مقالهٔ مروری

لیزرپزشکی؛ ۱۳۹۱، دورهٔ ۹، شمارهٔ ۲، صفحات: ۱۵-۶.

کاربرد لیزر در بلیچینگ‌های دندانی

حانیهٔ نخبه‌الفقهایی[۱]
عباس منزوی[۲]
حمیدرضا باریکانی[۳]
محسن عبدیان[۳]
رضا فکرآزاد[۴]

[۱]دندانپزشک، مرکز تحقیقات لیزر در دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۲]دانشیار پروتزهای دندانی، مرکز تحقیقات لیزر در دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۳]دندانپزشک
[۴]استادیار، پریودنتیست، مرکز تحقیقات لیزر در دندانپزشکی، دانشکدهٔ دندانپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

نویسنده* مسئول: رضا فکرآزاد، تلفن ۰۲۱۸۸۰۱۵۰۱۷
پست الکترونیک:dr_rfekrazad@yahoo.com

چکیده

مقدمه: دندانپزشکی زیبایی در میان دندانپزشکان و همچنین عامهٔ مردم جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده‌است. بلیچینگ‌های دندانی یکی از شاخه‌های مطرح در دندانپزشکی زیبایی است. برای انجام بلیچینگ روش‌های متعددی با معایب و محاسن خاص وجود دارد. واضح است که دندانپزشکان همیشه به‌دنبال روشی با حداکثر اثربخشی و حداقل آسیب‌رسانی بوده‌اند و هستند. ازجمله معیارهای ارزیابی این روش‌ها تغییر رنگ بیشتر، آسیب حرارتی کمتر و همچنین آثار درمانی طولانی‌تر می‌باشد. یکی از متدهایی که به‌نظر می‌رسد در این راستا مؤثر باشد و اخیراً در متون علمی مورد توجه ویژه قرار گرفته‌است، روش بلیچینگ با استفاده از لیزر می‌باشد. هدف از انجام این مطالعهٔ مروری، بررسی متونی بود که از لیزر به‌عنوان یک ابزار کمک‌تحریکی (واکنشی) جهت بلیچینگ استفاده کرده بودند.

روش بررسی: جستجو در منابع الکترونیکی Google , Google Scholar, PubMed جهت یافتن مطالعات کلینیکی به زبان انگلیسی با کلیدواژه‌های "Laser" و "Bleaching" در بازهٔ زمانی ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۲ صورت گرفت.

یافته‌ها: درکل، ۴۲ مقاله به این موضوع پرداخته بودند که از این میان تنها متون کامل ۲۲ مقاله در دسترس بود. از بررسی تحقیقات انجام‌شده نتیجهٔ مشخصی به‌دست نیامده است به‌طوری‌که نمی‌توان گفت کدام روش بلیچینگ مؤثرتر بوده‌است. به‌نظر می‌رسد برای رسیدن به یک نتیجهٔ درست و قابل اعتماد به یک تحقیق جامع با درنظرگرفتن منابع فعال‌کنندهٔ مختلف، دستگاه‌های لیزر مختلف، ژل‌های متفاوت و پارامترهای گوناگون دیگر نیاز می‌باشد. علاوه‌براین با توجه به اینکه استفاده از لیزر در بلیچینگ در تعیین بهترین پارامترهای لیزری ازجمله توان، طول موج، فرکانس و مدت زمان استفاده در درمان دندان‌ها با تم رنگی مختلف، نوع دندان و تغییر رنگ آن بسته به مهارت دندانپزشک نتایج متفاوتی حاصل می‌کند، برای رسیدن به یک قضاوت منصفانه لازم بود که این امر درنظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: بلیچینگ‌های دندانی، لیزر، دیود لیزر

مقدمه

در سال‌های اخیر، درمان‌های زیبایی به‌شدت افزایش یافته که دندانپزشکی زیبایی هم از این امر مستثنی نبوده است. بسیاری از بیماران تحت تأثیر شدید رسانه‌های ارتباط جمعی آرزوی داشتن لبخندی زیبا را دارند و حاضرند برای رسیدن به این آرزو در کمترین زمان هزینه‌های زیادی بپردازند[۱]. دندانپزشکی زیبایی معمولاً ترکیبی از درمان‌های بلیچینگ و جایگزینی رستوریشن‌های کامپوزیت رزینی است[۲]. سفیدکردن دندان به دوران رنسانس بازمی‌گردد. در آن زمان از ادرار[1] انسان جهت سفیدکردن دندان‌ها بهره می‌بردند.

درمان بلیچینگ می‌تواند در مطب و یا خارج از مطب و برروی دندان زنده و یا غیر زنده انجام شود و بر این اساس تقسیم‌بندی‌های متفاوتی ایجاد شده است[۳].

از فرضیه‌های رایج در مکانیسم عمل بلیچینگ این است که رادیکال‌های آزاد به مولکول‌های آلی حمله می‌کنند تا آن‌ها را به وضعیتی با ثبات برسانند. این عمل باعث می‌شود که سایر

[1] Urine

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-07]

رادیکال‌های آزادشده بتوانند با سایر پیوندهای غیر اشباع واکنش دهند و آرایش الکترونی آن‌ها را به‌هم بریزند و نوعی تغییر در جذب انرژی مولکول‌های آلی ایجاد نمایند که در مینا قابل مشاهده است. در نتیجهٔ این تغییرات انرژی جذب، مولکول‌های ساده‌تری شکل می‌گیرند که نور کمتری را بازتاب می‌کنند و بدین ترتیب دندان روشن‌تر به‌نظر می‌رسد. این فرآیند در مراحل اولیه، حلقه‌های کربنی رنگ‌گرفته را باز و به زنجیره‌هایی سبک‌تر تبدیل می‌کند که از نظر رنگی هم روشن‌تر می‌باشند. ترکیبات زردرنگ پیوندهای دوگانهٔ کربنی به گروه‌های هیدروکسی تبدیل می‌شوند که غالباً بی‌رنگ هستند. در این مرحله بلیچینگ دندان‌ها به مرحلهٔ باثباتی می‌رسد که حصول آن بستگی به سرعت و پیشرفت فرآیند دارد. تداوم بلیچینگ از این مرحله به بعد سودمند نمی‌باشد[۴].

در اکثر روش‌های بلیچینگ، مشتقات هیدروژن پراکساید در غلظت‌های مختلف(۳۸-۳درصد) با یا بدون حرارت، پراکسید کاربامايد(۳۰-۱۰درصد) یا مخلوطی از سدیم پراکساید و هیدروژن پراکساید و روش‌های مختلف به‌کارگیری استفاده می‌شود[۵].

عامل سفیدکننده می‌تواند برای سرعت‌بخشیدن به فرآیند سفیدکردن دندان‌ها توسط یک منبع انرژی فعال گردد [۶و۷]. از منابع انرژی مورد استفاده می‌توان به گرما، نور و لیزر اشاره کرد[۱۲،۱-۶]. قدمت این ایده به سال ۱۹۱۸، زمانی که Abbot استفاده از نور با شدت بالا را برای افزایش دمای پراکسید هیدروژن و تسریع فرآیند شیمیایی بلیچینگ گزارش کرد، برمی‌گردد[۵و۷].

منابع متعدد تابش الکترومغناطیس برای بهبود اثر ژل پیشنهاد شده است. ازجملهٔ این منابع می‌توان به لامپ‌های هالوژن، لامپ‌های LED و نور کوهرنت اشاره کرد[۱۳].

اولین طول موج‌های استفاده‌شده لیزرهای آرگون(۴۸۰نانومتر) و CO2 (۱۰۶۰۰نانومتر) بودند ولی امروزه لیزرهای Nd:YAG (۱۰۶۴نانومتر)، Diode (۸۱۰و۹۸۰نانومتر)، پتاسیم تیتانیل‌فسفات KTP (۵۳۲نانومتر) و Er:YAG (۲۹۴۰نانومتر) نیز پیشنهاد می‌گردند[۵، ۸، ۱۶-۱۴].

مطالعات زیادی جهت ارزیابی امکان بهبود تکنیک بلیچینگ دندانی صورت گرفته‌است ولی بیان اینکه کدام منبع لیزر کارآیی بیشتری دارد، بسیار دشوار می‌باشد زیرا این موضوع دارای تناقضاتی است. درحقیقت مطالعات، منابع متفاوت، پارامترهای متفاوت، دستگاه‌های متفاوت و محصولات متفاوتی را برای بلیچینگ مورد استفاده قرار داده‌اند لذا مقایسهٔ مطالعات مختلف بسیار دشوار است[۱۷].

در ارزیابی یک درمان می‌توان آن را از دو جنبهٔ اثربخشی(مفید بودن) و ایمنی مورد بررسی قرار داد. در مورد اثربخشی بخصوص در افرادی که به درمان مقاوم هستند مانند افرادی که فلورزیس دارند و یا در زمان کودکی تتراسایکلین مصرف کرده‌اند، بحث تغییر رنگ مطلوب مطرح است. در ایمنی نیز تغییر ساختار سطحی، میکروهاردنس، قابلیت و استعداد ایجاد پوسیدگی، تغییر حرارتی پالپ، میکروکرک در مینا، تغییر ساختار معدنی مینا و اینکه این موارد می‌تواند در طولانی‌مدت و یا کوتاه‌مدت به چه میزان آسیب‌رسان باشد، مطرح است. امروزه، یکی از مسائلی که در بلیچینگ بخصوص Home Bleaching بسیار به آن توجه می‌شود و در کنگرهٔ جهانی WFLD در سال ۲۰۱۰ مطرح شد، این است که عوامل پراکسید هیدروژن که در سفیدکردن دندان مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌تواند از مینا و حتی از توبول‌های عاجی نیز عبور کند و اگر این ژل در درازمدت در مجاورت دندان قرار داشته باشد، ممکن است آسیب پالپی ایجاد نماید. کاربرد لیزر ممکن است بتواند از این امر جلوگیری نماید و یا آن را به حداقل برساند.

از لیزر عموماً برای طیف وسیعی از کاربردهای دندانپزشکی استفاده می‌شود که بلیچینگ تنها یکی از این کاربردها می‌باشد. مکانیسم اثربخشی سیستم‌های لیزری برای اهداف بلیچینگ به طول موج و توان تابش بستگی دارد. سیستم‌های لیزر در بلیچینگ برای جلوگیری از تمرکز لیزر در یک نقطه غالباً از یک هندپیس برای پخش کردن آن استفاده می‌کنند. با پخش‌کردن اشعهٔ لیزر، نور آن بر روی سطح چندین دندان گسترش می‌یابد، درنتیجه برخی از خواص معمول لیزرها از بین می‌رود ولی در مقابل ریسک آسیب به بافت کاهش می‌یابد[۷].

یکی از خصوصیات اصلی لیزرها در مقابل منابع نورانی دیگر، تک‌طول‌موج‌بودن آن‌ها است (فوتون‌های یکسان). زمانی‌که از منابع نورانی نظیر پلاسما آرک و LED جهت بلیچینگ استفاده می‌شود، طول موج‌های اضافه طبق قانون بقای انرژی از بین نمی‌روند بلکه فوتون‌های اضافه به حرارت تبدیل می‌شوند. درنتیجه این منابع نسبت به لیزر، اشعهٔ بیشتری را به ناحیهٔ هدف می‌تابانند بنابراین زمان بیشتری جهت تابش مورد نیاز می‌باشد که تمامی این موارد تأثیر نامطلوبی بر سیستم دندانی خواهند داشت.

همان‌گونه‌که گفته‌شد، روش‌های متعددی برای انجام بلیچینگ وجود دارد که هرکدام دارای معایب و محاسن خاص خود است.

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-07]

امروزه، دندانپزشکان به‌دنبال روشی هستند که با حداکثر اثربخشی (به‌عنوان مثال تغییر رنگ بیشتر و اثرهای درمانی طولانی‌تر) و حداقل آسیب (به‌عنوان مثال آسیب حرارتی کمتر) همراه باشد. یکی از متدهایی که به‌نظر می‌رسد در این راستا مؤثر باشد و اخیراً در متون علمی مورد توجه قرار گرفته‌است، روش بلیچینگ با استفاده از لیزر می‌باشد. هدف از انجام این مطالعهٔ مروری، بررسی متونی بود که از لیزر به‌عنوان یک ابزار کمک‌تحریکی (واکنشی) جهت بلیچینگ استفاده کرده‌بودند.

بررسی مطالعات

جستجو در منابع الکترونیکی Google Scholar, PubMed و Google برای یافتن مطالعات کلینیکی به زبان انگلیسی با کلیدواژه‌های "Laser" و "Bleaching" در بازهٔ زمانی ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۲ صورت گرفت.

در ارزیابی کیفی بلیچینگ دندانی, معیارهای مختلفی مورد بررسی قرار می‌گیرد. از این معیارها می‌توان به میزان آسیب‌های پالپی (حرارتی، شیمیایی)، میزان تغییر رنگ دندانی، حساسیت‌های دندانی و تغییرات سطحی اشاره کرد. در این مقاله به بررسی تأثیر لیزر بر این مشخصه‌ها و همچنین مقایسهٔ لیزرهای مختلف استفاده‌شده در این پروسه پرداخته می‌شود.

منابع نوری و لیزری

درابتدا لازم است اطلاعات کلی راجع به منابع نوری و لیزرهای مختلف مورد استفاده در فعال‌کردن مادهٔ بلیچینگ مورد ارزیابی قرار گیرد.

- **منابع نوری**

QTH lamp

این منبع نوری مخفف Quartz-Tungsten-Halogen lamp است و طول موج آن ۵۲۰-۳۸۰ نانومتر (بنفش-آبی) می‌باشد. دانسیتهٔ خروجی آن mW/cm^2 ۴۰۰-۳۰۰۰ می‌باشد و توان مورد استفاده در لامپ‌های بلیچینگ آن کمتر از $۸۰mW/cm^2$ است. این منبع به آسانی توسط کاروتن(رنگ قرمز) جذب می‌شود[۷].

Plasma arc lamp

طول موج این منبع نوری ۵۸۰-۳۸۰ نانومتر (نزدیک UV-بنفش-آبی-سبز) و دانسیتهٔ خروجی دستگاه mW/cm^2 ۶۰۰-۲۰۰۰ می‌باشد. این منبع نیز به آسانی توسط کاروتن(رنگ قرمز) جذب می‌شود. قابل ذکر است که آسیب گرمایی نمی‌تواند مانع استفاده از لامپ‌های با توان بالا یا مدت تابش طولانی شود[۷].

LED

این منبع نوری مخفف light emitting diode است. طول موج آن ۴۹۰-۴۳۰ نانومتر و دانسیتهٔ خروجی دستگاه mW/cm^2 ۲۰۰-۲۰۰۰ می‌باشد. این منبع نیز به آسانی توسط کاروتن(رنگ قرمز)جذب می‌شود[۷].

- **منابع لیزری**

Argon-ion laser

این لیزر می‌تواند به‌صورت پیوسته[۲] یا پالسی[۳] باشد. طول موج آن ۴۸۸ نانومتر (آبی) و دانسیتهٔ خروجی دستگاه حدود۱۱۰۰ mW/cm^2 است. این لیزر عمق نفوذ محدودی در بافت سخت دندانی دارد، به‌آسانی توسط کاروتن(رنگ قرمز) جذب می‌شود و ریسک آسیب گرمایی پایینی دارد.

نوع دیگر آن با طول موج ۵۱۴ نانومتر (آبی-سبز) جذب کمی در آب و قسمت‌های معدنی دندان و جذب خوبی در هموگلوبین و همچنین ریسک آسیب گرمایی پایینی دارد[۷].

KTP laser

این نوع لیزر مخفف Kalium-Titanyl-Phosphate و کریستالی است. درحقیقت همان لیزر Nd:YAG دابل فرکانس (هارمونی دوم لیزر نئودینیوم یوتریوم آلومینیوم گارنت) می‌باشد که به‌صورت پالسی قابل استفاده است. طول موج آن ۵۳۲ نانومتر (سبز) و دانسیتهٔ خروجی آن حدود $۳۰۰۰mW/cm^2$ می‌باشد. این لیزر جذب کمی در آب و قسمت‌های معدنی دندان و جذب بالایی در هموگلوبین دارد همچنین عمق نفوذ آن در بافت سخت دندان متوسط است[۷].

He-Ne laser

طول موج آن ۶۳۲ نانومتر (قرمز) می‌باشد و به‌صورت پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرد. این لیزر در آب و قسمت‌های معدنی دندان جذب کم و در پیگمان‌ها و هموگلوبین جذب زیادی دارد و عمق نفوذ آن در بافت سخت دندان زیاد است[۷].

Nd:YAG laser

این لیزر مخفف Neodymium: Yttrium Aluminum Garnet می‌باشد و به‌صورت پالسی مورد استفاده قرار می‌گیرد. طول موج آن ۱۰۶۴ نانومتر است، در آب و قسمت‌های معدنی

[2] Continuous
[3] pulsed

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-07]

دندان جذب کمی دارد و درمقابل در پیگمان‌های تیره جذب می‌شود. عمق نفوذ زیادی در بافت سخت دندان دارد و دراثر افزایش دما ایجاد آسیب پالپی می‌کند[۷].

Diode laser

این نوع لیزرها هم به‌صورت پیوسته و هم به‌صورت پالسی مورد استفاده قرار می‌گیرند و دارای طول موج‌های مختلفی شامل ۸۱۰، ۸۳۰ و ۹۸۰ می‌باشند. در آب و قسمت‌های معدنی دندان جذب کمی دارند، در پیگمان‌ها جذب می‌شوند و در بافت سخت دندان عمق نفوذ زیادی دارند. احتمال ایجاد آسیب پالپی در اثر افزایش دما وجود خواهد داشت[۷].

Er:YAG laser

این لیزر مخفف Erbium: Yttrium Aluminum Garnet می‌باشد، به‌صورت پالسی و با طول موج آن ۲۹۴۰ نانومتر می‌باشد. علاوه بر آب که بیشترین جذب را در آن دارد، جذب بالایی در مواد معدنی دندان نیز دارد. عمق نفوذ آن در بافت سخت دندانی کم است و به همین نسبت ریسک کمی در آسیب‌رسانی مستقیم به پالپ دارد[۷].

Er,Cr:YSGG laser

این لیزر مخفف Erbium Chromium: Yttrium Scandium Gallium Garnet می‌باشد و به‌صورت پالسی با طول موج ۲۷۸۰ نانومتر است. جذب بسیار بالایی در آب و جذب بالایی در مواد معدنی دندان دارد. عمق نفوذ کمی در بافت سخت دندانی دارد و به نسبت در آسیب رسانی مستقیم به پالپ ریسک کمی خواهدداشت[۷].

CO_2 laser

این نوع لیزر هم به‌صورت پیوسته و هم به‌صورت پالسی مورد استفاده قرار می‌گیرد و طول موج آن ۹۴۰۰ و ۱۰۶۰۰ نانومتر می‌باشد. جذب بالایی در آب و بیشترین جذب را در قسمت‌های معدنی دندان دارد(فسفات). مشابه دو لیزر بالا در بافت سخت دندانی عمق نفوذ کمی دارد و به‌همین نسبت در آسیب‌رسانی مستقیم به پالپ در هنگام استفاده از مد پالسی ریسک پایینی دارد[۷].

بررسی تغییرات سطحی دندان

مطالعات متعددی در زمینهٔ تأثیر لیزر در تغییرات سطحی دندان و مقایسهٔ آن با روش‌های دیگر وجود دارد که به‌طور خلاصه در جدول شماره ۱ آمده است. یکی از این مطالعات که در سال ۲۰۰۹ توسط MTd Magalhaes و همکارانش در بررسی تأثیر لیزر دیود روی میکروهاردنس مینا بعد از بلیچینگ دندانی با فلوراید انجام شد، به این نتیجه رسیدند که APF مرتبط با لیزر دیود مقدار زیادی در افزایش میکروهاردنس مینا تأثیر داشت. تابش لیزر دیود با هیدروژن پراکساید ۳۵ درصد چه با APF و چه بدون APF تأثیری در میکروهاردنس مینا نداشت. در این تحقیق ۳۰ دندان مولر انسان مورد بررسی قرار گرفت و لیزر دیود مورد استفاده با طول موج ۸۳۰ نانومتر و توانw ۱/۴ برای مدت ۳۰ ثانیه بود[۱۸].

جدول۱: مطالعات مربوط به بررسی تغییرات سطحی دندان (+مفید بودن لیزر، - مضر بودن لیزر، = بدون اختلاف)

نویسنده	دندان‌های مورد استفاده	مادهٔ بلیچینگ، روش‌ها	نتایج	اثرها
Torres و همکاران [۱۹]	اینسایزرهای گاو	C group: بدون درمان بلیچینگ • بدون درمان لیزر • لیزر Nd:YAG(140 mJ/pulse، 10 Hz، 174.24 J/cm2، contact mode، 60 s به‌صورت اسکن) • لیزر Er:YAG(60 Mj، 10 Hz، 18.6 J/cm2 ، بدون تماس با فاصلهٔ ۱۲mm، 30 s، به‌صورت اسکن) B group: بلیچ‌شده با هیدروژن پراکساید ۳۵درصد • بدون درمان لیزر • لیزر Nd:YAG(140 mJ/pulse، 10 Hz، 174.24 J/cm2، contact mode، 60 s به‌صورت اسکن) • لیزر Er:YAG(60 Mj، 10 Hz، 18.6 J/cm2، بدون تماس با فاصلهٔ ۱۲mm، 30 s، به‌صورت اسکن)	مینای بلیچ‌شده بدون درمان اضافی منجر به کاهش قابل توجهی در استحکام باند نسبت به مینای بلیچ‌نشده می‌شود. استفاده از لیزرهای Er:YAG و Nd:YAG استحکام باند را در مقایسه با گروه بلیچینگ تنها افزایش داد.	+

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-07]

Marcondes و همکاران [۲۰]	مولر سوم انسان	G1, G6: H2O2. Nd:YAG laser (W۲.۵, Hz۲۵) G2,G7: H2O2. لامپ هالوژن(400mW/cm^2) G3, G8: H2O2+کاربوپول. Nd:YAG laser (W۲.۵, Hz۲۵) G4,G9: H2O2+کاربوپول.لامپ هالوژن(400mW/cm^2)	تغییر رنگ در گروه‌های لیزری با گروه‌های دیگر مشابه بود. همچنین استحکام باند و میکروهاردنس در مقایسه با مینای بلیچ‌نشده تغییری نشان نداد.	=
Leonetti و همکاران [۲]	اینسایزر گاو	کاربامایدپراکساید۱۶درصد: G1: بلیچنگ با لیزرEr:YAG(J/cm^2 ۲۵/۵۶)(focused mode) G2: بلیچینگ G3: لیزرEr:YAG(J/cm^2 ۲۵/۵۶) بدون بلیچینگ G4: کنترل	مراحل بلیچینگ به‌تنهایی اثری بر باند دندان ندارد(µTBS). تابش لیزرEr:YAG قبل از انجام باند روی عاج بدون بلیچ نسبت به گروه کنترل در µTBS آسیب‌رسان بوده است. در زیر میکروسکوپ الکترونی تابش لیزرEr:YAG قبل از انجام باند باعث فرسایش سطح عاج می‌شود.	+ −
Gurgan و همکاران [۲۱]	مولر انسان	کرباماید پراکساید۳۰درصد: Er,Cr:YSGG(W۱, Hz۲۰, s۳۰, focused و غیر تماسی) ۱. تغییرات سطحی بلافاصله Acid+Excite Laser+ Excite Laser+Acid+ Excite AdheSe Laser+ AdheSe ۲. تغییرات سطحی ۱۵ روز بعد مانند گروه قبل	کرباماید پراکساید ۱۶درصد: Er,Cr:YSGG(W۱, Hz۲۰, s۳۰, focused و غیر تماسی) ۱. تغییرات سطحی بلافاصله Acid+Excite Laser+ Excite Laser+Acid+ Excite AdheSe Laser+ AdheSe ۲. تغییرات سطحی ۱۵ روز بعد مانند گروه قبل	استفاده از ادهزیو روی مینای بلیچ‌شده بلافاصله یا ۱۵ روز بعد تغییر خاصی در استحکام باند ایجاد نکرد. سیستم‌های مختلف بلیچینگ تأثیری در استحکام باند ندارد. استفاده از اچ و ادهزیو باعث افزایش استحکام باند می‌شود ولی استفاده از ادهزیو self-etch بعد از درمان لیزری استحکام باند را کاهش می‌دهد. مینای بلیچ‌شده با لیزر قبل از استفاده از ادهزیو کاهش استحکام باند را موجب می‌شود. نشان داده شد که اساساً ادهزیو روی مینا و کامپوزیت ناموفق می‌شود.	= −

باتوجه به جدول شمارهٔ۱، به‌طور کلی نتایج مطالعات نشان می‌دهد که در زمینهٔ میکروهاردنس و استحکام باند، استفاده از لیزر در فعال‌کردن مادهٔ بلیچینگ تفاوت چندانی با بلیچینگ‌های فعال‌شده با منابع دیگر ندارد. البته این درحالی است که در بعضی مطالعات، نتیجهٔ مثبت و منفی گزارش شده‌است. به‌نظر می‌رسد در این زمینه به مطالعات گسترده‌تر و دقیق‌تری نیاز است.

بررسی میزان آسیب پالپی

آسیب پالپی یکی از عواملی است که در زمان بررسی ایمنی هر نوع درمان ازجمله درمان بلیچینگ به آن پرداخته می‌شود. در این زمینه مطالعات متعددی در سال‌های اخیر انجام شده که تعدادی به‌صورت خلاصه در متن و تعدادی در جدول شمارهٔ۲ آورده‌شده‌است.

در مطالعه‌ای که C. Fornaini و همکاران در سال ۲۰۱۱ در آنالیز Shade، دما و غلظت هیدروژن پراکساید در طول بلیچینگ دندانی با لیزرهایKTP و دیود انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که قدرت بلیچینگ در لیزر KTP با توانw۲ در مقایسه با لیزر دیود بیشتر است. در این مطالعه ۱۱۶ دندان در گروه‌های مختلف تست شده‌است که در ۲۶ نمونهٔ آن بلیچینگ بدون تابش لیزر، ۲۵ نمونه با تابش دیود w۲، ۲۵ نمونه با تابش دیودw۴، ۲۵ نمونه با تابش لیزر KTP با توان w۲ و ۲۵ نمونه با تابش KTP با توان w۴ انجام گرفت و درنهایت نشان داده‌شد میزان افزایش دما در گروهKTP ^{2}w از تمام گروه‌ها کمتر و لیزر دیود ^{4}w از همه بیشتر بود. در این مطالعه پارامترهای تابش و توان آن به‌صورت متغیر مستقل بوده‌اند. تحقیقات این گروه به این نتیجه رسیده‌است که هرچه توان لیزر بالاتر برود نه‌تنها به بهبود فرآیند بلیچینگ کمک نمی‌کند بلکه ریسک آسیب دندان و پالپ را افزایش می‌دهد[۱].

Ch.Zhangو همکاران در سال ۲۰۰۷ تأثیر۳ نوع لیزر KTP، دیود و LED را در بلیچینگ دندانی با هم مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که لیزر KTP برای دندان‌های روشن‌تر مؤثر است. همچنین در شرایط این مطالعه لیزرهایKTP وLED وقتی با ژل Hi-Light بلیچینگ استفاده شدند، دمای پالپ ایمن‌تری را ایجاد کردند.

این مطالعه بر روی۶۸ دندان اینسایزور ماگزیلای کشیده‌شده انجام شد و در آن از ژل بلیچینگ ۳۵درصد H2O2 با ۳ سیستم فعال‌کنندهٔ مختلف که شامل لیزر KTP با طوج موج ۵۳۲نانومتر

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-07]

و توان ۱W، لیزر دیود با طول موج ۹۸۰ نانومتر و توان۱W و LED با نور آبی و طول موج۴۷۰ نانومتربودند، استفاده شد[۲۲].
بقیهٔ مطالعات به‌طور خلاصه در جدول۲ آمده است.

جدول۲: مطالعات مربوط به بررسی میزان آسیب پالپی (+ مفید بودن لیزر، - مضر بودن لیزر، = بدون اختلاف)

نویسنده	دندان‌های مورد استفاده	مادهٔ بلیچینگ، روش‌ها	نتایج	اثرها
Hahn و همکاران [۲۳]	مولر سوم انسان	ژل H2O2 ۳۵درصد ۱. بلیچینگ بدون فعال‌کنندهٔ نوری ۲. لامپ هالوژن (8min.480-520nm .150W) ۳. Diode laser (30s.6W .980nm) ۴. LED (40s . 430-480nm.5W)	با درنظرگرفتن اندازه‌گیری درجه‌حرارت پالپ، بلیچینگ با فعال‌سازی شیمیایی، امن‌ترین روش برای رسیدن به لبخندی سفیدتر و سالم‌تر درنظر گرفته‌شد. ازنظر زیبایی، سفیدکردن بدون فعال‌کنندهٔ نوری نتیجه‌ای مشابه سفیدکردن با فعال‌کنندهٔ نوری داشت. همچنین استفاده از لیزر نسبت به گروه بدون فعال‌کننده از لحاظ زیبایی مفید نیست. تمامی گروه‌ها بعد از ۳ ماه ازنظر زیبایی نتیجهٔ مطلوبی داشتند.	-
Eldeniz و همکاران [۲۴]	اینسایزرهای فک بالای انسان	ژل H2O2 ۳۵درصد با رنگ ۱. لامپ هالوژن(۴۵۰mW/cm^2,s۴۰) ۲. لامپ هالوژن(۸۵۰mW/cm^2,s۳۰) ۳. LED (۳۸۰mW/cm^2,s۴۰) ۴. Diode laser (s۱۵ , continuous wave, W۱۰)	افزایش دمای پالپ هنگام استفاده از لیزر از تمام گروه‌ها بالاتر و معنی‌دار بود. همچنین بین پلیمریزیشن‌های دستگاه‌های مختلف تفاوتی وجود نداشت.	-
Luk و همکاران [۱۳]	دندان انسان	ژل H2O2 ۳۵درصد با رنگ، ژل کرباماید پراکساید ۱۰درصد ۱. کنترل ۲. لامپ هالوژن (۶۰۰- mW۵۰۰ , ۵۰۰-۴۰۰ نانومتر و s۳۰) ۳. Infrared light(۳/۲-۲/۸ W, ۴۰۰۰-۲۰۰۰ نانومتر و s۳۰) ۴. لیزر آرگون (۲۰۰mW , ۴۸۸ نانومتر وs۳۰) ۵. لیزر CO2(۶۰۰mW, ۶۰۰نانومتر و s۳۰)	افزایش دمای پالپ هنگام استفاده از نورهای اینفرارد و لیزر CO_2 از گروه‌های دیگر بالاتر و معنی‌دار بود. همچنین نور هالوژن و اینفرارد منجر به معنی‌دار شدن تغییر رنگ مبتنی بر ژل ۳۵درصد مورد استفاده شد.	CO_2 (-) Ar (+)
Wetter و همکاران [۸]	اینسایزر، پرمولر و مولر انسان	ژل H2O2 ۳۵درصد با رنگ‌های مختلف ۱. Diode laser(۰/۹ یا W۲، ۳۰ یا s۶۰) ۲. Xenon arc lamp(s۶۰ ،W ۰/۹)	افزایش دما: تفاوت معنی‌داری بین ۲ گروه مشاهده نشد.	-
Sulieman و همکاران [۲۵]	اینسایزر انسان	ژل H2O2 ۳۵درصد با رنگ ۱. Plasma arc lamp(۱۶۲۸mW/cm^2، ۳۸۰-۵۳۰ nm، ۱×s۳) ۲. لامپ‌هالوژن(۶۵۰mW/cm^2،۳۸۰-۵۳۰نانومتر،۱×s۱۰) ۳. لامپ‌هالوژن(۱۰۰۰mW/cm^2،۳۸۰-۵۳۰نانومتر،۱×s۳۰) ۴. Diode laser(W۳، ۸۳۰نانومتر،۱×s۳۰)	افزایش دمای پالپ هنگام استفاده از لیزر از گروه‌های دیگر بیشتر و معنی‌دار بود. افزایش دما به نوع اینسایزر بستگی داشت.	_
Domingues و همکاران [۲۶]	اینسایزرهای انسان	ژل H2O2 ۳۵درصد: ۱. لامپ هالوژن (؟) ۲. LED (؟) ۳. لیزر Diode(؟) ۴. لیزر Nd:YAG(؟) ۵. لیزر Nd:YAG دابل فرکانس(؟) ۶. لیزر Er:YAG(؟)	استفاده از منابع تابش از مادهٔ بلیچینگ برای سفیدکردن دندان‌ها مؤثرتر است. همچنین LED به‌دلیل تغییر در رنگ و اینکه دمای پالپ را به‌مقدار کمی افزایش داد، بهترین انتخاب معرفی شد.	-

در بیشتر مطالعات بررسی‌شده در مورد آسیب پالپی نشان داده‌شده‌است که استفاده از لیزر به‌عنوان فعال‌کنندهٔ مادهٔ بلیچینگ درمقابل فعال‌کننده‌های دیگر باعث افزایش بیشتر دمای پالپ می‌شود. هرچند در تعدادی از مطالعات تفاوت معنی‌داری از لحاظ افزایش دمای پالپ بین لیزر و گروه‌های دیگر وجود نداشت.

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-07]

البته به‌نظر می‌رسد به‌کارگیری لیزرهای جدید مانند لیزر KTP در این زمینه توانسته‌است این معادلات را بر هم بزند.

بررسی میزان حساسیت دندانی

تنها مقالهٔ دردسترس در این زمینه مربوط به مطالعه‌ای است که توسط A Stroble و همکاران در سال ۲۰۱۰ با موضوع کاربرد لیزر Nd:YAG در بلیچینگ داخل مطب انجام شده است. در این مطالعه نشان داده‌شده‌است که استفاده از لیزر Nd:YAG به‌عنوان فعال‌کننده باعث موفقیت بلیچینگ نشد و همچنین حساسیت دندانی به‌عنوان یک تأثیر جانبی رایج در مدت بلیچینگ و بعد از آن مشاهده نگردید. علاوه براین درد بعد از درمان با لیزر بیشتر از کوادرانتی بود که لیزر تابانده نشده بود. در این مطالعه ۲۰ دندان مورد آزمایش قرار گرفته و از لیزر Nd:YAG با توان متوسط W ۴ و فرکانس Hz ۱۰ و به‌صورت پالسی استفاده شده است[۱۴].

باتوجه به عدم وجود مطالعات کافی در این زمینه به‌نظر می‌رسد قضاوت در آن امکان‌پذیر نباشد. برای حصول به یک نتیجهٔ درست و مناسب نیاز است مطالعات گسترده‌تری در زمینهٔ مقایسهٔ لیزرهای مختلف با پارامترهای متفاوت و همچنین مقایسهٔ لیزر با منابع دیگر صورت گیرد.

میزان تغییر رنگ دندان

تغییر رنگ از جمله مواردی است که در موفقیت درمان بلیچینگ بسیار حائز اهمیت می‌باشد زیرا مشکل اصلی بیمار و علت مراجعهٔ وی برای درمان بلیچینگ همین مسئله بوده است. در این زمینه نیز مطالعات انجام‌شده به اختصار در متن و جدول شماره ۳ آورده شده است.

در سال ۲۰۰۴، مطالعه‌ای با عنوان تأثیر بلیچینگ دندانی بااستفاده از تابش لیزر دیود و LED توسط NU.Wetter و همکارانش انجام شد. در این مطالعه تعداد ۶۰ دندان قدامی در ۶ گروه مورد بررسی قرار گرفت. گروه‌ها به این صورت طبقه‌بندی شدند: ۱) استفاده از مادهٔ بلیچینگHP بدون استفاده از تابش فعال‌کننده‌ها، ۲) استفاده از مادهٔ بلیچینگHP و تابش LED با طول موج ۴۷۰نانومتر، ۳) استفاده از مادهٔ بلیچینگHP و تابش لیزر دیود با طول موج ۸۰۸ نانومتر و توان W ۱۰۶، ۴) استفاده از مادهٔ بلیچینگ Opalescence X-tra بدون استفاده از تابش فعال‌کننده‌ها، ۵) استفاده از مادهٔ بلیچینگ Opalescence X-tra و تابش LED با طول موج۴۷۰ نانومتر، ۶) استفاده از مادهٔ بلیچینگ Opalescence X-tra و تابش لیزر دیود با طول موج ۸۰۸ نانومتر و توان W ۱۰۶. این مطالعه نشان داد که در زمان استفاده از مادهٔ بلیچینگ HP، لیزر تأثیر بیشتری در کروما و درخشش نسبت به LED نشان داد و در زمان استفاده از مادهٔ Opalescence X-tra، LED نتیجهٔ بهتری در درخشش گرفت[۸].

مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۹ توسط K.Goharkhay و همکاران در ارزیابی آزمایشگاهی PH و Colorimetric و ESEM در دندان‌هایی که با لیزر دیود و Nd:YAG دابل فرکانس(KTP) بلیچ شده‌اند، انجام شد. در این مدل از ۴ ژل مختلف Smart Bleach، Opus white، ژل تیتانیوم اکساید و Opalscense Xtra Boost استفاده شد. این مطالعه برروی ۲۸ نمونهٔ دندانی با استفاده از لیزر دیود با طول موج۸۱۰ نانومتر، ۱W و لیزر Nd:YAG دابل فرکانس(KTP) با طول موج۵۳۲ نانومتر، ۱W، Continious Wave صورت گرفت. عوامل بلیچینگ توسط لیزر برای مدت ۳۰s فعال شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه لیزر انجام شد. این عمل چهار بار تکرار گردید. مادهٔ بلیچ در مدت ۴۰ دقیقه به حداکثر عمل رسید درحالی‌که تابش لیزر ۲ دقیقه بود. نتیجهٔ آزمایش نشان داد PH در Smart Bleach قلیایی و در سه مورد دیگر اسیدی بود. بجز white Opus تغییرات شدید در سطح مینا یافت نشد و درکل استفاده از لیزر در بلیچینگ باعث بهبود در کارآیی بلیچینگ و حفاظت از سطح مینا گردید. البته این امر زمانی حاصل گردید که پیش‌نیازهایش یعنی تطابق طول موج لیزر انتخاب‌شده و ژل بلیچینگ، زمان اثر کوتاه و همچنین نبود سطوح پیش‌آسیب‌دیده رعایت شده بودند. اگرچه در این مطالعه زمان کاربرد لیزر کوتاه بود، اثر بلیچ ده Step بالای راهنمای کلاسیک رنگ یافت شد[۲۷].

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۷ توسط Wolfgang Buchalla و Thomas Attin به‌صورت سیستماتیک مروری در بررسی درمان بلیچینگ با حرارت، نور یا لیزر انجام شد، نتایج زیر حاصل گردید[۷]:

- استفاده از روش‌های مختلف حرارت، نور و یا لیزر تفاوت چندانی در کارآیی بلیچینگ ندارند.
- در هیچ‌کدام از این روش‌ها نباید درجه‌حرارت بالاتر از ۵/۵ درجهٔ سانتی‌گراد برسد.
- برای انجام یک بلیچینگ بهتر نه تنها افزایش تابش توسط هر نوع منبعی اثر مثبتی ندارد بلکه حتی ممکن است به بیمار صدمه وارد کند.
- نشان داده شد که در کل ممکن است گرما و نور به پالپ آسیب برسانند.

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-07]

- برای اثربخشی فعال‌کننده‌ها در بیشترکردن بلیچینگ، باید توجه شود که استفاده از آن‌ها باید با شرایط فیزیکی، روانی و آسیب شناختی دندان مطابقت داشته باشد.

جدول۳: مطالعات مربوط به میزان تغییر رنگ دندان(+مفید بودن لیزر، -مضر بودن لیزر، = بدون اختلاف)

نویسنده	دندان‌های مورد استفاده	مادهٔ بلیچینگ, روش‌ها	نتایج	اثرها
Jones و همکاران [۲۸]	اینسایزرهای فک بالای انسان	۱. لیزر آرگون(H2O2 ۳۵درصد: ۵×۳min با ۳۰s (activation each ۲. کرباماید پراکساید۱۰درصد (۲h در روز، ۱۴ روز) ۳. کرباماید پراکساید۲۰درصد (۲h در روز، ۱۴ روز) ۴. کنترل (بدون بلیچینگ، فقط ذخیره‌سازی آب)؟	در ارزیابی تغییر رنگ توسط delta-E بعد از ۱۴ روز: بلیچینگ فعال‌شده با لیزر در مقایسه با گروه کنترل نتیجهٔ معنی‌داری نداشت.	=
Gontijo و همکاران [۲۹]	اینسایزرهای انسان (کلینیکی)	H2O2 ۳۵درصد: ۱. لیزر دیود (WL:808,1w,contiuous,400µm, 5µ/second) ۲. لامپ هالوژن	تغییر رنگ‌ها با vita 3D در ۳ زمان قبل, بعد و یک‌هفته بعد بررسی شد و از تست Kruskal Wallace استفاده گردید. در این مطالعه هیچ اثر معنی‌داری مشاهده نشد و لیزر هیچ اثر بهتری در درمان پالپ دندان نداشت.	=
Dostalova و همکاران [۵]	اینسایزرهای فک بالای انسان	H2O2 ۳۸درصد همراه با رنگ, کاربرد: ۱۵-۵ min ۱. ۵min ۲. ۱۵min ۳. لیزرهای دیود مختلف(۹۷۰/۷۹۰ نانومتر, W۲/W۱/mW۴۰، پالسی, ۸ عدد LED : ۴۶۷ نانومتر، ۴۰۰۰mcd، ۲.۵/۵/۱۰min ×۱)	تغییر رنگ ۳-۲ درجه‌ای در مقیاسvita: ۱. خیر ۲. بله ۳. بله تغییر رنگ با استفاده از لیزر در زمان کوتاه، بهبود یافت. هیچ تغییری در سطوح در SEM مشاهده نشد.	+

در اکثر مطالعات بررسی‌شده استفاده از لیزر به‌عنوان فعال‌کنندهٔ مادهٔ بلیچینگ دربرابر منابع دیگر اثر بهتری از خود نشان داد و در مواردی نیز تفاوتی با روش‌های دیگر نداشت. البته در موارد معدودی اثر طولانی‌مدت آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است که به‌نظر می‌رسد برای قضاوت درمورد آن به مطالعات و تحقیقات بیشتری نیاز باشد.

بحث

در مجامع علمی موارد بسیار بحث‌برانگیزی درمورد کاربرد بلیچینگ در دندانپزشکی مطرح می‌باشد که از آن‌جمله می‌توان به بحث مقایسه‌ایOffice bleaching و Home bleaching و یا بررسی میزان اثربخشی استفاده از محرک‌های شیمیایی و یا حرارتی در درمان بلیچینگ و نهایتاً بررسی محرک‌های حرارتی مختلف اشاره کرد. در بررسی محرک‌های حرارتی مختلف موضوع جذاب و قابل بحث استفاده از لیزر در مقایسه با دیگر محرک‌های حرارتی در درمان بلیچینگ است که در این مقاله سعی شد به آن پرداخته شود.

ما برای انتخاب یک روش مناسب در بلیچینگ دندانی با یک تصمیم‌گیری چندمعیاره مواجه هستیم. زیرا هرچند هدف اصلی در بلیچینگ حصول زیبایی است، ولی اثرهای قابل ملاحظه‌ای که بر دندان بیماران می‌گذارد غیر قابل صرف نظرکردن است. بنابراین دندانپزشک در بلیچینگ همیشه با یک تعامل بین زیبایی، سلامت و هزینه مواجه است که هرکدام به‌نوبهٔ خود از اهمیت خاصی برخوردارند.

در بحث هزینه و درکل مقرون‌به‌صرفه‌بودن روش، باتوجه به اینکه دستگاه‌های لیزری مطرح‌شده در بخش‌های قبل، برای درمان‌های جراحی و لیزرهای درمانی طراحی و ساخته شده‌اند، می‌توان گفت بهره‌برداری از آن‌ها در مقولهٔ دندانپزشکی زیبایی امر هزینه‌بری نیست و بالعکس کاربرد دیگری از آن‌ها را ارائه می‌دهد که حتی به توجیه اقتصادی تولید آن‌ها کمک می‌کند.

اخیراً، درمورد معیار سلامت که شاید مهم‌ترین این معیارها باشد در کنگرهٔ جهانیWFLD عنوان شد که پراکسید هیدروژن قابلیت نفوذ از مینا و عاج را دارد و در درازمدت احتمال ایجاد آسیب پالپی وجود دارد. البته در این مورد نیاز به بررسی‌های دقیق‌تری است و به‌نظر می‌رسد باعث محدودیت در استفاده از Home Bleaching و Office Bleaching گردد.

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-07]

نهایتاً در بحث زیبایی همان‌گونه که در بررسی مطالعات هم گفته شد به‌دلیل عدم هماهنگی در مطالعات مختلف بین پارامترهای مورد بررسی در بلیچینگ، امکان قضاوت عادلانه وجود ندارد. در جمع‌بندی بررسی‌های صورت‌گرفته نمی‌توان نتایج روشن‌کننده‌ای به‌دست‌آورد و به‌نظر می‌رسد برای حصول به این امر یک تحقیق جامع با استفاده از منابع فعال‌کنندهٔ مختلف، دستگاه‌های لیزر مختلف، ژل‌های متفاوت و پارامترهای گوناگون دیگر نیاز باشد. در این صورت است که شاید بتوان اعلام کرد که کدام روش در چه شرایطی جهت انجام بلیچینگ مناسب‌تر می‌باشد. در این تحقیق همچنین باید استفاده از رنگدانه‌های مختلف جهت جذب بیشتر و سریع‌تر لیزر و درنتیجه زمان تابش کمتر مورد توجه قرار گیرد و بررسی شود.

نکتهٔ دیگر این است که اکثر مطالعات انجام‌شده به‌صورت invitro و برروی دندان‌های کشیده‌شده بود که شرایط دهانی برای آن‌ها وجود نداشت. بنابراین به‌نظر می‌رسد با توجه به اینکه بسیاری از عوارض احتمالی مانند تغییرات سطحی ممکن است در محیط بزاق، سرما و گرما آسیب‌رسان نباشد، باید مطالعات جدیدی در شرایط محیطی دهان (سرما، گرما و بزاق) انجام گیرد تا بتوان اثربخشی واقعی آن‌ها را مورد بررسی قرار داد.

یکی از اشکالات بررسی اثربخشی سیستم‌های بلیچینگ، بررسی اثرهای طولانی‌مدت و کوتاه‌مدت و مطالعات کلینیکی مشخص می‌باشد زیرا عوامل مهم دیگری نظیر بهداشت بیمار، تغذیهٔ بیمار و ساختار سطحی دندان از لحاظ مورفولوژیکی و ژنتیکی در بحث ماندگاری بلیچینگ مؤثر می‌باشد که درنظرگرفتن آن‌ها در رسیدن به پاسخ این سؤال که کدام روش زمان بیشتری دوام خواهد داشت، بسیار مهم و ضروری است.

نتیجه گیری

در بررسی مطالعات صورت گرفته به‌نظر می‌رسد اگر در بلیچینگ با لیزر از پارامترهای صحیح و ژل مناسب استفاده شود، به‌دلیل زمان کوتاه‌تر، اثر بیشتر و عوارض کمتر بتوان گفت لیزر در بلیچینگ نتایج مطلوب‌تری نسبت به دیگر محرک‌ها به‌دست می‌دهد. واضح است که تعیین بهترین پارامترهای لیزری ازجمله توان، طول موج، فرکانس و مدت زمان استفاده در درمان دندان‌ها با تم رنگی مختلف، نوع دندان و تغییر رنگ آن کاملاً بستگی به مهارت و تجربهٔ دندانپزشک دارد که به‌عنوان یک عنصر کلیدی در بررسی‌ها باید درنظرگرفته‌شود.

قابل ذکر است که در اکثر مطالعات بررسی‌شده نتایج متناقضی ارائه شده‌بود که شاید دلیل آن عدم جامعیت طرح و همچنین درنظرنگرفتن شرایط خاص و مهارت دندانپزشک باشد. بنابراین به‌نظر می‌رسد برای حصول به یک نتیجهٔ واقعی‌تر و قابل اعتمادتر نیاز به یک مطالعهٔ گسترده و هماهنگ با نمونه‌های دندانی یکسان وجود دارد.

References

1. Fornaini C, Lagori G, Merigo E, Meleti M, Manfredi M, Guidotti R. Analysis of shade, temperature and hydrogen peroxide concentration during dental bleaching: in vitro study with the KTP and diode lasers. Lasers Med Sci. 2013; 28(1): 1-6.
2. Leonetti Edos S, Rodrigues JA, Reis AF, Navarro RS, Aranha AC, Cassoni A. Microtensile bond strength of resin composite to dentin treated with Er:YAG laser of bleached teeth. Lasers Med Sci. 2012; 27(1): 31-8.
3. Mester E, Mester AF, Mester A. The biomedical effects of laser application. Lasers Surg Med. 1985; 5(1): 31-9.
4. Summitt JB, Robbins JW, Hilton TJ, Richards SS, JD SJ. Fundamentals of operative dentistry a contemporary approach3. Quintessence Pub. 2006.
5. Dostalova T, Jelinkova H, Housova D, Sulc J, Nemec M, Miyagi M. Diode laser-activated bleaching. Braz Dent J. 2004; 15: SI3-8.
6. Kabbach W, Zezell DM, Pereira TM, Albero FG, Clavijo VR, de Andrade MF. A thermal investigation of dental bleaching in vitro. Photomed Laser Surg. 2008; 26(5): 489-93.
7. Buchalla W, Attin T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser--a systematic review. Dent Mater. 2007; 23(5): 586-96.
8. Wetter NU, Barroso MC, Pelino JE. Dental bleaching efficacy with diode laser and LED irradiation: an in vitro study. Lasers Surg Med. 2004; 35(4): 254-8.
9. Mollica F dRD, Travassos A, Valera M, MdA. Temperature variation in pulp chamber during dental bleaching in presence or absence of light

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-07]

activation. Rev odonto cienc. 2010; 25(4): 382-5.
10. Coelho RA, Oliveira AG, Souza-Gabriel AE, Silva SR, Silva-Sousa YT, Silva RG. Ex-vivo evaluation of the intrapulpal temperature variation and fracture strength in teeth subjected to different external bleaching protocols. Braz Dent J. 2011; 22(1): 32-6.
11. Jelinkova H DT, Nemec M, Sulc J, Housova D, Miyagi M, Y.W S. laser radiation tooth bleaching laser Phys Lett. 2004; 1(12): 617-20.
12. Sulieman M, Rees JS, Addy M. Surface and pulp chamber temperature rises during tooth bleaching using a diode laser: a study in vitro. Br Dent J. 2006 10; 200(11): 631-4; discussion 19.
13. Luk K, Tam L, Hubert M. Effect of light energy on peroxide tooth bleaching. J Am Dent Assoc. 2004; 135(2): 194-201; quiz 28-9.
14. Strobl A, Gutknecht N, Franzen R, Hilgers RD, Lampert F, Meister J. Laser-assisted in-office bleaching using a neodymium:yttrium-aluminum-garnet laser: an in vivo study. Lasers Med Sci. 2010; 25(4): 503-9.
15. Kinoshita J, Jafarzadeh H, Forghani M. Vital Bleaching of Tetracycline-Stained Teeth by Using KTP Laser: A Case Report. Eur J Dent. 2009; 3(3): 229-32.
16. Polydorou O, Hellwig E, Hahn P. The efficacy of three different in-office bleaching systems and their effect on enamel microhardness. Oper Dent. 2008; 33(5): 579-86.
17. Joiner A. The bleaching of teeth: a review of the literature. J Dent. 2006; 34(7): 412-9.
18. de Magalhaes MT, Basting RT, de Almeida ER, Pelino JE. Diode laser effect on enamel microhardness after dental bleaching associated with fluoride. Photomed Laser Surg. 2009; 27(6): 937-41.
19. Rocha Gomes Torres C, Caneppele TM, Del Moral de Lazari R, Ribeiro CF, Borges AB. Effect of dental surface treatment with Nd:YAG and Er:YAG lasers on bond strength of resin composite to recently bleached enamel. Lasers Med Sci. 2012; 27(4): 755-60.
20. Marcondes M, Paranhos MP, Spohr AM, Mota EG, da Silva IN, Souto AA. The influence of the Nd:YAG laser bleaching on physical and mechanical properties of the dental enamel. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2009; 90(1): 388-95.
21. Gurgan S, Alpaslan T, Kiremitci A, Cakir FY, Yazici E, Gorucu J. Effect of different adhesive systems and laser treatment on the shear bond strength of bleached enamel. J Dent. 2009; 37(7): 527-34.
22. Zhang C, Wang X, Kinoshita J, Zhao B, Toko T, Kimura Y. Effects of KTP laser irradiation, diode laser, and LED on tooth bleaching: a comparative study. Photomed Laser Surg. 2007; 25(2): 91-5.
23. Hahn P, Schondelmaier N, Wolkewitz M, Altenburger MJ, Polydorou O. Efficacy of tooth bleaching with and without light activation and its effect on the pulp temperature: an in vitro study. Odontology. 2012.
24. Eldeniz AU, Usumez A, Usumez S, Ozturk N. Pulpal temperature rise during light-activated bleaching. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2005 15; 72(2): 254-9.
25. Sulieman M, Addy M, Rees JS. Surface and intra-pulpal temperature rises during tooth bleaching: an in vitro study. Br Dent J. 2005 9; 199(1): 37-40; discussion 32.
26. Dominguez A, Garcia JA, Costela A, Gomez C. Influence of the light source and bleaching gel on the efficacy of the tooth whitening process. Photomed Laser Surg. 2011; 29(1): 53-9.
27. Goharkhay K, Schoop U, Wernisch J, Hartl S, De Moor R, Moritz A. Frequency doubled neodymium:yttrium-aluminum-garnet and diode laser-activated power bleaching--pH, environmental scanning electron microscopy, and colorimetric in vitro evaluations. Lasers Med Sci. 2009; 24(3): 339-46.
28. Jones AH, Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Cobb DS. Colorimetric assessment of laser and home bleaching techniques. J Esthet Dent. 1999; 11(2): 87-94.
29. Gontijo IT, Navarro RS, Ciamponi AL, Zezell DM. Whitening techniques using the diode laser and halogen lamp in human devitalized primary teeth. J Dent Child (Chic). 2008; 75(2): 164-7.

[Downloaded from icml.ir on 2026-11-07]