

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2022.05.011

· 综述 ·

Er: YAG激光在拆除全瓷修复体中应用的研究进展

陈宥任, 罗云, 王敏, 郝亮, 岳源

口腔疾病研究国家重点实验室, 国家口腔疾病临床医学研究中心, 四川大学华西口腔医院修复科, 四川 成都(610041)

【摘要】 全瓷修复体因兼具美观性及高强度在口腔修复中被广泛应用。玻璃陶瓷及氧化锆全瓷材料是临床中应用最为广泛的两种全瓷材料。然而, 当全瓷修复体因边缘微渗漏、继发龋等问题需要拆除时, 其高强度和高粘接强度极大地增加了拆除难度。近年来, 临床医师开始尝试使用Er: YAG激光拆除全瓷修复体。研究表明, Er: YAG激光可以安全高效地应用于玻璃陶瓷修复体的拆除, 对于较薄的氧化锆修复体也能发挥作用。全瓷修复体材质及厚度、水门汀类型、激光功率等多种因素均可以影响Er: YAG激光的作用时间。然而, 目前研究局限于病例报道及体外研究, 缺乏系统的临床研究。Er: YAG激光拆除全瓷修复体的具体作用机制以及激光频率、粘接剂类型、基牙对拆除速度的影响有待进一步研究。

【关键词】 Er: YAG激光; 全瓷修复体; 氧化锆陶瓷; 玻璃陶瓷; 树脂水门汀; 粘接剂; 粘接强度; 激光频率

【中图分类号】 R78 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2022)05-0372-05

【引用著录格式】 陈宥任, 罗云, 王敏, 等. Er: YAG激光在拆除全瓷修复体中应用的研究进展[J]. 口腔疾病防治, 2022, 30(5): 372-376. doi:10.12016/j.issn.2096-1456.2022.05.011.

Research progress on the application of Er: YAG laser removing all-ceramic restorations CHEN Youren, LUO Yun, WANG Min, HAO Liang, YUE Yuan. State Key Laboratory of Oral Diseases & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Department of Prosthodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Corresponding author: LUO Yun, Email: lyschxly@263.net, Tel: 86-28-85503348

【Abstract】 All-ceramic restorations are widely used in oral restoration because of their beauty and high strength. Glass ceramics and zirconia all-ceramic materials are the two most widely used all-ceramic materials in the clinic. However, when all-ceramic restorations need to be removed due to marginal microleakage and secondary caries, its high strength and high bonding strength greatly increase the difficulty of removal. In recent years, clinicians have tried to use Er: YAG lasers to remove all-ceramic restorations. The Er: YAG laser can be safely and efficiently applied to the removal of glass restorations, and it can also play a role in thinner zirconia restorations. Various factors, such as the material and thickness of the all-ceramic restoration, the type of cement, and the laser power, can affect the speed of removal of the Er: YAG laser. However, the current research is limited to case reports and in vitro studies, lacking systematic clinical research. The specific mechanism of Er: YAG laser removal of all-ceramic restorations and the influence of laser frequency, adhesive type, and abutment on the removal speed need to be further demonstrated by follow-up research.

【Key words】 Er: YAG laser; all-ceramic restoration; zirconia ceramic; glass ceramics; resin cement; adhesive; bonding strength; laser frequency

J Prev Treat Stomatol Dis, 2022, 30(5): 372-376.

【收稿日期】 2021-03-08; **【修回日期】** 2021-04-15

【基金项目】 四川省科技厅项目(2020YFQ0008、2020YFS0174、2019YFS0359)

【作者简介】 陈宥任, 住院医师, 硕士, Email: god_maeve@hotmail.com

【通信作者】 罗云, 主任医师, 博士, Email: lyschxly@263.net, Tel: 86-28-85503348



微信公众号

【Competing interests】 The authors declare no competing interests.

This study was supported by the grants from Project of Department of Science of Sichuan Province (No.2020YFQ0008, No. 2020YFS0174, No.2019YFS0359).

近年来随着材料的发展,全瓷修复体在口腔临床中应用日趋广泛。全瓷修复体按材料种类可分为玻璃陶瓷、氧化铝陶瓷、氧化锆陶瓷。其中玻璃陶瓷及氧化锆全瓷材料在临床中应用最为广泛。玻璃陶瓷包括长石质陶瓷、白榴石加强玻璃陶瓷、二硅酸锂陶瓷^[1]。长石质陶瓷拥有极佳的半透性但强度低,临床应用受限;而白榴石加强玻璃陶瓷、二硅酸锂陶瓷兼具良好的半透性及强度,广泛用于贴面、单冠、嵌体的制作;玻璃陶瓷可以被氢氟酸酸蚀,获得极佳的粘接强度;而氧化锆陶瓷虽然半透性不佳,但拥有极高的强度,广泛用于后牙单冠、固定桥的制作。

尽管全瓷修复体性能优秀,其在临床的长期修复效果仍然面临考验。据报道二硅酸锂单冠的5年存留率为96.6%,氧化锆单冠则为92.1%,失败原因包括崩瓷、边缘着色、继发龋等^[2]。当全瓷修复体因这些原因需要拆除时,其特点增加了拆除难度。拆除修复体的方法包括机械破坏、超声、敲击等^[3]。机械破坏是应用最广泛,成功率最高的方法;而其他方法存在成功率低、牙齿意外脱位等风险。当使用车针机械破坏玻璃陶瓷修复体时,虽然其强度不高,但由于其良好的半透性,在车针磨除时难以区分牙体组织及陶瓷材料,容易造成牙体组织的损伤。且玻璃陶瓷具有良好的粘接性能,二硅酸锂陶瓷全冠经树脂水门汀粘接后固位力高达387~522 N,难以简单使其脱位^[4]。对于氧化锆陶瓷,其挠曲强度高达1 000 MPa远高于烤瓷修复体的120 MPa,不易发生变形折断,导致拆除难度增大^[5]。因此传统机械破坏在拆除全瓷修复体时费时费力,已不能满足临床的需要。

掺铒铝石榴石(erbium-doped: yttrium-aluminum-garnet, Er: YAG)激光是一种波长为2 940 nm的激光,与水分子吸收峰高度重合^[6]。Er: YAG激光特点在于其传递的能量可以高效作用于含水或相关基团的分子而极少被其他分子吸收,从而精确作用于含水物质避免对其他物质产生损伤。因此,Er: YAG激光广泛应用于牙周治疗、根管治疗、脱敏治疗等口腔治疗领域^[7]。近年来临床医师开始尝试用激光拆除全瓷修复体。拆除全瓷修复体时,通过

设置Er: YAG激光的照射参数使其选择性作用于水门汀而避免损伤牙体组织及修复体,从而完整地取下全瓷修复体。本文将对Er: YAG激光拆除全瓷修复体的应用及研究进展做一简要综述。

1 Er: YAG激光对各类全瓷修复体的拆除效果

1.1 Er: YAG激光拆除玻璃陶瓷修复体的效果

Kursoglu等^[8]报道了2例采用Er: YAG激光拆除玻璃陶瓷贴面的案例,使用Er: YAG激光(320 mJ/pulse, 20 Hz)照射白榴石加强玻璃陶瓷贴面9 s后,成功将其取下。Oztoprak等^[9]和Iseri等^[10]在体外研究了Er: YAG激光对玻璃陶瓷贴面粘接强度的影响,他们采用Er: YAG激光(100 mJ/pulse, 50 Hz)分别照射二硅酸锂贴面3、6、9 s,贴面抗剪切强度从照射之前的(27.5 ± 1.44) MPa依次下降为(10.58 ± 0.9) MPa、(8.47 ± 0.8) MPa、(3.54 ± 0.46) MPa。Er: YAG激光仅作用数秒就使得瓷贴面粘接强度出现了显著的下降。Rechmann等^[11]在体外采用Er: YAG激光(126~590 mJ/pulse, 10 Hz)照射20颗二硅酸锂全瓷冠,所有牙冠均成功取下,平均每颗花费了190 s。以上研究表明,Er: YAG激光可以快速有效地拆除玻璃陶瓷单冠及贴面,对于其他修复体形式的拆除效果尚未见报道。

1.2 Er: YAG激光拆除氧化锆陶瓷修复体的效果

目前关于Er: YAG激光拆除氧化锆修复体的研究均为体外研究,尚无临床报道。Grzech-Lesniak等^[12]在体外采用Er: YAG激光(300 mJ/pulse, 15 Hz)照射了13颗氧化锆单冠,所有单冠均成功取下,平均每颗花费了386 s。Er: YAG激光不但能用来拆除天然牙上的氧化锆全冠,还可以用于拆除种植体基台上的氧化锆牙冠。Elkharashi等^[13]在体外研究了Er: YAG激光(300 mJ/pulse, 15 Hz)对氧化锆基台上氧化锆单冠的拆除效果,研究结果显示拆除一颗氧化锆基台上的氧化锆全冠平均需要320 s。

2 Er: YAG激光拆除全瓷修复体时对牙及修复体的影响

2.1 对牙髓的影响

Zach等^[14]的动物实验表明牙髓内温度上升超

过 5.5 °C 时,牙髓将发生不可逆损伤。Baldissara 等^[15]研究认为牙髓温度上升在 8.9 ~ 14.7 °C 的范围内都不会导致牙髓的病变。Rechmann 等^[16]在体外采用 Er: YAG 激光 (560 mJ/pluse, 10 Hz) 测试拆除 20 个二硅酸锂单冠,在辅助气枪冷却的条件下,髓腔温度平均上升了 (5.4 ± 2.2) °C; 其中有 8 个样本温度升高超过了 5.5 °C, 最高达 11.5 °C。Albalkhi 等^[17]在体外采用 Er: YAG 激光 (360 mJ/pluse, 15 Hz) 拆除二硅酸锂贴面时,接触和非接触模式下髓腔的温度变化分别为 (4.21 ± 0.3) °C 及 (2.90 ± 0.32) °C。Er: YAG 激光在拆除氧化锆单冠时髓腔温度最高可上升 22.88 °C, 超过了 Baldissara 等^[15]提出的阈值上限。综上所述,对于玻璃陶瓷,Er: YAG 激光在拆除贴面时,髓腔温度上升幅度较小,在安全范围内;而拆除全冠时,髓腔温度上升幅度较大,可能超出牙髓的耐受阈值;而对于氧化锆单冠,Er: YAG 激光拆除的温度上升可能会远超牙髓的耐受阈值,产生不良影响。

2.2 对牙体组织的影响

Morford 等^[18]采用 Er: YAG 激光 (133 mJ/pluse, 10 Hz) 拆除二硅酸锂贴面后通过光学显微镜观察牙体组织表面,发现釉质表面没有发生损伤且树脂水门汀大多残留于牙体组织表面,其实验结果显示粘接界面的破坏主要发生在贴面和树脂水门汀之间而不是牙体组织与树脂水门汀之间。Rechmann 等^[16]在研究中也发现 Er: YAG 激光拆除二硅酸锂单冠后基牙牙本质表面并未发生任何着色和树脂水门汀的碳化。对于氧化锆陶瓷,Elkharashi 等^[13]在体外用 Er: YAG 激光反复取下氧化锆单冠 3 次后,牙体组织也并未发生损伤。因此,无论是玻璃陶瓷还是氧化锆陶瓷,Er: YAG 激光拆除时均不会导致牙体组织的损伤。

2.3 对修复体的影响

Rechmann 等^[11]的另一项体外研究显示 Er: YAG 激光可以完整取下二硅酸锂和氧化锆单冠,且残留在冠内的树脂水门汀大多变性或碳化容易去除。此外,将 Er: YAG 激光取下的二硅酸锂及氧化锆单冠重新粘接后再次测量 Er: YAG 激光需要的拆除时间,作用时间与第一次无明显差异^[12]。Karagoz-Yildirak 等^[19]采用 Er: YAG 激光 (300 mJ/pluse, 10 Hz) 拆除白榴石加强玻璃陶瓷和二硅酸锂陶瓷贴面后重新粘接,发现白榴石加强玻璃陶瓷和二硅酸锂贴面的二次粘接强度仍然与激光照射前接近。上述结果均表明对于玻璃陶瓷

及氧化锆陶瓷,Er: YAG 激光均可完整取下修复体,且不会影响其再次粘接的效果。

3 Er: YAG 激光拆除全瓷修复体的可能机制

Er: YAG 激光的波长为 2 940 nm, 与水的红外线吸收峰值接近,因此其能量可以被含水的组织吸收^[20]。红外光谱分析显示二硅酸锂陶瓷的红外线吸收峰主要在 Si-O (1 100 cm⁻¹带),氧化锆陶瓷红外线吸收峰主要在 Zr-O (690 cm⁻¹带),两者均不包含水的特征吸收带。而树脂水门汀除了包含 C=O (1 680/1 630 cm⁻¹带) 还有一个明显的水特征吸收带 (3 750 ~ 3 640 cm⁻¹带及 3 600 ~ 3 400 cm⁻¹带)^[18]。因此,Er: YAG 激光的能量不会被全瓷修复体吸收而是被树脂水门汀吸收,使得树脂水门汀被破坏从而取下修复体。Tocchio 等^[21]进一步探讨了 Er: YAG 激光破坏树脂水门汀的具体作用机理,并提出了 3 种可能作用机制:热软化、热消融、光消融。热软化即树脂水门汀因吸收了激光能量温度上升变软,从而使表面修复体脱落。热消融则是树脂水门汀发生了更加迅速的升温直接气化挥发;光消融则是树脂水门汀吸收了较高的激光能量超过了分子的离解能,树脂水门汀直接发生分解从而使得表面修复体脱落;其他学者提出了物理破坏也可能参与了 Er: YAG 激光破坏树脂水门汀的过程^[22]。

4 Er: YAG 激光拆除全瓷修复体的效果影响因素

4.1 修复体材质及厚度

Rechmann 等^[16]在体外比较了不同全瓷材质及厚度对单冠传递 Er: YAG 激光 (126 ~ 700 mJ/pluse, 10 Hz) 能量的影响。在厚度不变的情况下,1 mm 的二硅酸锂陶瓷可以传递 60.4% ± 4.2% 的激光能量,白榴石加强玻璃陶瓷为 48.6% ± 1.7%,氧化锆陶瓷为 9.9% ± 0.9%;而当厚度增厚为 2.5 mm 时,传递的能量比例显著降低,二硅酸锂陶瓷仅为 20.5% ± 1.8%,氧化锆陶瓷降为 4.9% ± 0.6%。1 mm 的二硅酸锂陶瓷下的树脂水门汀 (Multilink Automix) 发生消融所需功率为 126 mJ/pluse,白榴石加强玻璃陶瓷下的消融功率与其接近,而 1 mm 的氧化锆陶瓷需要 700 mJ/pluse 的激光功率才能消融。2.5 mm 的二硅酸锂下所需消融功率为 304 mJ/pluse,而 2.5 mm 的白榴石加强玻璃陶瓷需要功率为 409 mJ/pluse;而 1.5 mm 的氧化锆下方的水门汀在最高功率 (700 mJ/pluse) 下也无法消融^[20]。结果表明,透光性好

的玻璃陶瓷更容易拆除,透光性较差的氧化锆修复体需要较高的激光功率才能拆除,且对于同种修复材料,瓷层厚度越薄越容易拆除。此外,较厚的氧化锆修复体(> 1.5 mm)会严重影响Er: YAG激光的拆除效果。

4.2 粘接水门汀种类

Grzech-Leśniak等^[23]比较了树脂加强型玻璃离子水门汀及树脂水门汀对于Er: YAG激光(300 mJ/pluse, 15 Hz)拆除钛基台上的二硅酸锂单冠的影响。结果显示树脂加强型玻璃离子水门汀组需要97.5 s,树脂水门汀组需要196.5 s,结果表明树脂水门汀较树脂加强型玻璃离子水门汀更难拆除。另外,不同品牌的树脂水门汀之间也存在差异^[24]。总之,采用不同类型的水门汀及不同品牌的树脂水门汀均会影响Er: YAG激光拆除玻璃陶瓷修复体的速度;而水门汀对Er: YAG激光拆除氧化锆修复体的影响尚无报道。

4.3 激光脉冲功率及作用模式

如前所述,不同材质的全瓷修复体发生水门汀消融所需的最低激光脉冲功率不同。对于1 mm的玻璃陶瓷,拆除需要的激光脉冲功率需达126 mJ/pluse。而对于氧化锆全瓷修复体,仅1 mm的氧化锆陶瓷也要700 mJ/pluse才能消融。Albalkhi等^[17]在体外进一步研究了激光接触模式对拆除速度的影响,Er: YAG激光(360 mJ/pluse, 15 Hz)拆除二硅酸锂贴面时,接触模式下激光照射时间需要(96.4 ± 10.4) s,非接触模式下仅需(12.6 ± 2.3) s;同种模式下(非接触),功率降低为270 mJ/pluse时,所需照射时间延长至30 s。因此,需达到一定激光脉冲功率才能有效拆除全瓷修复体,且提高功率可有效缩短拆除时间。此外,非接触模式可以更快地拆除玻璃陶瓷贴面。

4.4 其他因素

对于激光频率、粘接剂类型及基牙对Er: YAG激光拆除全瓷修复体的影响目前还未见报道。Deeb等^[25]比较了与Er: YAG激光波长相近的Er, Cr: YSGG激光在拆除乳牙及恒牙表面的氧化锆单冠时的区别。结果显示,乳牙所需要的Er, Cr: YSGG激光照射时间为125 s,恒牙为227 s。基牙及其他因素对Er: YAG激光拆除全瓷修复体的影响还需进一步研究。

5 小结

综上所述,Er: YAG激光可以高效地应用于玻

璃陶瓷修复体的拆除,对于1 mm内的氧化锆修复体也能发挥作用。水门汀类型及不同品牌的水门汀等均可影响Er: YAG激光拆除全瓷修复体的速度,因此拆除全瓷修复体之前应充分了解这些因素;且Er: YAG激光功率应根据修复体材质及厚度做出调整。Er: YAG激光拆除全瓷修复体的具体作用机制以及激光频率、粘接剂类型、基牙对拆除的影响尚不明确,需要后续研究进一步探讨。

[Author contributions] Chen YR wrote the article. Wang M and Hao L revised the article. Luo Y reviewed the article. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

参考文献

- [1] Fu L, Engqvist H, Xia W. Glass-ceramics in dentistry: a review[J]. *Materials (Basel)*, 2020, 13(5): 1049. doi: 10.3390/ma13051049.
- [2] Sailer I, Makarov N, Thoma DS, et al. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: single crowns (SCs)[J]. *Dent Mater*, 2015, 31(6): 603-623. doi: 10.1016/j.dental.2015.02.011.
- [3] Sharma A, Rahul GR, Poduval ST, et al. Removal of failed crown and bridge[J]. *J Clin Exp Dent*, 2012, 4(3): e167 - e172. doi: 10.4317/jced.50690.
- [4] Johnson GH, Lepe X, Patterson A, et al. Simplified cementation of Lithium disilicate crowns: retention with various adhesive resin cement combinations[J]. *J Prosthet Dent*, 2018, 119(5): 826-832. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.07.012.
- [5] 李杰森, 林珍香, 吴东, 等. 不同全瓷材料和厚度的种植牙冠应力分布有限元分析[J]. *口腔疾病防治*, 2021, 29(3): 166-170. doi: 10.12016/j.issn.2096-1456.2021.03.004.
- [6] Li JS, Lin ZX, Wu D, et al. Finite element analysis of the stress distribution of dental implant crowns with different all-ceramic materials and thicknesses[J]. *J Prev Treat Stomatol Dis*, 2021, 29(3): 166-170. doi: 10.12016/j.issn.2096-1456.2021.03.004.
- [6] Zhang Y, Jiang A. The influence of Er: YAG laser treatment on the shear bond strength of enamel and dentin: a systematic review and meta-analysis[J]. *Quintessence Int*, 2020, 51(1): 8-16. doi: 10.3290/j.qi.a43648.
- [7] Trombelli L, Farina R, Pollard A, et al. Efficacy of alternative or additional methods to professional mechanical plaque removal during supportive periodontal therapy: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Clin Periodontol*, 2020, 47 Suppl 22(Suppl 22): 144-154. doi: 10.1111/jcpe.13269.
- [8] Kursoglu P, Gursoy H. Removal of fractured laminate veneers with Er: YAG laser: report of two cases[J]. *Photomed Laser Surg*, 2013, 31(1): 41-43. doi: 10.1089/pho.2012.3410.
- [9] Oztoprak MO, Tozlu M, Iseri U, et al. Effects of different application durations of scanning laser method on debonding strength of laminate veneers[J]. *Lasers Med Sci*, 2012, 27(4): 713-716. doi:

- 10.1007/s10103-011-0959-1.
- [10] Iseri U, Oztoprak MO, Ozkurt Z, et al. Effect of Er: YAG laser on debonding strength of laminate veneers[J]. Eur J Dent, 2014, 8(1): 58-62. doi: 10.4103/1305-7456.126243.
- [11] Rechmann P, Buu NC, Rechmann BM, et al. Laser all-ceramic crown removal-a laboratory proof-of-principle study-phase 2 crown debonding time[J]. Lasers Surg Med, 2014, 46(8): 636-643. doi: 10.1002/lsm.22280.
- [12] Grzech-Lesniak K, Bencharit S, Skrjanc L, et al. Utilization of Er: YAG laser in retrieving and reusing of Lithium disilicate and zirconia monolithic crowns in natural teeth: an *in vitro* study[J]. Appl Sci (Basel), 2020, 10(12): 4357.
- [13] Elkharashi A, Grzech-Leśniak K, Deeb JG, et al. Exploring the use of pulsed Erbium lasers to retrieve a zirconia crown from a zirconia implant abutment[J]. PLoS One, 2020, 15(6): e0233536. doi: 10.1371/journal.pone.0233536.
- [14] Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 1965, 19(65): 515-530. doi: 10.1016/0030-4220(65)90015-0.
- [15] Baldissara P, Catapano S, Scotti R. Clinical and histological evaluation of thermal injury thresholds in human teeth: a preliminary study[J]. J Oral Rehabil, 1997, 24(11): 791-801. doi: 10.1046/j.1365-2842.1997.00566.x.
- [16] Rechmann P, Buu NC, Rechmann BM, et al. Laser all-ceramic crown removal and pulpal temperature--a laboratory proof-of-principle study[J]. Lasers Med Sci, 2015, 30(8): 2087-2093. doi: 10.1007/s10103-015-1738-1.
- [17] Albalkhi M, Swed E, Hamadah O. Efficiency of Er: YAG laser in debonding of porcelain laminate veneers by contact and non-contact laser application modes (*in vitro* study)[J]. J Esthet Restor Dent, 2018, 30(3): 223-228. doi: 10.1111/jerd.12361.
- [18] Morford CK, Buu NC, Rechmann BM, et al. Er: YAG laser debonding of porcelain veneers[J]. Lasers Surg Med, 2011, 43(10): 965-974. doi: 10.1002/lsm.21144.
- [19] Karagoz-Yildirim M, Gozneli R. Evaluation of rebonding strengths of leucite and Lithium disilicate veneers debonded with an Er: YAG laser[J]. Lasers Med Sci, 2020, 35(4): 853-860. doi: 10.1007/s10103-019-02872-8.
- [20] Kellesarian SV, Ros MV, Aldosary KM, et al. Laser-assisted removal of all ceramic fixed dental prostheses: a comprehensive review[J]. J Esthet Restor Dent, 2018, 30(3): 216-222. doi: 10.1111/jerd.12360.
- [21] Tocchio RM, Williams PT, Mayer FJ, et al. Laser debonding of ceramic orthodontic brackets[J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 1993, 103(2): 155-162. doi: 10.1016/S0889-5406(05)81765-2.
- [22] Nalbantgil D, Oztoprak MO, Tozlu M, et al. Effects of different application durations of ER: YAG laser on intrapulpal temperature change during debonding[J]. Lasers Med Sci, 2011, 26(6): 735-740. doi: 10.1007/s10103-010-0796-7.
- [23] Grzech-Leśniak K, Bencharit S, Dalal N, et al. *In vitro* examination of the use of Er: YAG laser to retrieve Lithium disilicate crowns from Titanium implant abutments[J]. J Prosthodont, 2019, 28(6): 672-676. doi: 10.1111/jopr.13077.
- [24] Tak O, Sari T, Arslan MM, et al. The effect of transmitted Er:YAG laser energy through a dental ceramic on different types of resin cements[J]. Lasers Surg Med, 2015, 47(7): 602-607. doi: 10.1002/lsm.22394.
- [25] Deeb JG, Mccall C, Carrico CK, et al. Retrieval of prefabricated zirconia crowns with Er, Cr: YSGG laser from primary and permanent molars[J]. Materials (Basel), 2020, 13(23): 5569. doi: 10.3390/ma13235569.

(编辑 周春华)



官网