论著

文章编号:1000-5404(2005)18-1880-03

脉冲 Nd:YAG 激光应用于牙体硬组织粘结的初探

温秀杰,刘鲁川 (第三军医大学大坪医院野战外科研究所口腔科,重庆 400042)

提 要: 目的 探讨脉冲 Nd:YAG 激光照射后牙体硬组织表面形态的变化和对其粘结性能的影响。**方法** 选择 40 个离体人前磨牙,完全随机分成 4 组,组 A:35% 磷酸酸蚀牙釉质 30 s;组 B:脉冲 Nd:YAG 激光处理牙釉质;组 C:37% 磷酸酸蚀牙本质 15 s;组 D:脉冲 Nd:YAG 激光处理牙本质。测试抗张粘结强度。另选择 12 个牙齿样本完全随机分成 6 组,牙釉质和牙本质各增加一个不处理组,其余 4 组的表面处理同上,观察表面形态。**结果** 组 A 的抗张粘结强度显著高于其它 3 组($P<0.01$),组 D 显著高于组 C($P<0.05$),其余两组间无显著性差异($P>0.05$)。电镜显示,磷酸酸蚀和激光照射,均可去除牙釉质和牙本质表面的玷污层。牙釉质表面均形成粗糙的蜂窝状结构,激光组不规则。牙本质经磷酸酸蚀后,几乎所有的牙本质小管口都呈开放状态;而激光照射后,大部分牙本质小管口处于封闭或半封闭状态。**结论** 脉冲 Nd:YAG 激光不能替代磷酸作为牙釉质表面处理方法,但能提高牙本质的粘结强度,并能封闭部分牙本质小管口。

关键词: 脉冲 Nd:YAG 激光;牙体硬组织;粘结强度

中图法分类号: R454.2;R781.05 **文献标识码**: A

A primary study of pulse Nd:YAG laser on morphology and bonding of enamel and dentin

WEN Xiu-jie, LIU Lu-chuan (Department of Stomatology, Institute of Surgery Research, Daping Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400042, China)

Abstract: Objective To investigate the morphology and bonding of enamel and dentin conditioned by 35% phosphoric acid and pulse Nd:YAG laser. Methods A total of 52 human premolars were selected, 40 of which were divided into four groups randomly: group A [enamel treated with 35% phosphoric acid (Scotchbond, 3M) for 30 s]; group B [enamel treated with pulse Nd:YAG laser (Evlaser Friendly A4 Italy) for 20 s]; group C (dentin treated with 35% phosphoric acid for 15 s); group D (enamel treated with pulse Nd:YAG laser for 15 s). The tensile bond strength (TBS) were determined. Except 4 out of 12 human premolars without any treatment, 8 were divided into 4 groups and were treated with the method mentioned above. The surfaces of 12 human premolars were observed under SEM. Results The highest TBS was obtained in group A in comparison with the other 3 groups ($P<0.01$). The TBS of group D was higher than group C ($P<0.05$). There was no significant deference between the other groups ($P>0.05$). The smear layer on enamel and dentin could be removed after conditioned by both phosphoric acid and pulse Nd:YAG laser. The honeycomb structures were observed on all enamel but less regularly in lased group. Almost all the orifices of dentinal tubules were open in the acid group and sealed or half-sealed in lased group. Conclusion The pulse Nd:YAG laser did not contribute to bonding of enamel, but could improve the bonding of dentin and seal most of the orifices of dentinal tubules, which reduced the harmful stimulation to the dental pulp.

Key words: pulse Nd:YAG laser; dental hard tissue; tensile bond strength

---

基金项目:重庆市科委基金资助项目(20015421)

Supported by the Research Project Foundation for Basic Research and Application of Chongqing (20015421)

作者简介:温秀杰(1973-),男,辽宁省本溪市人,硕士,医师,主要从事牙体牙髓病方面的研究,发表论文 8 篇。电话:(023)68757368

通讯作者:刘鲁川,电话:(023)68757738

收稿日期:2005-03-15;**修回日期**:2005-08-17

1960 年以来，各种激光不断用于口腔领域[1]。脉冲 Nd:YAG 激光是一种改良的低能量激光，在防龋、根管治疗、牙齿脱敏、口腔黏膜病治疗等方面的应用已进入临床阶段，并取得了令人满意的疗效[2-4]。牙体硬组织粘结技术一直是口腔领域研究的热点，磷酸酸蚀技术的出现，大大提高了牙釉质与复合树脂的粘结强度，但仍存在一些不足。本研究探讨脉冲 Nd:YAG 激光照射后牙体硬组织表面形态的变化和对其粘结性能的影响，旨在寻找一种新的、更加有效的牙体表面处理方法。

1　材料与方法

1.1　样本收集与制备

收集因正畸治疗拔除的新鲜人前磨牙 52 个，要求无龋、颊面釉质在半年内未接受过任何治疗（如氟化物、酸制剂等）、在拔牙过程中无损、无裂纹，供体年龄在 10～20 岁。去除牙根残留的软组织，4 ℃、含 0.1% 麝香草酚去离子水储存备用，储存时间不超过 2 个月。

实验前，在水冷却下将牙齿的颊面磨成大于 4 mm×4 mm 的粘结面（牙釉质和牙本质面各半），分别用 # 180、# 400、# 600 碳化硅砂纸抛光，备用。

1.2　实验分组

选择 40 个牙齿样本，自凝塑料包埋，颊侧粘结面外露。完全随机分成 4 组，每组 10 个。A 组：35% 磷酸（Scotchbond，美国 3M 公司）酸蚀牙釉质 30 s，去离子水冲洗、吹干；B 组：脉冲 Nd:YAG 激光（Evlaser Friendly A4，意大利）处理牙釉质，参数为 1 W，15 Hz，扫描照射，激光光纤与牙面成 45°，距离牙面 1 mm，照射面积为 4 mm×4 mm，照射时间为 20 s；C 组：37% 磷酸酸蚀牙本质 15 s，冲洗、吹干；D 组：脉冲 Nd:YAG 激光处理牙本质，参数为 1 W，15 Hz，照射时间为 15 s，余同组 B。

1.3　复合树脂充填和抗张粘结强度测定

均匀涂一层粘结剂（Single Bond，美国 3M 公司），光固化灯（Curing Light 2500，美国 3M 公司）照射 10 s。将自制的锥形空心模具（材料为聚四氟乙烯，锥形空心大小：上、下直径分别是 4.5、3 mm，高 6 mm）置于处理好的粘结面上，充填光固化复合树脂材料（Restorative Z100，美国 3M 公司），分层光照固化，移去聚四氟乙烯模具，形成粘结于牙面的复合树脂柱。37 ℃去离子水放置 24 h。在 WDW-10 微机控制电子万能试验机测定抗张粘结强度，拉伸速度为 0.5 mm/min。

1.4　表面形态观察

将剩下 12 个样本随机分成 6 组，牙釉质和牙本质各增加 1 个不处理组，其余同上。经表面处理后置于 4% 甲醛溶液固定 8 h，脱水、喷金，扫描电镜下观察表面的形态。

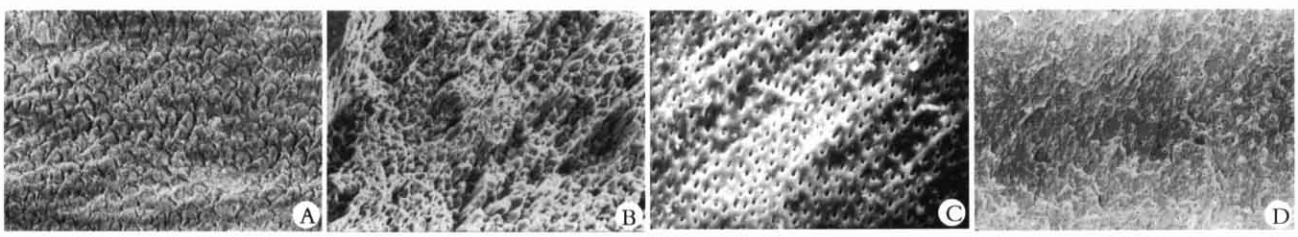
1.5　统计学处理

实验数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示，采用 SPSS 10.0 软件行单因素方差分析，两两比较采用 Student-Newman-Keuls 检验。

2　结果

4 组的测试结果见表 1。经统计学分析，A 组的抗张粘结强度显著高于其它 3 组（$P<0.01$），D 组显著高于 C 组（$P<0.05$），其余两组间无显著性差异（$P>0.05$）。

电镜结果：无论牙釉质还是牙本质，未处理组表面均可见 1 层玷污层。经磷酸和激光处理后，玷污层被去除（图 1A、B），牙釉质形成粗糙的表面结构，但激光照射后的表面不规则；牙本质经磷酸酸蚀后，几乎所有的牙本质小管口都呈开放状态（图 1C），而激光照射后，大部分牙本质小管口处于封闭或半封闭状态（图 1D）。



A: Etched enamel; B: Lased enamel; C: Etched dentin; D: Lased dentin

图 1　电镜观察牙釉质与牙本质（扫描电镜×600）

Fig 1　The surface of enamel and dentin conditioned by 5% phosphoric acid and pulse Nd:YAG laser（SEM ×600）

表 1　各组的抗张粘结强度值（MPa）

Tab 1　The value of the tensile bond strength of the 4 groups（MPa）

Group	Sample	$\bar{x} \pm s$	Minimum	Maximum
A	10	10.88 ± 4.71	4.55	18.24
B	10	4.27 ± 2.17##	1.17	8.06
C	10	3.62 ± 2.23##	0.65	8.05
D	10	6.41 ± 2.72##*	3.08	11.82

#: $P<0.01$, *vs* A; *: $P<0.05$, *vs* C

3　讨论

粘结技术在口腔领域的应用越来越广泛，包括前牙缺损修复、贴面、后牙 V 类洞的充填治疗、松动牙牙周夹板固定和正畸托槽粘结等。牙体硬组织的表面处理是粘结的关键，磷酸酸蚀技术的出现，成倍地提高了

复合树脂与釉质的粘结强度，大大拓宽了牙色材料在口腔临床中的应用。但粘结技术仍存在一些不足，如磷酸会引起周围硬组织不必要的脱矿，对牙髓、牙龈等软组织具有一定的刺激作用。因此，在临床操作中要求严格的隔湿，有效控制酸蚀范围，酸蚀前需对暴露的牙本质进行垫底。此外，在前牙切角缺损修复和变色牙贴面等治疗中，往往需要较高的粘结强度，酸蚀技术尚不能达到满意的临床效果。所以，探索一种更为简单有效的表面处理方法一直是学者们奋斗的目标。

形态学结果显示，脉冲 Nd:YAG 激光和 35% 磷酸均能粗化牙釉质表面，去除玷污层，但二者的原理完全不同。磷酸酸蚀是通过表面脱矿来粗化牙釉质表面，主要引起釉柱周围的硬组织脱矿，因此电镜下可见规则的釉柱形态。脉冲 Nd:YAG 激光照射主要是通过激光的热效应、光化学效应、机械效应、电磁效应、生物刺激效应等引起表面硬组织的熔融和气化，从而形成不规则的蜂窝状结构，形态与磷酸酸蚀后的釉质表面相似，但不规则。脉冲 Nd:YAG 激光和 35% 磷酸同样可以去除牙本质的玷污层，然而，因为两者的作用原理不同，所以形成的表面形态也不同。磷酸酸蚀后，牙本质表面的玷污层因脱矿而被去除，几乎所有的牙本质小管口外露，甚至扩大；而激光照射，使表面的玷污层熔融和气化，在去除玷污层的同时仍能保证大部分牙本质小管处于封闭和半封闭状态。

抗张粘结强度测试结果表明，尽管脉冲 Nd:YAG 激光可以粗化牙釉质表面，但不能改善釉质的张粘结强度。牙釉质的粘结机制主要有 3 个方面：机械嵌合、物理吸附和化学结合。目前认为，对于现有的复合树脂材料，机械嵌合是形成牙釉质粘结的主要作用力，即通过粘结剂渗入粗化的釉质表面，聚合固化后形成树脂突，与牙面的凹凸部位相互交合，从而获得机械嵌合力。电镜结果表明，脉冲 Nd:YAG 激光照射后，牙釉质表面形成类似酸蚀的蜂窝状结构，在理论上为树脂单体的渗入形成机械嵌合提供空间，可以改善釉质的粘结强度。然而，本研究显示，激光组的抗张粘结强度显著低于磷酸酸蚀组，不支持上述推论。原因可能是，脉冲 Nd:YAG 激光照射主要通过激光热效应作用于牙釉质表面，使羟磷灰石晶体发生熔融和再结晶，此过程可能会因为激光热效应导致釉质表面的微硬度下降[5]，影响粘结界面混合层的强度；此外，激光的各种效应所引起的釉质表面结构特性的改变，如润湿性、化学基团的极性、表面能等，是否有利于树脂单体的渗入形成树脂突还有待于进一步探讨。

牙本质的矿化程度与釉质不同，在酸蚀过程中脱矿量和深度均有较大差别，牙本质小管口因表面脱矿而外露，甚至扩大，不能提供良好的机械嵌合。此外，牙本质的有机成分含量高，表面胶原纤维因脱矿而塌陷，也影响树脂单体的渗入，不能形成树脂突。因此，磷酸酸蚀不能有效改善牙本质的粘结强度。本研究也证实了这一点。而脉冲 Nd:YAG 激光照射通过热效应使牙本质表面的玷污层发生熔融和再结晶，从而去除之，既能形成粗糙的表面，同时又可以保证部分牙本质小管处于封闭和半封闭状态。相关研究显示，开放的牙本质小管并不能形成良好的机械嵌合，反而会导致牙本质小管液外流，影响粘结强度[6,7]。本研究结果表明，脉冲 Nd:YAG 激光能够显著改善牙本质的粘结强度。

综上所述，脉冲 Nd:YAG 激光虽然可以去除玷污层，粗化牙釉质表面，但粘结强度较低，不能替代磷酸酸蚀技术。脉冲 Nd:YAG 激光照射牙本质，却能显著提高粘结强度，并能封闭开本质表面的牙本质小管口，可以减少粘结过程中对牙髓的有害刺激，具有较好的应用前景。

参考文献：

[1] Maiman T H. Stimulated optical radiation in ruby[J]. Nature, 1960, 187(4736): 493 - 494.

[2] 管志江，朱雪华，张学云. Nd:YAG 激光照射后窝沟封闭 3 年临床观察[J]. 实用口腔医学杂志，2004，18(2)：176 - 177.

[3] 张 莉，刘鲁川. 脉冲 Nd:YAG 激光加氟化钠液对牙釉质、牙本质抗酸性能的影响[J]. 第三军医大学学报，2003，25(6)：543 - 545.

[4] 颜学德，陈良健，杨 浩. Nd:YAG 激光联合光敏黏结剂治疗牙本质过敏症[J]. 湖南医科大学学报，2002，27(4)：334 - 336.

[5] Kuramoto Junior M, Matson E, Turbino M L, *et al*. Microhardness of Nd:YAG laser irradiated enamel surfaces[J]. Braz Dent J, 2001, 12(1): 31 - 33.

[6] Al Qahtani M Q, Platt J A, Moore B K, *et al*. The effect on shear bond strength of rewetting dry dentin with two desensitizers[J]. Oper Dent, 2003, 28(3): 287 - 296.

[7] Chaves P, Giannini M, Ambrosano G M. Influence of smear layer pretreatments on bond strength to dentin[J]. J Adhes Dent, 2002, 4(3): 191 - 196.

（编辑 陈聪连）