JM, Haugen TH, Turek LP. Human papillomavirus in the oral cavities of children and adolescents. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001; 91: 62-9. doi: [10.1067/moe.2001.108797](https://doi.org/10.1067/moe.2001.108797)
47. Prathima GS, Bhadrashetty D, Babu SBU, Disha P. Microdentistry with Lasers. *J Int Oral Health.* 2015; 7: 134-7.
48. Ando M, Van Der Veen MH, Schemehorn BR, Stookey GK. Comparative study to quantify demineralized enamel in deciduous and permanent teeth using laser- and light-induced fluorescence techniques. *Caries Res.* 2001; 35: 464-70. doi: [10.1159/000047491](https://doi.org/10.1159/000047491)
49. Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P. Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci.* 2001; 109: 14-9. doi: [10.1034/j.1600-0722.2001.109001014.x](https://doi.org/10.1034/j.1600-0722.2001.109001014.x)

50. Olivi G, Genovese MD. Laser restorative dentistry in children and adolescents. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2011; 12: 68-78. doi: [10.1007/BF03262782](https://doi.org/10.1007/BF03262782)
51. Bengtson AL, Gomes AC, Mendes FM, Cichello LRD, Bengtson NG, Pinheiro SL. Influence of Examiner's Clinical Experience in Detecting Occlusal Caries Lesions in Primary Teeth. *Pediatr Dent*. 2005; 27: 238-43.
52. 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: 132-8. doi: [10.1111/j.1365-263X.2011.01180.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2011.01180.x)
53. Nair BG, Reddy KA, Reddy MG, Reddy N. A Review of Laser Doppler Flowmetry and Pulse Oximetry in Dental Pulp Vitality. *J Clin Diagn Res*. 2011; 5: 903-5.
54. Roeykens H, De Moor R. The use of laser Doppler flowmetry in Paediatric dentistry. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2011; 12: 85-9. doi: [10.1007/BF03262784](https://doi.org/10.1007/BF03262784)
55. Stern RH, Sognaes RF. Laser inhibition of dental caries suggested by first tests in vivo. *J Am Dent Assoc*. 1972; 85: 1087-90. doi: [10.14219/jada.archive.1972.0491](https://doi.org/10.14219/jada.archive.1972.0491)
56. Ana PA, Bachmann L, Zezell DM. Lasers effects on enamel for caries prevention. *Laser Phys*. 2006; 16: 865-75. doi: [10.1134/S1054660X06050197](https://doi.org/10.1134/S1054660X06050197)
57. Fried D, Ragadio J, Akrivou M, Featherstone JDB, Murray MW, Dickenson KM. Dental hard tissue modification and removal using sealed transverse excited atmospheric-pressure lasers operating at $\lambda=9.6$ and 10.6 microm. *J Biomed Opt*. 2001; 6: 231-8. doi: [10.1117/1.1344192](https://doi.org/10.1117/1.1344192)
58. Pagano S, Lombardo G, Orso M, Abraha I, Capobianco B, Cianetti S. Lasers to prevent dental caries: a systematic review. *BMJ Open*. 2020; 10: e038638. doi: [10.1136/bmjopen-2020-038638](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-038638)
59. Zancopé B, Rodrigues LP, Lopes LM, de-Sousa ET, Steiner-Oliveira C, Rodrigues LKA, et al. CO₂ laser irradiation combined with fluoridated dentifrice improved its protective effect on caries lesion progression regardless of the acidulated phosphate fluoride gel application: An in situ study. *Clin Oral Investig*. 2023; 27: 7753-63. doi: [10.1007/s00784-023-05365-9](https://doi.org/10.1007/s00784-023-05365-9)
60. Stabholz A, Sahar-Helft S, Moshonov J. Lasers in endodontics. *Dent Clin North Am*. 2004; 48: 809-32. doi: [10.1016/j.cden.2004.05.012](https://doi.org/10.1016/j.cden.2004.05.012)
61. Yavagal C, Patil V, Yavagal P, Kumar N, Hariharan M, Mangalekar S. Efficacy of Laser Photoacoustic Streaming in Paediatric Root Canal Disinfection- An Ex-Vivo Study. *Contemp Clin Dent*. 2021; 12: 44-8. doi: [10.4103/ccd.ccd_498_19](https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_498_19)
62. Botu RK, Rachuri P, Martha S, Raparla M, Matilda S, Yemparla S. Comparative Evaluation of the Efficacy of Chlorhexidine, Diode Laser, and Saline in Reducing the Microbial Count in Primary Teeth Root Canals: An In Vivo Study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2023; 16: 459-63. doi: [10.5005/jp-journals-10005-2596](https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2596)
63. Odabaş ME. Vital Pulpa Tedavilerinde Lazer Uygulaması. *GÜ Diş Hek Fak Derg*. 2011; 28: 51-9.
64. Kimura Y, Yonaga K, Yokoyama K, Watanabe H, Wang X, Matsumoto K. Histopathological Changes in Dental Pulp Irradiated by Er:YAG Laser: A Preliminary Report on Laser Pulpotomy. *J Clin Laser Med Surg*. 2023; 21: 345-50. doi: [10.1089/104454703322650149](https://doi.org/10.1089/104454703322650149)
65. Toomarian L, Fekrazad R, Sharifi D, Baghaei M, Rahimi H, Eslami B. Histopathological evaluation of pulpotomy with Er,Cr:YSGG laser vs formocresol. *Lasers Med Sci*. 2008; 23: 443-50. doi: [10.1007/s10103-007-0505-3](https://doi.org/10.1007/s10103-007-0505-3)
66. Pei S li, Shih W yu, Liu J fen. Outcome comparison between diode laser pulpotomy and formocresol pulpotomy on human primary molars. *J Dent Sci*. 2020; 15: 163-7. doi: [10.1016/j.jds.2020.03.005](https://doi.org/10.1016/j.jds.2020.03.005)
67. Tozar KN, Erkmen Almaz M. Evaluation of the Efficacy of Erbium, Chromium-doped Yttrium, Scandium, Gallium, and Garnet Laser in Partial Pulpotomy in Permanent Immature Molars: A Randomized Controlled Trial. *J Endod*. 2020; 46: 575-83. doi: [10.1016/j.joen.2020.02.003](https://doi.org/10.1016/j.joen.2020.02.003)
68. Fadhil WA, Noori AJ. Clinical and Radiographic Evaluation of Diode and Er,Cr:YSGG Lasers as an Alternative to Formocresol and Sodium Hypochlorite for Pulpotomy Techniques in Primary Molars: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Cureus*. 2024; 16: e65902. doi: [10.7759/cureus.65902](https://doi.org/10.7759/cureus.65902)
69. Priya MS, Dakshindas DM, Warhadpande MM, Radke SA. Effectiveness of lasers in direct pulp capping among permanent teeth- A systematic review and meta-analysis. *Journal of conservative dentistry and endodontics*. 2023; 26: 494-501. doi: [10.4103/jcd.jcd_344_23](https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_344_23)

70. Wang M, Ma L, Li Q, Yang W. Efficacy of Er:YAG laser-assisted direct pulp capping in permanent teeth with cariously exposed pulp: A pilot study. *Aust Endod J.* 2020; 46: 351-7. doi: [10.1111/aej.12404](https://doi.org/10.1111/aej.12404)
71. Kermanshah H, Omrani LR, Ghabraei S, Fekrazad R, Daneshparvar N, Bagheri P. Direct Pulp Capping With ProRoot MTA Alone and in Combination With Er:YAG Laser Irradiation: A Clinical Trial. *J Lasers Med Sci.* 2020; 11: 60-6. doi: [10.34172/jlms.2020.S10](https://doi.org/10.34172/jlms.2020.S10)
72. Marraccini TM, Bachmann L, Wigdor HA, Walsh JT, Turbino ML, Stabholtz A, et al. Enamel and dentin irradiation with 9.6 µm CO₂ and 2.94 µm Er:YAG lasers: bond strength evaluation. *Laser Phys Lett.* 2006; 3: 96-101. doi: [10.1002/lapl.200510058](https://doi.org/10.1002/lapl.200510058)
73. Cavalcanti BN, Lage-Marques JL, Rode SM. Pulpal temperature increases with Er:YAG laser and high-speed handpieces. *J Prosthet Dent.* 2003; 90: 447-51. doi: [10.1016/j.prosdent.2003.08.022](https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2003.08.022)
74. Jacobson B, Berger J, Kravitz R, Ko J. Laser pediatric Class II composites utilizing no anesthesia. *J Clin Pediatr Dent.* 2004; 28: 99-101. doi: [10.17796/jcpd.28.2.h483456897052472](https://doi.org/10.17796/jcpd.28.2.h483456897052472)
75. Jacobson B, Berger J, Kravitz R, Patel P. Laser pediatric crowns performed without anesthesia: a contemporary technique. *J Clin Pediatr Dent.* 2003; 28: 11-2. doi: [10.17796/jcpd.28.1.t4v16x7757245q64](https://doi.org/10.17796/jcpd.28.1.t4v16x7757245q64)
76. Dommisch H, Peus K, Kneist S, Krause F, Braun A, Hedderich J, et al. Fluorescence-controlled Er:YAG laser for caries removal in permanent teeth: a randomized clinical trial. *Eur J Oral Sci.* 2008; 116: 170-6. doi: [10.1111/j.1600-0722.2008.00521.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2008.00521.x)
77. Abdrabuh R, El Meligy O, Farsi N, Bakry AS, Felemban OM. Restoration Integrity in Primary Teeth Prepared Using Erbium/Yttrium-Aluminum-Garnet Laser: A Randomized Split-Mouth Clinical Study. *Children (Basel).* 2023; 10: 1215. doi: [10.3390/children10071215](https://doi.org/10.3390/children10071215)
78. Xu P, Ren C, Jiang Y, Yan J, Wu M. Clinical application of Er:YAG laser and traditional dental turbine in caries removal in children. *J Clin Pediatr Dent.* 2024; 48: 183-8. doi: [10.22514/jocpd.2024.118](https://doi.org/10.22514/jocpd.2024.118)
79. Moshonov J, Stabholz A, Zyskind D, Sharlin E, Peretz & B. Acid-etched and Erbium:Yttrium Aluminum Garnet laser-treated enamel for fissure sealants: a comparison of microleakage. *Int J Paediatr Dent.* 2005; 15: 205-9. doi: [10.1111/j.1365-263X.2005.00624.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-263X.2005.00624.x)
80. Albertini R, Villaverde AB, Aimbire F, Salgado MAC, Bjordal JM, Alves LP, et al. Anti-inflammatory effects of low-level laser therapy (LLLT) with two different red wavelengths (660 nm and 684 nm) in carrageenan-induced rat paw edema. *J Photochem Photobiol B.* 2007; 89: 50-5. doi: [10.1016/j.jphotobiol.2007.08.005](https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2007.08.005)
81. Bjordal JM, Johnson MI, Iversen V, Aimbire F, Lopes-Martins RAB. Low-level laser therapy in acute pain: a systematic review of possible mechanisms of action and clinical effects in randomized placebo-controlled trials. *Photomed Laser Surg.* 2006; 24: 158-68. doi: [10.1089/pho.2006.24.158](https://doi.org/10.1089/pho.2006.24.158)
82. Pretel H, Lizarelli RFZ, Ramalho LTO. Effect of low-level laser therapy on bone repair: histological study in rats. *Lasers Surg Med.* 2007; 39: 788-96. doi: [10.1002/lsm.20585](https://doi.org/10.1002/lsm.20585)
83. Rochkind S. Phototherapy in peripheral nerve regeneration: From basic science to clinical study. *Neurosurg Focus.* 2009; 26: 1-6. doi: [10.3171/FOC.2009.26.2.E8](https://doi.org/10.3171/FOC.2009.26.2.E8)
84. Farivar S, Malekshahabi T, Shiari R. Biological Effects of Low Level Laser Therapy. *J Lasers Med Sci.* 2014; 5: 58-62.
85. De Coster P, Rajasekharan S, Martens L. Laser-assisted pulpotomy in primary teeth: A systematic review. *Int J Paediatr Dent.* 2013; 23: 389-99. doi: [10.1111/ipd.12014](https://doi.org/10.1111/ipd.12014)
86. Annu A, Paranna S, Patil AT, B. S, Prakash A, Bhurke RR. Comparative evaluation of photobiomodulation therapy at 660 and 810 nm wavelengths on the soft tissue local anesthesia reversal in pediatric dentistry: an in-vivo study. *J Dent Anesth Pain Med.* 2023; 23: 229. doi: [10.17245/jdapm.2023.23.4.229](https://doi.org/10.17245/jdapm.2023.23.4.229)
87. Doiphode AR, Kalaskar R, Kalaskar A, Honaje N V., Gala UP. Clinical and Radiographic Efficacy of Low-level Laser Therapy and Formocresol as Pulpotomy Agents in Primary Molars: A Systematic Review and Meta-analysis. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2024; 17: 1075-85. doi: [10.5005/jp-journals-10005-2947](https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2947)
88. Calarga CC, Cotomácio CC, Simões A. Photobiomodulation for oral mucositis management in pediatric patients: a systematic review. *Lasers Med Sci.* 2024; 39: 272. doi: [10.1007/s10103-024-04221-w](https://doi.org/10.1007/s10103-024-04221-w)

89. Kimura Y, Wilder-Smith P, Yonaga K, Matsumoto K. Treatment of dentine hypersensitivity by lasers: a review. *J Clin Periodontol.* 2000; 27: 715-21. doi: [10.1034/j.1600-051x.2000.027010715.x](https://doi.org/10.1034/j.1600-051x.2000.027010715.x)
90. Muniz RSC, Carvalho CN, Aranha ACC, Dias FMCS, Ferreira MC. Efficacy of low-level laser therapy associated with fluoride therapy for the desensitisation of molar-incisor hypomineralisation: Randomised clinical trial. *Int J Paediatr Dent.* 2020; 30: 323-33. doi: [10.1111/ipd.12602](https://doi.org/10.1111/ipd.12602)
91. Cerqueira NM, Altube LG, Gambarini L, Borsatto MC, Corona SAM. Laser therapy in Molar-Incisor Hypomineralization (MIH) teeth treatment of hypersensitivity: a systematic review. *Lasers Med Sci.* 2025; 40: 11. doi: [10.1007/s10103-024-04280-z](https://doi.org/10.1007/s10103-024-04280-z)
92. Takamori K, Furukawa H, Morikawa Y, Katayama T, Watanabe S. Basic study on vibrations during tooth preparations caused by high-speed drilling and Er:YAG laser irradiation. *Lasers Surg Med.* 2003; 32: 25-31.
93. Eren F, Altinok B, Ertugral F, Tanboga I. The effect of erbium, chromium:yttrium-scandium-gallium-garnet (Er,Cr:YSGG) laser therapy on pain during cavity preparation in paediatric dental patients: a pilot study. *Oral Health Dent Manag.* 2013; 12: 80-4.
94. Matsumoto K, Wang X, Zhang C, Kinoshita JI. Effect of a novel Er:YAG laser in caries removal and cavity preparation: A clinical observation. *Photomed Laser Surg.* 2007; 25: 8-13. doi: [10.1089/pho.2006.202](https://doi.org/10.1089/pho.2006.202)
95. Belcheva A, Shindova M. Efficiency of ER:YAG laser therapy in combination with behaviour management technique in reducing anxiety among paediatric dental patients - a study protocol for a randomised clinical trial. *BMJ Open* 2022; 12: e054523. doi:[10.1136/bmjopen-2021-054523](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-054523)
96. Abdrabuh RE, El Meligy OAES, Felemban OM, Farsi NMA. Evaluation of the Erbium-doped Yttrium Aluminum Garnet Laser and the Conventional Method on Pain Perception and Anxiety Level in Children during Caries Removal: A Randomized Split-mouth Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2023; 16: 39-44. doi: [10.5005/jp-journals-10005-2634](https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2634)