

· 口腔医学研究 ·

Nd:YAG激光联合 Gluma 脱敏剂对牙本质过敏患牙的疗效评价

张丽瑾,李璐,徐艳*,王晓茜*

南京医科大学口腔疾病研究江苏省重点实验室,南京医科大学附属口腔医院牙周科,江苏 南京 210029

[摘要] **目的:**慢性牙周炎的患牙常会因牙龈退缩或根面暴露而出现牙本质过敏症状(dentin hypersensitive, DH)。本研究的目的是比较Nd:YAG激光、Gluma脱敏剂及二者联合使用处理牙本质片改变,并评价治疗敏感患牙的疗效。**方法:**将因重度牙周炎拔除的48颗患牙制成牙本质片,随机分为对照组、Nd:YAG激光组、Gluma脱敏剂组、Gluma+Nd:YAG激光组,扫描电镜(scanning electronic microscope, SEM)观察处理后牙本质小管暴露情况。纳入30例牙周炎患者的100颗DH患牙,随机分为4组(同上),采用视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)评估临床患者治疗前及治疗后1个月内对温度及机械刺激敏感度的变化。**结果:**SEM观察结果显示,Nd:YAG激光组、Gluma脱敏剂组、Gluma+Nd:YAG激光组牙本质片小管管径较对照组均变小,其中Gluma+Nd:YAG组牙本质小管暴露率最小,与对照组差异有统计学意义($P < 0.05$)。Nd:YAG激光组、Gluma脱敏剂组、Gluma+Nd:YAG激光组患牙VAS值较治疗前均明显降低,其中Gluma+Nd:YAG组变化最明显,与对照组差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:**Gluma+Nd:YAG联合治疗DH,较单独使用Nd:YAG激光或Gluma脱敏剂,能更有效减少暴露的牙本质小管、减轻患牙牙本质敏感程度。

[关键词] 牙周炎;牙本质过敏;Nd:YAG激光;Gluma脱敏剂

[中图分类号] R781.4

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2019)09-1389-06

doi:10.7655/NYDXBNS20190927

Efficacy evaluation of dentin hypersensitivity treated by Nd:YAG laser combined Gluma tooth desensitizing agent

Zhang Lijin, Li Lu, Xu Yan*, Wang Xiaoqian*

Jiangsu Key Laboratory of Oral Diseases, Department of Periodontology, the Affiliated Stomatological Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

[Abstract] **Objective:** Chronic periodontitis patients often suffer from dentin hypersensitivity (DH) due to gingival recession or root surface exposure. The aim of the study is to evaluate the changes of dentin tablets and hypersensitivity teeth after Nd:YAG laser, Gluma desensitizer and their combination treatment. **Methods:** Forty-eight severe periodontitis teeth were extracted and randomly divided into four groups: Control group, Nd:YAG laser group, Gluma desensitizer group and Gluma+Nd:YAG group. The Scanning electron microscopy (SEM) was used to observe the opening of dentinal tubules. One hundred DH teeth from 30 patients with periodontitis were selected and randomly divided into four groups as above; Visual analogue scale (VAS) was used to assess the sensitivity of clinical patients after temperature and mechanical stimuli at baseline and one month after treatment. **Results:** SEM showed that the diameter of dentinal tubules of Nd:YAG laser group, Gluma desensitizer group and Gluma+Nd:YAG group were smaller than that of the control group ($P < 0.05$), and the exposure rate was significantly decreased in Gluma+Nd:YAG group ($P < 0.05$). The VAS of Nd:YAG laser group, Gluma desensitizer group and Gluma+Nd:YAG group was significantly lower after treatment than before treatment ($P < 0.05$). The Gluma+Nd:YAG group obtained the most effective results than any other groups, which differed significantly from the control group ($P < 0.05$). **Conclusion:** Combining Gluma and Nd:YAG to treat DH can effectively reduce dentinal tubules exposed and the sensitivity of DH teeth.

[基金项目] 国家自然科学基金(81771074);江苏省高校自然科学研究重大项目(16KJA320001);江苏省高层次卫生人才“六个一工程”(LGY2016048);江苏省高校优势学科建设工程资助项目(2018-87);江苏省卫生健康委科研课题(H2018044);江苏省高校自然科学研究项目面上项目(18KJB320012)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: yanxu@njmu.edu.cn; xiaoqian0103@hotmail.com

[key words] periodontitis; dentin hypersensitive; Nd:YAG laser; Gluma desensitiser

[J Nanjing Med Univ, 2019, 39(09): 1389-1394]

牙本质过敏(dentin hypersensitive, DH)是一种由刺激暴露的牙本质而引起的尖锐而短暂疼痛的症状^[1]。现有的几种关于DH发病机制的理论中,认可度最高的为流体动力学理论,该理论认为:牙本质小管内液体的流体动力学变化在暴露的牙本质中是激活接近髓腔的机械感受器神经的主要原因^[2]。同时许多研究表明,显微镜下牙本质小管的直径在DH中显著增加,这与牙本质小管内液体的流体动力学理论一致^[3-4]。

牙周炎患者通常会因附着丧失,导致牙龈退缩及根面暴露。同时,牙周基础治疗的过程中很可能会造成患者根面组织清除过度导致牙本质小管暴露,从而出现或加重DH症状。一项系统评价显示牙周治疗后根面敏感发生率约54%^[5]。

20世纪80年代后期有学者开始引进激光治疗DH。近年来,激光作为一种新型治疗手段,凭借其操作简单、起效迅速、疗效持久等优势,被越来越多的口腔医生青睐^[6-7]。Al-Saud等^[8]认为在众多激光器中,Nd:YAG激光可能是针对DH最有效的一种激光。Dilsiz等^[9]认为Nd:YAG激光对牙龈退缩的牙齿脱敏比二极管激光更有效。

脱敏剂既可以在家中局部施用,也可以由专业口腔医生在诊室施用。诊室内的操作优势在于口腔专业人员可以提供范围更广及更有效的脱敏剂,从而效果更好。Gluma是临床常用的一种脱敏剂,主要成分为戊二醛,能够作用于血清蛋白,封闭牙本质小管^[10]。

本研究目的在于比较Nd:YAG激光及Gluma脱敏剂处理牙本质小管闭塞方面的效果,同时评价几种不同方法对临床患者脱敏的效果。

1 材料和方法

1.1 材料

超声洁牙机(Piezon公司,瑞士);Gracey刮治器(Hu-Friedy公司,美国);舒镭适水雾激光牙科治疗机(成都航天世都公司);15%乙二胺四乙酸(ethylene diamine tetraacetic acid, EDTA)凝胶(RC-Prep公司,美国);Gluma脱敏剂(贺利氏公司,德国);Isomet低速切割机(Buehler公司,美国);扫描电子显微镜(Scan-

ning Electronic Microscope, SEM, Hitachi S-3400N, 日立公司,日本);手持热成像仪(Flir公司,美国)。

1.2 方法

1.2.1 离体牙收集

选取2017年6月—2017年12月就诊于南京医科大学附属口腔医院因重度牙周炎而拔除的前磨牙及磨牙(非第三磨牙)48颗,牙体完整,无修复体及充填体等,均获得患者知情同意。所有牙齿用无菌生理盐水冲洗后,放入4℃冰箱保存备用。

1.2.2 临床志愿者招募

招募2018年5月—2018年9月因牙周炎就诊于牙周科同时出现DH症状的患者30例(女17例,男13例),年龄21~58岁。21~33岁6例, >33~46岁15例, >46~58岁9例。敏感患牙共100颗,前牙39颗,前磨牙45颗,磨牙16颗。患者纳入标准:①患者依从性良好;②患牙牙槽骨吸收>1/3根长,附着丧失>1 mm;③敏感患牙≥3颗/例;④患者敏感患牙无明显牙体缺损或治疗史;⑤无系统性疾病。排除标准:①曾接受过脱敏治疗或3个月内曾使用脱敏牙膏;②正在进行正畸治疗;③3个月内曾有过牙齿美白;④无牙体缺损或充填体等;⑤处于备孕期、怀孕期、哺乳期者;⑥过敏性体质,过敏原尚不清楚者;⑦沟通能力障碍者。所有患者均知情同意本研究过程,本研究获得医院伦理委员会审批通过。

1.2.3 分组

将所有实验对象随机分为4组,G1:对照组;G2:Nd:YAG激光组;G3:Gluma脱敏剂组;G4:Gluma+Nd:YAG激光组。离体牙每组12颗,临床患牙每组25颗。

1.2.4 离体牙处理及操作方法

用超声洁牙机将每颗新鲜患牙进行洁治2 min, Gracey刮治器行手工龈下刮治及根面平整2 min,去除大块肉芽组织及牙石后,用Isomet慢速切割机沿牙体垂直方向,釉牙本质界上方2~3 mm处进行牙本质片切割,取约1.5 mm厚牙本质,金刚砂车针在冷却水下修整牙片大小为2.0 mm×3.0 mm×1.5 mm,去离子水冲洗1 min,15%EDTA凝胶涂布牙片表面2 min去除玷污层,去离子水冲洗5 min后,牙片另一面用马克笔标记,将所有牙片放置在平整的表面上

做相应处理(表2)。用Flir手持热成像仪检测激光处理前后牙本质表面及背面的温度变化。处理结束后将所有牙片放入超声震荡仪中震荡10 min,再行梯度脱水,喷金,等待观察。

1.2.5 患者脱敏治疗

用超声洁牙机及Gracey刮治器对患者进行龈上洁治及龈下刮治后,将符合条件的患者纳入实验,对患者进行视觉疼痛模拟评分(visual analogue

表2 各组样本处理方法
Table 2 Sample processing method for each group

(n=12)

组别	处理
G1组	涂布生理盐水60 s
G2组	600 μm 光纤,50 mJ,10 Hz,垂直于样本表面1 mm,照射60 s,分4次,每次间隔10 s,无水,无气,移动速度=1 mm/s
G3组	用小毛刷蘸取少量脱敏剂,将其均匀涂布牙面60 s后轻轻吹干牙面,至液体涂层消失后彻底冲洗
G4组	先涂布Gluma脱敏剂(同G3组),再用Nd:YAG激光照射(同G2组)

scale, VAS)的详细讲解,签署知情同意书。每颗患牙采用抽签法,随机分为4组(同上)。用棉卷阻隔相邻牙,隔湿,每颗患牙操作同上(表2),各组患牙处理完成后,在室温25℃下:①将三用枪垂直牙面1 mm处,向牙颈部吹气2 s,记录患牙温度刺激VAS值;②探针以0.2 N的力划过牙颈部3次,记录患牙机械刺激VAS值。所有操作均由同一名医生完成。

1.2.6 观察指标

牙本质片观察:比较激光治疗前后牙本质小管表面温度变化。SEM观察牙本质片表面牙本质小管封闭程度,观察倍数为1 000倍、3 000倍。通过Image J软件,记录牙本质小管暴露率。

临床患者VAS值记录:VAS评价患牙敏感程度,VAS值从0~10。0:无疼痛;10:疼痛最剧烈。分别在治疗前、治疗后即刻、1周后、1个月后对患者进

行温度和机械刺激VAS值记录。每次每颗患牙记录2次VAS值,取均值。

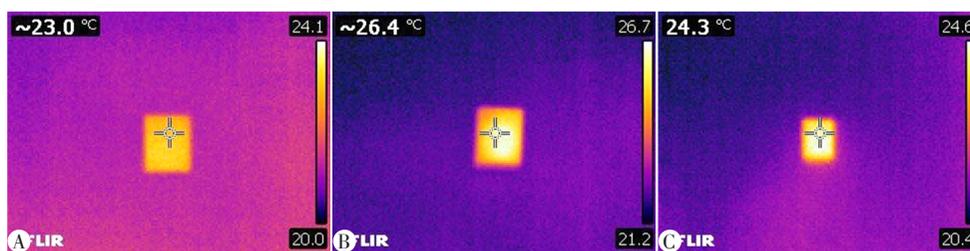
1.3 统计学方法

采用SPSS 22.0软件进行数据分析,数据统计以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示。各组性别分布的比较采用卡方检验,定量资料多组间比较采用单因素方差分析,两两比较采用LSD-*t*检验, $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 离体牙本质

牙本质表面温度变化:激光处理前牙本质片表面温度为23.0℃,处理后牙本质片表面温度为26.4℃,上升3.4℃,牙本质片背面温度为24.3℃,上升1.3℃(图1)。



A: 处理前;B: 处理后牙本质表面;C: 处理后牙本质背面。

图1 激光处理前后牙本质表面温度

Figure 1 Temperature of dentinal before and after Nd:YAG laser treatment

SEM观察离体牙本质片:SEM结果显示,G2、G3、G4组牙本质片表面无明显玷污层及裂纹。G1组牙本质小管完全开放,小管管径较大;G2组牙本质小管大部分融合,部分小管边缘区有缝隙,未完全闭合,牙片熔融表面粗糙不平;G3组牙本质小管未完全闭合,但小管直径变小,牙本质小管内侧可见沉淀物;G4组牙本质小管基本完全闭合,可见牙本质小管基本呈熔融状态,表面较平整(图2)。

Image J分析牙本质小管暴露率结果:G2、G3、G4组牙本质小管开放面积均较G1组小,小管暴露率较对照组低。其中G4组牙本质小管暴露率最低,优于其他3组,G2小管暴露率低于G3组,差异均有统计学意义(表3)。

2.2 患者脱敏治疗效果

结果表明,治疗1个月后,G2、G3、G4组较G1组患牙敏感度均有明显下降(表4,5),其中机械刺激

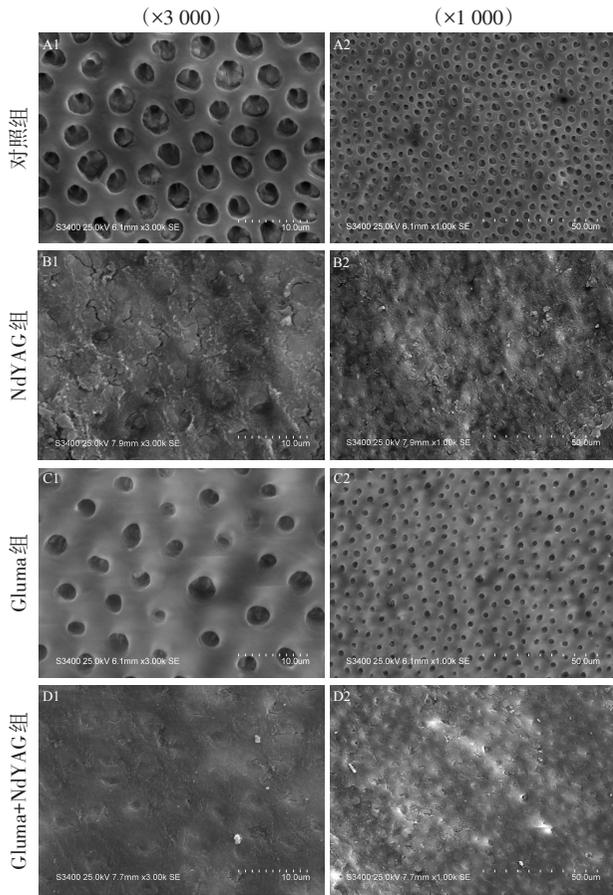


图2 各组牙本质小管SEM观察结果

Figure 2 SEM Observation results of dentinal tubule in each group

较温度刺激敏感度下降更多,但差异无统计学意义。G2、G3、G4组VAS变化率均较对照组高,差异有统计学意义($P < 0.05$,表6,7)。

G2、G3、G4组较G1组术后VAS值均显著降低。温度刺激术后即刻VAS值,G4较G3组低,效果好($P < 0.05$),G2与G3组、G2与G4组差异无统计学意义($P > 0.05$);术后1周,G2较G3组低,效果好($P < 0.05$),G2与G4组差异无统计学意义($P > 0.05$);术后1个月,G4组均较其余3组低,脱敏效果

表3 各组牙本质小管暴露率

Table 3 Dental exposure rate of each group ($\%, \bar{x} \pm s$)

组别	牙本质小管暴露率
G1组(n=12)	47.08 ± 6.54
G2组(n=12)	18.35 ± 5.70*
G3组(n=12)	26.33 ± 6.27**
G4组(n=12)	6.14 ± 3.22** [△]

单因素方差分析: $F=113.710, P < 0.001$ 。与G1组比较,* $P < 0.05$;与G2组比较,** $P < 0.05$;与G3组比较,[△] $P < 0.05$ 。

最好,差异有统计学意义($P < 0.05$)。机械刺激术后1个月,G2组较G3组差异无统计学意义($P > 0.05$),其余结果同温度刺激。

VAS值变化率为术后即刻、1周、1个月与术前VAS的差值与术前VAS值之比。G2、G3、G4组VAS变化率均较G1组高。温度刺激VAS值变化率中,G2组与G4组术后即刻及术后1周变化率均高于G3组($P < 0.05$),G2组与G4组术后即刻及术后1周变化率差异无统计学意义($P > 0.05$),G2组术后1个月变化率高于G3组($P < 0.05$),G4组术后1个月变化率高于G2、G3组($P < 0.05$);机械刺激VAS值变化率中,G2、G3组分别于术后即刻、术后1个月无明显差异($P > 0.05$),其余VAS值变化率同温度刺激。

3 讨论

慢性牙周炎患者常会因附着丧失而出现牙龈退缩、根面暴露等问题,进而容易出现DH症状,而牙周基础治疗过程可能会去除过多牙骨质,从而加剧这一症状^[11]。基于流体力学理论,已有多种治疗方法来缓解DH,主要分为两种,第一种为物理方法,主要使牙本质小管闭塞,阻隔牙髓与口腔环境接触来防止液体流动^[12];另一种为化学方法,主要通过降低神经敏感性来阻断牙本质敏感向中枢传播^[13]。

在各种治疗DH的方法中,激光起到了越来越

表4 各组患牙温度刺激VAS值

Table 4 VAS of thermal stimulation for DH tooth in each group ($\bar{x} \pm s$)

分组	术前	术后即刻	术后1周	术后1个月
G1组(n=25)	5.08 ± 1.06	4.64 ± 0.98	4.38 ± 1.13	4.28 ± 0.97
G2组(n=25)	4.98 ± 0.97	2.86 ± 0.90*	2.20 ± 0.94*	1.66 ± 0.97*
G3组(n=25)	5.08 ± 1.12	3.44 ± 1.36 ^c	3.16 ± 2.12**	2.40 ± 1.70**
G4组(n=25)	5.10 ± 1.17	2.56 ± 1.37* [△]	1.94 ± 0.97* [△]	0.72 ± 0.60** [△]
F值	0.062	15.376	16.153	44.636
P值	0.980	<0.001	<0.001	<0.001

与G1组比较,* $P < 0.05$;与G2组比较,** $P < 0.05$;与G3组比较,[△] $P < 0.05$ 。

表5 各组患牙机械刺激VAS值

Table 5 VAS of mechanical stimulation for DH tooth in each group

($\bar{x} \pm s$)

分组	术前	术后即刻	术后1周	术后1个月
G1组(n=25)	4.82 ± 1.06	4.42 ± 1.12	3.92 ± 1.16	3.64 ± 1.04
G2组(n=25)	4.48 ± 1.16	2.42 ± 1.28*	1.68 ± 1.12*	1.28 ± 1.14*
G3组(n=25)	4.40 ± 1.46	2.82 ± 2.01*	2.54 ± 2.06**	1.70 ± 1.44*
G4组(n=25)	4.56 ± 1.56	1.92 ± 1.38* [△]	1.52 ± 1.12* [△]	0.58 ± 0.59** [△]
F值	0.470	13.238	14.899	35.969
P值	0.704	<0.001	<0.001	<0.001

与G1组比较,*P<0.05;与G2组比较,**P<0.05;与G3组比较,[△]P<0.05。

表6 各组患牙温度刺激VAS值变化率

Table 6 VAS change rate of thermal stimulation for DH tooth in each group

($\bar{x} \pm s$)

分组	术后即刻	术后1周	术后1个月
G1组(n=25)	0.08 ± 0.14	0.14 ± 0.15	0.15 ± 0.11
G2组(n=25)	0.44 ± 0.17*	0.57 ± 0.18*	0.68 ± 0.18*
G3组(n=25)	0.33 ± 0.24**	0.39 ± 0.35**	0.54 ± 0.27**
G4组(n=25)	0.52 ± 0.20* [△]	0.62 ± 0.12* [△]	0.86 ± 0.11** [△]
F值	25.588	25.126	70.743
P值	<0.001	<0.001	<0.001

与G1组比较,*P<0.05;与G2组比较,**P<0.05;与G3组比较,[△]P<0.05。

表7 各组患牙机械刺激VAS值变化率

Table 7 VAS change rate of mechanical stimulation for DH tooth in each group

($\bar{x} \pm s$)

分组	术后即刻	术后1周	术后1个月
G1组(n=25)	0.08 ± 0.12	0.18 ± 0.19	0.24 ± 0.18
G2组(n=25)	0.45 ± 0.31*	0.62 ± 0.25*	0.72 ± 0.25*
G3组(n=25)	0.32 ± 0.49*	0.42 ± 0.38**	0.63 ± 0.25*
G4组(n=25)	0.57 ± 0.26* [△]	0.65 ± 0.19* [△]	0.88 ± 0.12** [△]
F值	10.624	16.809	44.735
P值	<0.001	<0.001	<0.001

与G1组比较,*P<0.05;与G2组比较,**P<0.05;与G3组比较,[△]P<0.05。

重要的作用,疗效可靠^[14-15]。Nd:YAG激光治疗DH的作用机制被认为是热能吸收,导致激光诱导牙本质小管闭塞或小管变窄^[16]。在Nd:YAG激光照射后,一层融化的矿物质在牙本质表面导致牙本质小管闭塞。同时Nd:YAG激光还具有阻断神经传导的作用,Orchardson等^[17]报道了Nd:YAG激光治疗DH的机理就是阻断神经,其认为Nd:YAG激光可以暂时阻断C纤维和A β 纤维的神经传递。然而,高热效应也可能损害牙本质结构:在之前研究中Nd:YAG激光照射牙本质后,在牙本质表面观察到有陨石样坑和微裂纹^[18]。有研究表明,髓腔内温度升高

3.3℃,将对牙髓造成不可逆伤害^[19],髓腔温度升高5.5℃将对成牙本质细胞造成损伤^[20]。有学者发现牙本质厚度小于1mm时,激光照射后可能会导致温度损伤牙髓组织^[21]。然而,Suliman等^[22]发现牙体表面的温度和髓腔内温度因牙本质传递热能不佳而相差较大,在牙髓细胞受损前,体内牙髓中的血液循环能够消散一些热量,充当有效的散热器^[23]。本研究激光参数选择参考了当前文献及Nd:YAG激光建议治疗参数。治疗结束后牙本质表面温度上升约3.4℃,牙本质背面温度上升约1.3℃,本研究采用1.5mm厚的牙本质片,厚度低于正常牙本质厚度,故而可以推测临床中髓腔的温度变化较小,提示该参数下的激光治疗较安全。

Gluma脱敏剂的主要成分为戊二醛,戊二醛能够凝固牙本质小管内的血清白蛋白,堵塞牙本质小管,降低小管渗透性,从而减轻DH症状^[10]。本研究结果显示,使用Gluma脱敏剂后,观察到牙本质小管内有固体沉淀物,但并未完全封闭牙本质小管,可能是因为戊二醛与蛋白质形成的沉淀物不稳定,经冲洗及超声震荡部分脱落^[24],这可能是影响Gluma脱敏剂临床效果的原因。

Nd:YAG激光配合使用Gluma脱敏剂后能够将脱敏剂未封闭的牙本质小管完全封闭,同时将凝固后的蛋白与牙本质小管结合,疗效稳定。Gluma脱敏剂的使用也会降低Nd:YAG激光作用的时间,在完成同样疗效的前提下,降低牙本质受损的可能。

本研究构建暴露的牙本质小管模型,比较单纯使用Nd:YAG激光、脱敏剂及二者联合治疗对牙本质小管封闭的影响,进一步研究各种脱敏方法在临床患者中的应用效果。SEM结果显示,G2、G3、G4组较G1组牙本质小管封闭率高,其中Nd:YAG激光联合Gluma脱敏剂使用,牙本质小管封闭率最高,表面最平整。临床结果显示,G2、G3、G4组患者1个月后DH症状较G1组均不同程度缓解。其中,Nd:

YAG激光联合 Gluma 脱敏剂联合使用,临床患者 DH 症状缓解最好;单独使用 Nd:YAG 激光牙本质小管封闭率比 Gluma 脱敏剂稍好,但二者临床 DH 症状缓解无明显差异。随着时间延长, DH 症状逐渐缓解,可能是由于唾液中的钙磷离子沉淀,加强了脱敏效果。本研究观察到,临床实验中对照组有部分患者在生理盐水涂布后出现 DH 症状缓解的情况,原因可能是患者心理因素导致。评估 DH 不止一种方法,不同刺激方式可能会导致敏感程度不同。本研究通过温度及机械刺激两种方式来评估 DH 程度,同时采用 VAS 变化率来评价脱敏效果,让结果更加客观。

综上所述, Nd:YAG 激光联合 Gluma 脱敏剂能够封闭开放的牙本质小管,减轻 DH 症状,对临床治疗 DH 具有指导意义。

[参考文献]

- [1] Montazerian M, Zanotto ED. Bioactive and inert dental glass-ceramics[J]. *J Biomed Mater Res A*, 2017, 105(2): 619-639
- [2] Berman LH. Dentinal sensation and hypersensitivity. A review of mechanisms and treatment alternatives [J]. *J Periodontol*, 1985, 56(4): 216-222
- [3] Xiao SM, Liang KN, Liu HL, et al. Effect of water-cooled Nd:YAG laser on dentinal tubule occlusion *in vitro* [J]. *Photomed Laser Surg*, 2017, 35(2): 98-104
- [4] Pashley DH. How can sensitive dentine become hypersensitive and can it be reversed? [J]. *J Dent*, 2013, 41(Suppl 4): 49-55
- [5] von Troil B, Needleman I, Sanz M. A systematic review of the prevalence of root sensitivity following periodontal therapy [J]. *J Clin Periodontol*, 2002, 29(Suppl 3): 173-177, 195-196
- [6] Kurt S, Kirtiloglu T, Yilmaz NA, et al. Evaluation of the effects of Er:YAG laser, Nd:YAG laser, and two different desensitizers on dentin permeability: *in vitro* study [J]. *Lasers Med Sci*, 2018, 33(9): 1883-1890
- [7] 姜丹丹,徐艳,王晓茜.不同根面处理方法对重度牙周炎患牙根面的影响[J].*南京医科大学学报(自然科学版)*, 2018, 38(8): 1131-1135
- [8] Al-Saud LM, Al-Nahedh HN. Occluding effect of Nd:YAG laser and different dentin desensitizing agents on human dentinal tubules *in vitro*: a scanning electron microscopy investigation [J]. *Oper Dent*, 2012, 37(4): 340-355
- [9] Dilsiz A, Aydin T, Emrem G. Effects of the combined desensitizing dentifrice and diode laser therapy in the treatment of desensitization of teeth with gingival recession [J]. *Photomed Laser Surg*, 2010, 28(Suppl 2): 69-S74
- [10] Lopes AO, de paula EC, Aranha A. Evaluation of different treatment protocols for dentin hypersensitivity: an 18-month randomized clinical trial [J]. *Lasers Med Sci*, 2017, 32(5): 1023-1030
- [11] Oncu E, Karabekiroglu S, Unlu N. Effects of different desensitizers and lasers on dentine tubules: An *in-vitro* analysis [J]. *Microsc Res Tech*, 2017, 80(7): 737-744
- [12] Maleki-Pour MR, Birang R, Khoshayand M, et al. Effect of Nd:YAG laser irradiation on the number of open dentinal tubules and their diameter with and without smear of graphite: an *in vitro* study [J]. *J Lasers Med Sci*, 2015, 6(1): 32-39
- [13] Shellis RP, Curtis AR. A minimally destructive technique for removing the smear layer from dentine surfaces [J]. *J Dent*, 2010, 38(11): 941-944
- [14] 高平,魏茜茜,严敏,等.激光治疗牙本质敏感的研究进展 [J]. *口腔医学*, 2017, 37(10): 929-931
- [15] 杨久慧,李强,陈永进.激光治疗牙本质过敏症的研究进展 [J]. *口腔医学*, 2018, 38(3): 277-280
- [16] Palazon MT, Scaramucci T, Aranha AC, et al. Immediate and short-term effects of in-office desensitizing treatments for dentinal tubule occlusion [J]. *Photomed Laser Surg*, 2013, 31(6): 274-282
- [17] Orchardson R, Peacock JM, Whitters CJ. Effects of pulsed Nd:YAG laser radiation on action potential conduction in nerve fibres inside teeth *in vitro* [J]. *J Dent*, 1998, 26(5/6): 421-426
- [18] Farmakis E, Beer F, Kozyrakakis K, et al. The influence of different power settings of Nd:YAG laser irradiation, bio-glass and combination to the occlusion of dentinal tubules [J]. *Photomed Laser Surg*, 2013, 31(2): 54-58
- [19] Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat [J]. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 1965, 19(4): 515-530
- [20] White JM, Fagan MC, Goodis HE. Intrapulpal temperatures during pulsed Nd:YAG laser treatment of dentin, *in vitro* [J]. *J Periodontol*, 1994, 65(3): 255-259
- [21] White JM, Fagan MC, Goodis HE. Intrapulpal temperatures during pulsed Nd:YAG laser treatment of dentin, *in vitro* [J]. *J Periodontol*, 1994, 65(3): 255-259
- [22] Sulieman M, Addy M, Rees JS. Surface and intra-pulpal temperature rises during tooth bleaching: an *in vitro* study [J]. *Br Dent J*, 2005, 199(1): 37-40
- [23] Goodis HE, White JM, Andrews J, et al. Measurement of temperature generated by visible-light-cure lamps in an *in vitro* model [J]. *Dent Mater*, 1989, 5(4): 230-234
- [24] 王彦莉,李丁新,刘爱宾.三种脱敏剂对牙本质小管封闭作用的研究 [J]. *牙体牙髓牙周病学杂志*, 2015, 25(8): 487-491

[收稿日期] 2019-01-17