



**JAIR CARNEIRO LEÃO FILHO**

**USO DO LASER ER:YAG (2.940 nm) PARA REMOÇÃO DE  
RESTAURAÇÕES INDIRETAS EM CERÂMICA**

**SÃO PAULO**

**2022**



**JAIR CARNEIRO LEÃO FILHO**

**USO DO LASER ER:YAG (2.940 nm) PARA REMOÇÃO DE  
RESTAURAÇÕES INDIRETAS EM CERÂMICA**

Monografia apresentada ao curso de  
Especialização *Lato Sensu* Faculdade Sete Lagoas  
Como requisito parcial para conclusão do  
Curso de Especialização em Dentística  
Orientador: Prof. José Carlos Garófalo

**SÃO PAULO**

**2022**



## Ficha Catalográfica

Leão Filho, Jair Carneiro.  
Uso do Laser Er:YAG (2.940 nm) para Remoção de Restaurações  
Cerâmicas Indiretas.  
25f. ; il.  
Orientador: José Carlos Garófalo.  
Monografia (especialização) – Faculdade Sete Lagoas  
2021  
1. Cerâmica 2. Laser II. Garófalo, José Carlos.



**FACULDADE SETE LAGOAS**

Monografia intitulada “**Uso do Laser Er:YAG para Remoção de Restaurações Indiretas em Cerâmica**” de autoria do aluno Jair Carneiro Leão Filho, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

**Prof. José Carlos Garófalo – Orientador**

---

**Prof. Leonardo Buso**

---

**Prof. Gustavo Escudeiro**

**SÃO PAULO**

**2022**





## RESUMO

A crescente demanda pela estética na Odontologia trouxe uma maior procura por restaurações cerâmicas, devido as suas excelentes propriedades ópticas e alta estabilidade mecânica. Porém, essa mudança das coroas metálicas para as cerâmicas *metal-free* tem desafiado os clínicos quanto a sua remoção, devido a sua alta resistência flexural. O laser de Er:YAG (2.940 nm) surge como um método alternativo para remoção dessas restaurações cerâmicas através do processo de termoablação dos cimentos. O objetivo do presente estudo é avaliar o laser Er:YAG como uma alternativa segura para o descolamento de cerâmicas. Alguns fatores podem interferir na transmissão da energia através da cerâmica: tipo de cerâmica, espessura do material e cor ou opacidade da mesma, o que irá repercutir no processo de descolamento. Outros fatores que podem interferir no descolamento é o tipo de cimento resinoso utilizado e os parâmetros utilizados. É de extrema importância o domínio do equipamento e dos parâmetros para não provocar danos a superfície da estrutura dental e ao tecido pulpar pelo aumento de temperatura. Mais estudos primários são necessários para determinar os corretos parâmetros tornando o processo de descolamento mais seguro e eficiente.

**Palavras-chave:** Laser. Descolamento. Cerâmica.



## **ABSTRACT**

The growing demand for esthetics in Dentistry has brought a greater demand for ceramic restorations, due to their excellent optical properties and high mechanical stability. However, this shift from metal crowns to metal-free ceramics has challenged clinicians regarding their removal, due to their high flexural strength. The Er:YAG laser (2,940 nm) appears as an alternative method for removing these ceramic restorations through the cement thermoablation process. The aim of the present study is to evaluate the Er:YAG laser as a safe alternative for debonding ceramics. Some factors can interfere with the transmission of energy through the ceramic: type of ceramic, material thickness and color or opacity of the same, which will affect the debonding process. Other factors that may interfere on debonding are the type of resin cement used and the parameters used. It is extremely important to master the equipment and parameters in order not to cause damage to the surface of the tooth structure and pulp tissue due to the increase in temperature. More primary studies are needed to determine the correct parameters, making the detachment process safer and more efficient.

**Key-words:** Laser. Debonding. Ceramic.



## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
REVISÃO DA LITERATURA.....	14
DISCUSSÃO.....	18
CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS.....	23



## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos observamos uma crescente demanda por materiais cerâmicos nas diversas áreas da Odontologia devido a uma maior exigência estética (TAKEICHI et al., 2013). Dentro desse contexto, o uso de materiais cerâmicos para restaurações indiretas como a porcelana feldspática, o dissilicato de lítio (LS2) e o dióxido de zircônia, se destacaram por apresentarem ótimas propriedades ópticas e uma maior resistência à fratura (DEANY, 1996; SHENOY e SHENOY, 2010; SEGHI et al., 1995).

A substituição de materiais restauradores indiretos em cerâmica decorrente do insucesso na adesão, fratura das peças, insatisfação estética do paciente, comprometimento ao tecido gengival e principalmente cáries secundárias nas margens da cerâmica, vem sendo considerado um procedimento comum na rotina clínica dos Cirurgiões-Dentistas (TANTBIROJN et al., 2019). O processo de remoção de restaurações indiretas em cerâmicas tem sido um desafio para os clínicos devido a uma alta resistência das cerâmicas comparando com as metalo-cerâmicas, dificultando dessa forma o corte da superfície. A resistência flexural de coroas de porcelana em camadas com uma infraestrutura em metal é de 120 MPa (YENER et al., 2011). Para a porcelana reforçada com leucita, essa resistência está na faixa de 200–220 MPa (FRADEANI e REDEMAGNI, 2002; DRUMMOND et al., 2000). Por comparação, uma coroa total em LS2 oferece resistência flexural de aproximadamente 360 MPa (CAD/CAM) e 400 MPa (pressionada) (TYSOWSKY, 2009). Uma coroa de zircônia com contorno completo (coroa total) tem uma resistência de mais de 1.000 MPa (YENER et al., 2011).

Além de uma maior dificuldade de corte de superfície em uma cerâmica pura decorrente da sua resistência flexural elevada, deve-se levar em consideração também a dificuldade do Cirurgião-Dentista em diferenciar o cimento resinoso e os tecidos dentários, o que pode demandar um tempo prolongado no atendimento clínico e, se os cuidados necessários não forem respeitados, a estrutura dental remanescente pode ser mais desgastada (KELLESARIAN et al., 2018). Pode-se ressaltar também que a remoção de uma coroa de cerâmica envolve o uso e desgaste de muitos instrumentais, as brocas diamantadas tornam-se opacas rapidamente e pode

ocorrer faíscas devido ao tempo prolongado de contato entre o material e a broca (ENGELBERG, 2013). Quando da remoção das restaurações, a reutilização da peça indireta também não é possível, pois a remoção é destrutiva (RECHMANN et al., 2014). Dentro desse contexto, autores reportam que, de forma geral, a remoção convencional da peça - com uso de pontas diamantadas acopladas a alta rotação- não consiste em um método simples, seguro e rápido (GURNEY et al., 2016).

Com o objetivo de otimizar a remoção das restaurações em cerâmica e preservar a estrutura dental remanescente, a utilização do laser de alta potência surge como um método promissor, com possibilidade de evitar o superaquecimento da polpa dentária, preservando a estrutura dental hígida e permitir, em alguns casos, a reutilização da peça indireta. Dentre os lasers de alta potência indicados para essa finalidade, o laser de Er:YAG (2.940 nm), utilizado para ablação de tecidos duros dentais (KELLER e HIBST, 1995; DOSTALOVA et al., 1997) e remoção de restaurações em resina composta (DOSTALOVA et al., 1997; HIBST e KELLER, 1991), tem sido estudado (RECHMANN et al., 2014).

A finalidade do presente estudo é mostrar o laser de Er:YAG como uma possibilidade para remoção de restaurações indiretas em cerâmica, levando em consideração suas diversas variáveis e tendo como referência trabalhos já publicados sobre o tema em revistas internacionais.

## **REVISÃO DA LITERATURA**

A técnica de descolamento (debonding) com lasers de alta potência foi primeiramente estudada por Strobl et al. (1992), para remoção de braquetes ortodônticos cerâmicos utilizou os lasers de CO<sub>2</sub> e Nd:YAG e já obteve resultados promissores, dando assim abertura para mais estudos envolvendo o tema. Futuramente, várias pesquisas foram conduzidas utilizando diversos lasers de alta potência, CO<sub>2</sub>, Nd:YAG, diodo (Tocchio et al., 1993; Tehranci et al., 2011; Stein et al., 2017). Entretanto, os comprimentos de onda desses lasers não são



absorvidos pelos componentes do agente de união braquete-dente, tornando assim sua interação estritamente por aumento de temperatura. Dessa forma, causando um “melting” (amolecimento) do cimento resinoso levando à redução na resistência de união e por sua vez facilitando o descolamento do braquete cerâmico (LETOKHOV, 1988). Por conta da não absorção dos comprimentos de onda dos lasers pelos componentes do cimento o processo é lento e o que pode levar a um aumento de temperatura intrapulpar (YASSAEIE et al., 2015). Além disso, a revisão sistemática (LEÃO FILHO, 2021) mostrou que de acordo com as análises de Adhesive Remant Index (ARI) e Shear Bond Strength (resistência de união ao teste de cisalhamento) os lasers não ablativos (CO<sub>2</sub>, Nd:YAG, diodo) apresentaram resultados numéricos menos favoráveis quando comparados aos lasers ablativos (Er:YAG e Er, Cr:YSGG), mesmo que estatisticamente isso não tenha se mostrado evidente.

Tendo isso em vista, os lasers de alta potência Er:YAG, começaram a ser preferidos nos estudados devido ao seu comprimento de onda ser fortemente absorvido por água, tornando assim o processo de descolamento de braquetes cerâmicos mais rápido. Isso é possível devido a presença de moléculas de água e grupo hidroxila na composição dos cimentos resinosos e por sua vez a capacidade de sofrerem ablação com a energia do laser Er:YAG (Rechmann et al., 2014).

Posteriormente, Morford et al., 2011, replicou a técnica de descolamento de braquetes ortodônticos cerâmicos para os laminados cerâmicos, onde realizaram o primeiro estudo envolvendo lasers de alta potência, Er:YAG (2.940 nm), para remoção de peças indiretas em cerâmica.

Dentre os lasers de alta potência indicados para a remoção de restaurações indiretas em cerâmica, o laser de Er:YAG (2.940 nm), usado para ablação de tecidos duros dentais (KELLER; HIBST, 1995; DOSTALOVA *et al.*, 1997) e remoção de restaurações em resina composta (DOSTALOVA *et al.*, 1997; HIBST; KELLER, 1991), tem sido bastante estudado nos últimos anos (RECHMANN *et al.*, 2014). Resultados de estudos experimentais (RECHMANN *et al.*, 2014; RECHMANN *et al.*, 2015; GURNEY *et al.*, 2016; ISERI *et al.*, 2014; OZTOPRAK *et al.*, 2012; MORFORD *et al.*, 2011) mostram que lasers de Er:YAG são eficazes na redução da resistência de união na região de cimentação de todas as peças cerâmicas, resultando em uma

remoção mais prática e com nenhum ou mínimo comprometimento dental ou da cerâmica. O estudo de Iseri et al. (2019) avaliou a resistência de união pelo teste ao cisalhamento para analisar o efeito do laser Er:YAG na interface adesiva de laminados cerâmicos cimentados em dentes bovinos (n=30) e obteve um resultado expressivo no grupo irradiado com Er:YAG. O grupo controle mostrou uma resistência de união de  $27.28 \pm 2.24$  MPa enquanto o grupo experimental  $3.44 \pm 0.69$  MPa ( $p < 0.05$ ).

A forma que a luz do laser vai interagir com o cimento resinoso e o processo de descolamento dessas restaurações cerâmicas é bem simples, entretanto, existem alguns fatores que podem interferir no sucesso do procedimento e se não pensados previamente ou respeitados pode levar a danos irreversíveis ao tecido dental (RECHMANN et al., 2014). Danos estes que podem partir de uma simples inflamação pulpar ou até uma necrose pulpar, decorrentes de um aumento de temperatura; e também possíveis danos a superfície da estrutura dental, podendo ser trincas ou até mesmo um desgaste ao tecido dental (RECHMANN et al., 2014).

A quantidade de energia transmitida através da cerâmica pode ser afetada por três fatores: composição da cerâmica, espessura da cerâmica e cor ou opacidade da mesma. De acordo com o estudo Rechmann *et al.* (2014) as cerâmicas lisas de E.max CAD transmitiram entre 21% e 66% da energia, dependendo da espessura dos espécimes. As amostras de IPS Empress esthetic (EE) transmitiram entre 21% e 49%. E por último, as amostras de ZirCAD transmitiram bem menos comparando com os demais tipos de cerâmica. Apenas 5% da energia do laser foi transmitida através das amostras de 2,5 mm de espessura e 10% das amostras com 1 mm de espessura. A energia de laser transmitida reduz de acordo com o aumento da espessura do material irradiado (PICH *et al.*, 2013). Este mesmo estudo (RECHMANN *et al.*, 2014) mostrou que as amostras compostas por zircônia transmitiram 75-83% menos energia que as cerâmicas E. Max CAD e EE. No estudo Morford et al. (2011) a cerâmica a base de leucita, IPS Empress esthetic transmitiu entre 11.5% e 21%, dependendo da espessura da peça, enquanto a cerâmica a base de dissilicato de lítio transmitiu Emax Press. HT transmitiu entre 26,5% e 43.5% da energia de irradiação. Rechmann et al. (2014) fase 2 avaliou o tempo necessário para remoção de materiais cerâmicos com Er:YAG (Litetouch,

Syneron) com 10 Hz e duração de pulso de 100  $\mu$ s a 126 mJ/ pulso até 400 (MICRO) entre 400 mJ/ pulso e 590 mJ/ pulso. No trabalho foi utilizado Emax CAD E Zir CAD e mensurando o tempo para remoção, as peças de Emax CAD com 1 mm de espessura levaram em média 2-3 min enquanto as cerâmicas a base de zircônia com 0,5 mm de espessura a 300 mJ aproximadamente 2 min e com 1 mm a 500 mJ por pulso menos de 5 min.

Estudos mostram que a seleção do cimento resinoso também pode interferir no processo de descolamento. A primeira fase (Fase 1) do estudo de Rechmann *et al.* (2014) analisou diferentes cimentos: Variolink Veneer, Variolink II, Multilink e SpeedCEM. Todos os materiais de união foram ablacionados pela absorção da energia emitida pelo laser de Er:YAG. Entretanto, diferentes níveis de energia foram necessários para o primeiro sinal de ablação. O cimento Variolink Veneer, por exemplo, precisou de 44% menos energia que os outros para iniciar a ablação. Já no estudo Morford *et al.* (2011) o cimento 3M ESPE relyX veneer A1 teve seus primeiros sinais de ablação a 1.8 J/cm<sup>2</sup> e crateras por ablação a 4.0 J/cm<sup>2</sup> utilizando o laser Er:YAG (Litetouch, Syneron) com frequência 10Hz, duração do pulso 100  $\mu$ s e a 133mJ/ pulso.

Outro fator que pode interferir no tempo de remoção das cerâmicas por descolamento, além da composição e espessura da cerâmica e do cimento resinoso escolhido, são os ajustes na configuração do laser de Er:YAG (2.940 nm). Potências (W) e taxa de repetição (Hz) maiores farão com que o limiar de ablação do cimento seja mais rapidamente atingido, tornando o descolamento mais rápido (GHAZANFARI *et al.*, 2019; RECHMANN *et al.*, 2014). Tempos maiores de irradiação mostram maiores reduções na resistência de união dos cimentos resinosos, como foi mostrado no trabalho Oztoprak *et al.* (2012). O estudo utilizando o laser Er:YAG (VersaWave, HoyaConbio) com potência de 5 W (50 Hz x 100 mJ) usou diferentes tempos (n= 20) de irradiação (controle, 3s, 6s e 9s) e teve como resultado 27.5 $\pm$  1.44 MPa para o grupo controle, 10.58 $\pm$  0.9 MPa para 3s de irradiação, 8.47 $\pm$  0.8 para 6s e por fim 3.54 $\pm$  0.46 MPa para 9s de aplicação, houve diferença estatística entre todos os grupos comparados ao grupo controle e também entre os grupos experimentais ( $p < 0.05$  e  $p < 0.001$  entre 3s e 9s).

Uma das maiores preocupações quando se trata de remoção de laminados cerâmicos

com lasers de alta potência é uma possível irritação térmica da polpa (RECHMANN *et al.*, 2015). O estudo de Zach; Cohen (1965), realizado em um modelo experimental animal, mostrou que um aumento de temperatura acima de 5,5°C resulta em danos permanentes ao tecido pulpar. Além disso, Baldissara *et al.* (1997) relatam que danos pulpares estão relacionados não apenas ao aumento da temperatura, mas também na duração do aquecimento. Entretanto, os mesmos autores sugerem que um aumento na temperatura de 11,2°C não provoca danos ao tecido pulpar. Rechmann *et al.* (2015), mostrou que durante o descolamento de laminados com laser de Er:YAG (2.940 nm) a temperatura acima de 5,5°C ocorreu apenas quando o spray de ar/água não foi adequadamente utilizado. Portanto, uso adequado do spray de ar/água se torna essencial durante o processo de remoção de facetas com lasers de alta potência.

Outra consideração sobre o processo de descolamento de laminados com o laser de Er:YAG (2.940 nm) é o potencial de risco de fratura da cerâmica durante sua remoção. No estudo Morford *et al.* (2011) uma média de 36% das amostras de Empress Esthetic fraturou durante o descolamento da cerâmica.

## **DISCUSSÃO**

O laser de alta potência tem se mostrado bastante eficiente para remoção de laminados cerâmicos tanto no quesito de facilidade e também na questão de uma menor chance de comprometimento a saúde do tecido dental, comparando ao método convencional que utiliza pontas diamantadas acopladas a alta rotação.

A capacidade dos lasers Er:YAG interagirem com o cimento resinoso, causando sua ablação, diminui significativamente sua resistência de união tornando mais simples o processo de remoção das peças em cerâmica. A explicação para esses achados é que o comprimento de onda do laser Er:YAG (2.940 nm) coincide com a principal faixa de absorção da água, componente presente nos cimentos resinosos responsáveis por unir cerâmica e dente (HIBST; KELLER, 1989; HALE; QUERRY, 1973). Estudos sugerem que a energia do laser é transmitida através da cerâmica e com isso vaporiza os componentes do cimento resinoso (moléculas de

água ou monômeros residuais) por um mecanismo conhecido como ablação. Este mecanismo envolve vaporização seguida por uma injeção hidrodinâmica (SARI *et al.*, 2014).

A inferioridade de energia transmitida entre as cerâmicas compostas por dióxido de zircônia comparando com as cerâmicas a base de leucita e dissilicato de lítio pode ser explicado pela alta opacidade do material devido a sua densidade, composição química e sua alta cristalinidade, resultando em um alto índice de refração (RECHMANN *et al.*, 2014).

Outro fator mostrado nos estudos foi a influência dos cimentos resinosos no processo de descolamento das cerâmicas indiretas e pode-se observar que a seleção do cimento resinoso com propriedades de absorção de energia adequada ou mais favoráveis para o descolamento pode tornar o procedimento mais simples e mais rápido. Essa maior capacidade de absorção da energia dos lasers Er:YAG pode ser relacionado diferentes quantidades de água presentes nos cimentos testados.

Os parâmetros inseridos no laser Er:YAG pode trazer resultados diferentes no processo de descolamento, principalmente envolvendo tempo, comprometimento a superfície dental e aumento de temperatura. Potências (W) e taxa de repetição (Hz) maiores farão com que o limiar de ablação do cimento seja mais rapidamente atingido, tornando o descolamento mais rápido (GHAZANFARI *et al.*, 2019; RECHMANN *et al.*, 2014). Por outro lado, elevando a potência e a taxa de repetição pode resultar em maiores comprometimentos ao tecido dental.

A utilização do laser Er:YAG para descolamento de laminados ou coroas cerâmicas gera questionamentos quanto ao comprometimento a superfície dental pelo fato de que um dos cromóforos absorvedores é a hidroxiapatita, componente presente em grandes quantidades no esmalte dental. Entretanto, a energia do laser de Er:YAG (2.940 nm) utilizada por Rechmann *et al.* (2014) em seus estudos para remoção de cerâmicas (4.7 J/cm<sup>2</sup> na fase 1 do estudo e 2-5 J/cm<sup>2</sup> na segunda fase do estudo) foi significativamente menor do que a energia necessária para ablação da dentina (80 a 160 J/cm<sup>2</sup>). Somando a isso, Morford *et al.* (2011) reportou que o uso de baixas energias (densidade de energia inferior a 4 J/cm<sup>2</sup>) não causou danos ao esmalte dental, visto que a energia necessária para remoção de laminados cerâmicos é bem abaixo do utilizado para ablacionar o esmalte. Outro achado que corrobora

com o não comprometimento do dente ao remover laminados cerâmicos com o laser de Er:YAG é o estudo de Oztoprak *et al.* (2012), onde foi analisado o modo de falha, importante para avaliar o potencial de dano ao esmalte. Foi relatado que a falha majoritariamente ocorreu no adesivo e não na interface esmalte-adesivo, resultando em nenhuma fratura do esmalte.

Outro aspecto que gera dúvidas a comunidade científica e aos clínicos durante esse processo é o aumento de temperatura intrapulpal. Entretanto, os achados do estudo Rechmann *et al.* (2015), mostram que o aumento de temperatura intrapulpal apenas ultrapassou o limiar dos 5,5°C, determinado pelo estudo de Zach; Cohen (1965), quando o spray de ar/água não foi adequadamente utilizado. Este achado nos alerta quanto ao cuidado que devemos tomar utilizando os lasers de alta potência e seu correto manejo dos parâmetros.

Uma das grandes vantagens da utilização dos lasers para remoção de materiais cerâmicos é a remoção não destrutiva possibilitando a reutilização deste material, em alguns casos, quando não houver presença de trinca ou fratura. Esse fenômeno pode ser explicado devido à absorção da água pelos poros da porcelana levando a uma rápida expansão durante a aplicação do laser, causando uma trinca nos laminados removidos.

## **CONCLUSÃO**

Portanto, o laser Er:YAG (2.940 nm) vem se mostrando com uma alternativa viável e promissora para remoção de restaurações indiretas em cerâmica pela facilidade no processo e por minimizar danos a estrutura dental e vitalidade pulpar. Entretanto, se torna necessário mais estudos primários envolvendo o tema afim de determinar parâmetros adequados para uma remoção rápida e segura.

## REFERÊNCIAS

BALDISSARA, P.; CATAPANO, S.; SCOTTI, R. **Clinical and histological evaluation of thermal injury thresholds in human teeth:** a preliminary study. *J Oral Rehabil.* 1997;24(11):791-801.

DEANY IL. **Recent advances in ceramics for dentistry.** *Crit Rev Oral Biol Med* 1996;7(2):134–143.

DOSTALOVA, T. *et al.* **Dentin and pulp response to Erbium:YAG laser ablation:** a preliminary evaluation of human teeth. *J Clin Laser Med Surg* 1997;15(3):117–121.

DRUMMOND, J.L. *et al.* **Mechanical property evaluation of pressable restorative ceramics.** *Dent Mater* 2000;16(3):226–233.

ENGELBERG, B. **An effective removal system for Zirconia and LS2 restorations.** *Inside Dentistry* 2013; 92–98.

FRADEANI, M.; REDEMAGNI, M. **An 11-year clinical evaluation of leucite-reinforced glass-ceramic crowns:** A retrospective study. *Quintessence Int* 2002;33(7):503–510.

GHAZANFARI, R. *et al.* **Laser Aided Ceramic Restoration Removal:** A Comprehensive Review. *J Lasers Med Sci* 2019; 10(2):86-91.

GURNEY, M.L. *et al.* **Using an Er, Cr:YSGG laser to remove lithium disilicate restorations:** A pilot study. *J Prosthet Dent* 2016;115(1):90–4.

ISERI, U. *et al.* **Effect of Er:YAG laser on debonding strength of laminate veneers.** *Eur J Dent* 2014;8-58-62.

KELLER, U.; HIBST, R. **Histological findings of pulpal change after Er:YAG laser irradiation.** *J Dent Res* 1995;74(1159): 545.

KELLESARIAN, S.V. *et al.* **Laser-assisted removal of all ceramic fixed dental prostheses:** A comprehensive review. *J Esthet Restor Dent.* 2018;30;216-222.

LEÃO FILHO, J. A. **Alteração da morfologia de superfície do esmalte dental e temperatura intrapulpal no descolamento de dispositivos cerâmicos com lasers de alta potência: revisão sistemática e meta-análise.** 2021. Dissertação (Mestrado em Dentística) – Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

LETOKHOV VS. **Laser- induce chemistry-basic nonlinear processes and application.** *Applies Physics B.* 1988; (46): 237- 51.

MORFORD, C.K. *et al.* **Er: YAG laser debonding of porcelain veneers.** *Lasers Surg Med.* 2011;43(10):965-974. doi:10.1002/lsm.21144.

OZTOPRAK, M.O. *et al.* **Effects of different application durations of scanning laser method on debonding strength of laminate veneers.** *Lasers Med Sci.* 2012;27(4):713-6. doi:10.1007/s10103-011-0959-1.

PICH, O. *et al.* **Laser treatment of dental ceramic/cement layers transmitted energy, temperature effects and surface characterisation.** *Lasers Med Sci.* 2013 doi:10.1007/s10103-013-1340-3.

RECHMANN, P. *et al.* **Laser all-ceramic crown removal** —a laboratory proof of principle study— Phase 2 crown debonding time. *Lasers Surg Med.* 2014;46(8):636-643. doi:10.1002/lsm.22280.

RECHMANN, P. *et al.* **Laser all-ceramic crown removal**—A laboratory proof of principle study— Phase 1 material characteristics. *Lasers Surg Med.* 2014;46(8):628-635. doi:10.1002/lsm.22279.

SEGHI RR, DENRY IL, ROSENSTIEL SF. **Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics.** *J Prosthet Dent* 1995;74(2):145–150.

SHENOY A, SHENOY N. **Dental ceramics:** An update. *J Conserv Dent* 2010;13(4):195–203.

STEIN S, KLEYE A, SCHAUSEIL M, HELLAK A, KORBMACHER-STEINER H, BRAUN A. **445-nm diode laser-assisted debonding of self-ligating ceramic brackets.** *Biomed Tech (Berl).* 2017 Oct 26;62(5):513-520. doi: 10.1515/bmt-2016-0027. PMID: 28076292

STROBL K, BAHNS TL, WILLHAM L, BISHARA SE, STWALLEY WC. **Laser-aided debonding of orthodontic ceramic brackets.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1992 Feb;101(2):152-8. doi: 10.1016/0889-5406(92)70007-w.

TAKEICHI, T.; KATSOLIS, J.; BLATZ, M.B. **Clinical outcome of single porcelain-fused-to zirconium dioxide crowns:** A systematic review. *J Prosthet Dent* 2013.

TEHRANCHI A, FEKRAZAD R, ZAFAR M, ESLAMI B, KALHORI KA, GUTKNECHT N. **Evaluation of the effects of CO2 laser on debonding of orthodontics porcelain brackets vs. the conventional method.** *Lasers Med Sci.* 2011 Sep;26(5):563-7. doi: 10.1007/s10103-010-0820-y.

TOCCHIO RM, WILLIAMS PT, MAYER FJ, STANDING KG. **Laser debonding of ceramic orthodontic brackets.** *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993 Feb;103(2):155-62. doi: 10.1016/S0889-5406(05)81765-2.



TYSOWSKY, G.W. **The science behind lithium disilicate:** A metalfree alternative. Dent Today 2009;28(3):112–113.

YASSAEI S, SOLEIMANIAN A, NIK ZE. **Effects of Diode Laser Debonding of Ceramic Brackets on Enamel Surface and Pulpal Temperature.** J Contemp Dent Pract. 2015 Apr 1;16(4):270-4. doi: 10.5005/jp-journals-10024-1674.

YENER, E.S.; OZCAN, M.; KAZAZOGLU, E. **The effect of glazing on the biaxial flexural strength of different zirconia core materials.** Acta Odontol Latinoam 2011;24(2):133 140.

ZACH, L.; COHEN, G. **Pulp response to externally applied heat.** Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1965;19(4):515-530.