

[DOI] 10.12016/j.issn.2096-1456.2021.06.012

· 综述 ·

## 影响牙齿美白效果的因素


周美西<sup>1</sup>, 朱琳虹<sup>2</sup>

1. 宁夏医科大学口腔医学院, 宁夏 银川(750003); 2. 宁夏医科大学总医院口腔医院综合科, 宁夏 银川(750004)

**【摘要】** 牙齿美白技术在口腔临床诊疗中的应用日益广泛,以漂白技术为主的非侵入性牙齿美白因其独特的不破坏牙体硬组织的优越性,成为许多牙齿着色患者的选择。不同类型着色牙能达到的美白效果不一样,其中四环素牙的漂白疗效不及氟斑牙。过氧化氢漂白剂与含同等浓度过氧化氢的过氧化脲漂白剂的漂白效果接近,而在过氧化物漂白剂中加入诸如菠萝蛋白酶等无过氧化物试剂能提高牙齿美白效果;低浓度的漂白剂延长作用时间能达到高浓度漂白剂的牙齿美白效果。目前pH值对牙齿美白效果的影响仍存有争议;激光与传统的过氧化物漂白剂结合能有效提高牙齿美白效果;联合牙釉质微研磨与过氧化物牙齿漂白剂能使氟斑牙的美白效果更佳。本综述通过分析牙齿着色原因、漂白剂的性质、激光微研磨的应用及漂白后牙齿组织的改变探讨以漂白技术为主的非侵入性牙齿美白效果的影响因素。

**【关键词】** 牙齿美白; 牙齿漂白; 漂白剂; 过氧化氢; 过氧化脲; pH值; 激光; 釉质微研磨

**【中图分类号】** R78 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2021)06-0428-05



开放科学(资源服务)标识码(OSID)

**【引用著录格式】** 周美西,朱琳虹.影响牙齿美白效果的因素[J].口腔疾病防治,2021,29(6):428-432. doi:10.12016/j.issn.2096-1456.2021.06.012.

**Factors affecting tooth whitening effect** ZHOU Meixi<sup>1</sup>, ZHU Linhong<sup>2</sup>. 1. School of Stomatology, Ningxia Medical University, Yinchuan 750003, China; 2. Department of Stomatology, General Hospital of Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China

Corresponding author: ZHU Linhong, Email: zxmzlh@sina.com, Tel: 86-951-6744031

**【Abstract】** The application of tooth whitening technology in oral clinical diagnosis and treatment is becoming increasingly widespread. Non-invasive tooth whitening based on bleaching technology has become the choice of many patients with tooth discoloration because of its unique advantage of not destroying the hard tissue of the tooth. The whitening effects differ according to the causes and degrees of tooth discoloration. The effect of bleaching on tetracycline teeth is not as good as that of fluorosis teeth. The bleaching effect of hydrogen peroxide bleaching agents is similar to that of urea peroxide bleaching agents with the same concentration of hydrogen peroxide. The addition of non-peroxide agents such as bromelain to peroxide bleaching agents can improve the whitening effect on teeth. The whitening effect of a high-concentration bleaching agent can be achieved by using a low-concentration bleaching agent for a prolonged the working time. The effect of pH on tooth whitening is still controversial; the combination of lasers and traditional peroxide bleaching agents can effectively improve the whitening effect of teeth. The combination of enamel micro-grinding and peroxide tooth bleaching agents can improve the whitening effect in cases of dental fluorosis. This review analyzes the causes of tooth staining, the properties of bleaching agents, the application of laser microgrinding and the changes in tooth tissue after bleaching to discuss the influencing factors of the non-invasive tooth whitening effect mainly based on bleaching techniques.

**【Key words】** tooth whitening; tooth bleaching; bleaching agents; hydrogen peroxide; carbamide peroxide;

**【收稿日期】** 2020-04-23; **【修回日期】** 2020-07-15

**【基金项目】** 2020年宁夏回族自治区科技惠民计划专项项目(2020CMG03020);宁夏卫生和计划生育委员会卫生计生适宜技术推广项目(201801)

**【作者简介】** 周美西, 医师, 硕士研究生, Email: 2419994196@qq.com

**【通信作者】** 朱琳虹, 主任医师, 学士, Email: zxmzlh@sina.com, Tel: 86-951-6744031

pH value; laser; enamel microabrasion

**J Prev Treat Stomatol Dis, 2021, 29(6): 428-432.**

**【Competing interests】** The authors declare no competing interests.

This study was supported by the grants from Promotion Project of Appropriate Technology for Health and Family Planning of Ningxia Health and Family Planning Commission (No.201801) & Special Project of 2020 Autonomous Region Science and Technology Benefit the People Program (No. 2020CMG03020).

人们对洁白牙齿的追求,使得牙齿美白技术在口腔临床诊疗中的地位日益趋升。牙齿美白是任何使牙齿颜色变白的过程,美白可以通过物理去除污渍或通过化学反应来淡化牙齿颜色来完成。漂白被定义为色原的化学降解<sup>[1]</sup>。目前临床上的牙齿美白技术大致分为:以漂白技术为主的非侵入性牙齿美白和以贴面为代表的的侵入性牙齿美白。非侵入性牙齿美白因其独特的不破坏牙体硬组织的优越性,成为许多牙齿着色患者的选择。本文从牙齿漂白技术入手,探讨牙齿着色的原因、漂白剂的性质、激光以及微研磨等对漂白剂与牙齿之间氧化还原反应的影响,以及漂白对牙齿组织的影响,进而探讨以漂白技术为主的非侵入性牙齿美白效果的影响因素。

## 1 牙齿变色原因对牙齿美白疗效的影响

着色牙根据病因分为内源性着色牙和外源性着色牙两大类。饮料、食物及附着在牙齿表面的菌斑等造成的外源性着色一般可通过超声波洁牙、喷砂洁牙等常规口腔卫生清洁措施即可去除。而外伤、釉质发育不全、四环素类药物及氟化物等造成的内源性着色常需牙齿漂白或全冠修复等技术进行治疗。氟斑牙着色主要位于牙釉质,四环素牙着色位置常在牙本质,相较而言,四环素牙的漂白效果不及氟斑牙和生理性黄牙<sup>[2]</sup>。不同患者牙齿变色的原因各有不同,因此有必要研究牙齿变色原因以便更好地诊断并能够选择最合适的美白治疗<sup>[3]</sup>。

## 2 漂白剂对牙齿漂白效果的影响

### 2.1 漂白剂的类型

目前临床应用最广泛的漂白剂是过氧化氢(hydrogen peroxide, HP)和过氧化脲(carbamide peroxide, CP)。Mounika等<sup>[4]</sup>进行的临床实验表明,35%过氧化氢的诊室漂白与16%过氧化脲的家庭漂白均能达到牙齿增白的效果;与家庭漂白相比,

进行诊室漂白的牙齿敏感性更高,色彩反弹更大。但是另一研究表明在家庭和诊室漂白的总体比较中,均未发现牙齿敏感的程度或漂白治疗的有效性差异。不过,该比较未考虑所研究的漂白技术的方案,即每日使用时间、漂白次数和产品浓度(质量分数)的变化<sup>[5]</sup>。另外Botelho等<sup>[6]</sup>在一项探讨两种不同家庭漂白方式对四环素牙疗效的研究中,得出结论,6.5%过氧化氢与15%的过氧化脲可达到同样的美白效果。

Kwon等<sup>[7]</sup>比较了在不同黏度条件下10%过氧化氢凝胶的增白效果及过氧化氢的渗透水平,发现当暴露时间和浓度保持恒定时,牙齿美白效果不受凝胶或传递系统流变特性的影响。但过氧化氢渗透水平受材料黏度的影响,低黏度材料在髓腔中表现出较高的渗透水平,这可能与低黏度凝胶增加牙齿敏感性有关。

因过氧化物漂白存在牙敏感、牙龈刺激等副作用,现有不少研究试图寻找过氧化物的天然替代物(如木瓜蛋白酶、菠萝蛋白酶等无过氧化物漂白剂),或与过氧化物相关的红薯提取物、乳过氧化物酶和过氧化物酶等作为新型漂白剂。虽然Ribeiro等<sup>[8]</sup>发现这些无过氧化物试剂加到过氧化物漂白剂中可以改善漂白效果。Vekaash等<sup>[9]</sup>的研究也表明,在双氧水中加菠萝提取液作漂白剂,漂白效果更好。但是目前尚未有文献支持这些天然试剂单独作为牙齿漂白剂。

### 2.2 漂白剂的浓度及作用时间

影响含过氧化物漂白剂牙齿美白效果的关键因素还有过氧化物的浓度和作用时间。Lima等<sup>[10]</sup>研究表明,35%过氧化氢比15%过氧化氢更有效,但高浓度会给患者带来更大的牙敏感风险性。Farawati等<sup>[11]</sup>用不同浓度过氧化脲进行体外实验,发现使用较高的浓度,牙齿增白效果不会随时间增加而增加。Grazioli等<sup>[12]</sup>认为15%的过氧化氢是最大有效浓度,较高的过氧化氢浓度会使牙釉质硬度、表面形态改变的可能性增加,但不会改善美

白效果。Bortolatto等<sup>[13]</sup>也支持就牙齿敏感性而言,诊室漂白应首选使用较低浓度的漂白剂。

影响含过氧化物漂白剂牙齿美白效果的关键因素还有过氧化物的浓度和作用时间。Lima等<sup>[10]</sup>研究表明,35%过氧化氢比15%过氧化氢更有效,但高浓度会给患者带来更大的牙敏感风险性。Farawati等<sup>[11]</sup>用不同浓度(20%,35%和44%)过氧化脲进行15 d的体外牙齿漂白实验,并在5、10、15 d进行牙齿颜色测量,发现不同浓度的过氧化脲其美白效果没有表现出差异,使用较高的浓度的漂白剂,牙齿美白效果不会随时间增加而增加。Grazioli等<sup>[12]</sup>认为15%的过氧化氢是最大有效浓度,较高的过氧化氢浓度会使牙釉质硬度、表面形态改变的可能性增加,但不会改善美白效果。Bortolatto等<sup>[13]</sup>在临床试验中,使用6%过氧化氢与35%过氧化氢进行两次诊室漂白后,发现就牙齿敏感性而言,诊室漂白应首选使用较低浓度(6%过氧化氢)的漂白剂。

### 2.3 漂白剂 pH 值

临床常用的漂白材料,常由两支注射器组成,一支注射器包含不同浓度的过氧化氢,另一个包含pH值调节剂、增稠剂及催化剂。Ito等<sup>[14]</sup>在研究pH值调节剂对牙齿漂白影响的研究中表明,相同pH值和不同pH值调节剂的漂白材料表现出不同的漂白效果,pH值调节剂中的阳离子和阴离子对漂白效果均有影响。Sharma等<sup>[15]</sup>证实,改变pH值可以诱发不同的自由基,同时认为这些自由基可能与漂白的安全性有关。但Bersezio等<sup>[16]</sup>比较了用两种不同pH值的过氧化氢凝胶进行诊室漂白所产生的1年漂白效果,发现使用中性(pH=7.0)漂白凝胶进行漂白显示出与酸性(pH=2.0)漂白凝胶类似的稳定性和回弹效果。Lilaj<sup>[17]</sup>等比较了含不同浓度过氧化氢的九种漂白剂的牙齿美白效果(Opalescence<sup>®</sup>PF 10%,含3.6%HP,pH=6.5;Philips ZOOM NiteWhite<sup>®</sup>16%,含5.8%HP,PH=6.0~7.0;Philips ZOOM DayWhite<sup>®</sup>6%,含6%HP,pH=6.0~7.0;Philips ZOOM<sup>®</sup>6%,含6%HP,pH=7.0~8.5;Magic White<sup>®</sup>6%,含0%HP,为空白对照;Smartbleach<sup>®</sup>6%,含6%HP,pH=9.5~10.0;Philips ZOOM<sup>®</sup>25%,含25%HP,pH=7.0~9.0;Opalescence<sup>®</sup>Boost 40%,含40%HP,pH=6.0~8.5;Philips Dash<sup>®</sup>30%,含30%HP,PH=4.8~5.2),发现不同浓度过氧化氢漂白剂均能产生增白效果,但随着pH值的降低,暴露时间(45 min~84 h)的增加和过氧化氢浓

度(质量分数为6%~30%)的增加,釉质发生变化,pH值大的漂白剂能产生有效的漂白效果,并且对牙釉质和被测细胞的破坏作用较小。不过Jurema等<sup>[18]</sup>在比较了不同pH值(5、7、8.4)的35%过氧化氢漂白剂的漂白效果后发现,35%的过氧化氢(5、7、8.4)均可产生有效的牙齿美白效果,凝胶pH值的变化并不会影响美白效果,并且无论pH值如何,釉质硬度都会有所降低。

### 3 激光对牙齿美白效果的影响

Luong等<sup>[19]</sup>研究表明,光源影响过氧化氢的漂白。光激活漂白剂增加了自由基的生成速度,增加了氧化能力,从而减少临床治疗时间。Fekrazad等<sup>[20]</sup>研究表明,激光辅助漂白和强力漂白技术均能够改变牙齿颜色的变化,但激光漂白技术被认为是一种更有效的方法。光源的引入明显提高了特定组成的漂白药剂的漂白效率。Domínguez等<sup>[21]</sup>认为与漂白剂相比,照射来源对牙齿美白效果的影响更大。

目前对于哪种激光对牙齿美白的颜色变化最有效仍存在争议。尽管Maran等<sup>[22]</sup>认为在不考虑研究中的漂白技术方案及过氧化氢浓度的条件下,诊室漂白凝胶的光激活似乎没有改善颜色变化或影响牙齿敏感性。但是Shahabi等<sup>[23]</sup>在比较了应用KTP(Nd:YAG的二次谐波)、CO<sub>2</sub>、LED、Nd:YAG、二极管等激光的漂白效果后,发现KTP激光漂白能达到更有效的美白效果。付国等<sup>[24]</sup>在比较了传统药物托盘漂白技术与Nd:YAG激光漂白技术后,得出结论认为激光牙齿美白技术的有效性及其稳定性优于传统漂白法。

### 4 微研磨对牙齿美白效果的影响

Pini等<sup>[25]</sup>认为釉质微研磨是一种有效的牙齿美白技术。这项技术通过最小的釉质损失,得到一个光滑且有光泽的釉质表面。微研磨用于治疗局限于釉质组织的斑点病变,临床上常将其与家庭漂白或诊室漂白进行联合治疗氟斑牙。Sundfeld等<sup>[26]</sup>认为,微磨后的牙釉质较薄,呈淡黄色,牙本质组织颜色更明显。在此基础上,结合使用含过氧化脲的个性化托盘能改善牙齿颜色,从而使患者可以受益于联合牙釉质微研磨及牙齿漂白的治疗。Perete等<sup>[27]</sup>发现,尽管牙釉质微研磨通过降低牙齿的亮度及增加牙齿的红度而改变牙齿颜色,但其并不影响高浓度(35%)过氧化氢漂白剂漂白

牙齿的最终漂白效果。不过该研究所用的牙都是没有任何牙釉质变色(氟中毒、白垩斑病变)的牙齿,因此这一结论是否存在一定的片面性仍有待进一步论证。

## 5 漂白对牙齿组织的影响

高浓度的过氧化物漂白牙齿可能对牙齿的组成和结构产生不利影响,Zanolla等<sup>[28]</sup>认为每天使用10%过氧化脲漂白凝胶6~8 h,连续使用7 d、14 d或21 d,牙釉质的显微硬度不会降低。而Kury等<sup>[29]</sup>评估了两种激活源(紫外线辐射-LED、非热大气等离子体-NTAP)激活美白凝胶(35%的过氧化氢、37%的过氧化脲)的诊室漂白的牙齿美白效果,发现应用漂白凝胶(过氧化氢或过氧化脲)后,激活原不会对牙釉质的磷酸盐和碳酸盐浓度产生不利影响。当用含过氧化氢的漂白凝胶处理时,LED光源发出的可见光辐射会对样品的Ca/P比产生不利影响。Eskelsen等<sup>[30]</sup>也认为漂白过程促进了牛牙釉质表面的变化,并增加了略微脱盐的牙釉质的脱矿质,但不影响健全牙釉质的矿物质含量。

基于此,不少学者深入探讨了漂白中何种因素影响牙釉质硬度。Fatima等<sup>[31]</sup>发现用38%的过氧化氢和16%的过氧化脲漂白对牙釉质的表面显微硬度影响不显著。Polydorou等<sup>[32]</sup>也认为,就对人牙釉质的影响而言,用40% $H_2O_2$ 进行诊室漂白似乎与家庭漂白一样安全。

## 6 小结

综上所述,牙齿美白效果受多种因素影响,正确分析着色牙的变色原因从而做出合理诊断对漂白方案的制定至关重要。过氧化氢漂白凝胶的漂白效果近似于与同等过氧化氢浓度的过氧化脲凝胶的漂白效果。延长低浓度(质量分数为6%、10%、15%、20%)漂白剂的作用时间,其漂白效果接近高浓度(质量分数为35%、40%)的漂白剂,然而高浓度漂白剂的快速漂白可能会增加牙齿敏感及牙龈刺激等副作用,需进一步研究是否可在牙齿漂白过程中,通过应用非过氧化物漂白剂、催化剂、pH调节剂、激光及釉质微研磨等方法以使低浓度漂白剂即可达到快速、安全、高效的美白效果,从而减轻漂白后牙齿的不良反应。

**[Author contributions]** Zhou MX collected the references and wrote the article. Zhou LH revised the article. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

## 参考文献

- Carey CM. Tooth whitening: what we now know[J]. J Evid Based Dent Pract, 2014, 14(Suppl): 70 - 76. doi: 10.1016/j.jebdp.2014.02.006.
- 徐英新. Beyond冷光美白疗效的患者满意度调查[J]. 口腔医学研究, 2016, 32(1): 67-70.  
Xu YX. Patients' satisfaction survey on the efficacy of Beyond cold light whitening[J]. Stomatol Res, 2016, 32 (1): 67-70.
- Rodríguez-Martínez J, Valiente M, Sánchez-Martín MJ. Tooth whitening: from the established treatments to novel approaches to prevent side effects[J]. J Esthet Restor Dent, 2019, 31(5): 431-440. doi: 10.1111/jerd.12519.
- Mounika A, Mandava J, Roopesh B, et al. Clinical evaluation of color change and tooth sensitivity with in-office and home bleaching treatments[J]. Indian J Dent Res, 2018, 29(4): 423-427. doi: 10.4103/ijdr.IJDR\_688\_16.
- de Geus JL, Wambier LM, Kossatz S, et al. At-home vs in-office bleaching: a systematic review and meta-analysis[J]. Oper Dent, 2016, 41(4): 341-356. doi: 10.2341/15-287-LIT.
- Botelho MG, Chan A, Newsome P, et al. A randomized controlled trial of home bleaching of tetracycline-stained teeth[J]. J Dent, 2017, 67: 29-35. doi: 10.1016/j.jdent.2017.05.003.
- Kwon SR, Pallavi F, Shi Y, et al. Effect of bleaching gel viscosity on tooth whitening efficacy and pulp chamber penetration: an *in vitro* study[J]. Oper Dent, 2018, 43(3): 326-334. doi: 10.2341/17-099-L.
- Ribeiro JS, De Oliveira DW, Da Silva AF, et al. Efficacy of natural, peroxide-free tooth-bleaching agents: a systematic review, meta-analysis, and technological prospecting[J]. Phytother Res, 2020, 34(5): 1060-1070. doi: 10.1002/ptr.6590.
- Vekaash CV, Reddy TK, Venkatesh KV. Effect of vital bleaching with solutions containing different concentrations of hydrogen peroxide and pineapple extract as an additive on human enamel using reflectance spectrophotometer: an *in vitro* study[J]. J Conserv Dent, 2017, 20(5): 337-340. doi: 10.4103/JCD.JCD\_197\_17.
- Lima S, Ribeiro IS, Grisotto MA, et al. Evaluation of several clinical parameters after bleaching with hydrogen peroxide at different concentrations: a randomized clinical trial[J]. J Dent, 2018, 68: 91-97. doi: 10.1016/j.jdent.2017.11.008.
- Farawati F, Hsu SM, O'neill E, et al. Effect of carbamide peroxide bleaching on enamel characteristics and susceptibility to further discoloration[J]. J Prosthet Dent, 2019, 121(2): 340 - 346. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.03.006.
- Grazioli G, Valente LL, Isolani CP, et al. Bleaching and enamel surface interactions resulting from the use of highly-concentrated bleaching gels[J]. Arc Oral Biol, 2018, 87: 157-162. doi: 10.1016/j.archoralbio.2017.12.026.
- Bortolato JF, Trevisan TC, Bernardi PS, et al. A novel approach for in-office tooth bleaching with 6%  $H_2O_2/TiO_2$  and LED/laser system - a controlled, triple-blinded, randomized clinical trial[J]. Lasers Med Sci, 2016, 31(3): 437-444. doi: 10.1007/s10103-016-1866-2.

- [14] Ito Y, Otsuki M, Tagami J. Effect of pH conditioners on tooth bleaching[J]. *Clin Exp Dent Res*, 2019, 5(3): 212 - 218. doi: 10.1002/cre2.172.
- [15] Sharma H, Sharma DS. Detection of hydroxyl and perhydroxyl radical generation from bleaching agents with nuclear magnetic resonance spectroscopy[J]. *J Clin Pediatr Dent*, 2017, 41(2): 126-134. doi: 10.17796/1053-4628-41.2.126.
- [16] Bersezio C, Martín J, Prieto MV, et al. One-year bleaching efficacy using two HP products with different pH: a double-blind randomized clinical trial[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2019, 31(5): 493-499. doi: 10.1111/jerd.12505.
- [17] Lilaj B, Dauti R, Agis H, et al. Comparison of bleaching products with up to 6% and with more than 6% hydrogen peroxide: whitening efficacy using BI and WID and side effects - an *in vitro* study [J]. *Front Physiol*, 2019, 10: 919. doi: 10.3389/fphys.2019.00919.
- [18] Jurema A, De Souza MY, Torres C, et al. Effect of pH on whitening efficacy of 35% hydrogen peroxide and enamel microhardness [J]. *J Esthet Restor Dent*, 2018, 30(2): e39 - e44. doi: 10.1111/jerd.12367.
- [19] Luong MN, Otsuki M, Shimada Y, et al. Effect of lights with various wavelengths on bleaching by 30% hydrogen peroxide[J]. *Lasers Med Sci*, 2019, 34(5): 901 - 906. doi: 10.1007/s10103-018-2670-y.
- [20] Fekrazad R, Alimazandarani S, Kalhori KA, et al. Comparison of laser and power bleaching techniques in tooth color change[J]. *J Clin Exp Dent*. 2017, 9(4): e511-e515. doi: 10.4317/jced.53435.
- [21] Domínguez A, García JA, Costela A, et al. Influence of the light source and bleaching gel on the efficacy of the tooth whitening process[J]. *Photomed Laser Surg*, 2011, 29(1): 53 - 59. doi: 10.1089/pho.2009.2751.
- [22] Maran BM, Burey A, de Paris MT, et al. In-office dental bleaching with light vs. without light: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Dent*, 2018, 70: 1-13. doi: 10.1016/j.jdent.2017.11.007.
- [23] Shahabi S, Assadian H, Mahmoudi NA, et al. Comparison of tooth color change after bleaching with conventional and different light-activated methods[J]. *J Lasers Med Sci*, 2018, 9(1): 27 - 31. doi: 10.15171/jlms.2018.07.
- [24] 付国, 李文超, 俎威. Nd: YAG激光在牙齿漂白中的临床应用 [J]. *中国医药指南*, 2017, 15(34): 47 - 48. doi: 10.15912/j.cnki.gocm.2017.34.035.
- Fu G, Li WC, Ju W. Clinical application of Nd: YAG laser in tooth bleaching[J]. *Chin Med Guide*, 2017, 15(34): 47 - 48. doi: 10.15912/j.cnki.gocm.2017.34.035.
- [25] Pini NI, Sundfeld-Neto D, Aguiar FH, et al. Enamel microabrasion: an overview of clinical and scientific considerations[J]. *World J Clin Cases*, 2015, 3(1): 34 - 41. doi: 10.12998/wjcc.v3.i1.34.
- [26] Sundfeld RH, Rahal V, De AR, et al. Smile restoration through use of enamel microabrasion associated with tooth bleaching[J]. *Compend Contin Educ Dent*, 2011, 32(3): e53-e57.
- [27] Perete-De-Freitas CE, Silva PD, Faria EA. Impact of microabrasion on the effectiveness of tooth bleaching[J]. *Braz Dent J*, 2017, 28(5): 612-617. doi: 10.1590/0103-6440201601494.
- [28] Zanolli J, Marques A, da Costa DC, et al. Influence of tooth bleaching on dental enamel microhardness: a systematic review and meta-analysis[J]. *Aust Dent J*. 2017, 62(3): 276 - 282. doi: 10.1111/adj.12494.
- [29] Kury M, De Moura AF, Soares L, et al. Effects of violet radiation and nonthermal atmospheric plasma on the mineral contents of enamel during in-office dental bleaching[J]. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 2020: 101848. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.101848.
- [30] Eskelsen E, Catelan A, Hernades N, et al. Physicochemical changes in enamel submitted to pH cycling and bleaching treatment[J]. *Clin Cosmet Investig Dent*, 2018, 10: 281-286. doi: 10.2147/CCI-DE.S184683.
- [31] Fatima N, Ali AS, Meo AA. *In vitro* comparative study of two different bleaching agents on micro-hardness dental enamel[J]. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2016, 26(2): 83-86.
- [32] Polydorou O, Scheitza S, Spraul M, et al. The effect of long-term use of tooth bleaching products on the human enamel surface[J]. *Odontology*, 2018, 106(1): 64-72. doi: 10.1007/s10266-017-0308-3.

(编辑 张琳,管东华)



官网



公众号