DOI:10.16016/j.1000-5404.2003.06.034
第25卷第6期 第三军医大学学报 Vol.25, No.6
2003年3月 ACTA ACADEMIAE MEDICINAE MILITARIS TERTIAE Mar. 2003

文章编号:1000-5404(2003)06-0543-03

论著

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

张 莉,刘鲁川 (第三军医大学附属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+氟化钠液对牙釉质、牙本质抗酸性能的影响。方法 将40个人牙的牙釉质、牙本质标本分成:激光+氟化钠组、激光组、氟化钠组、空白组(不处理)进行处理。再将所有标本用0.1 mol/L乳酸人工脱矿液(pH 4.5)37℃脱矿48 h,原子吸收分光光度计测脱矿液内Ca^{2+}溶出量。结果 在牙釉质和牙本质标本中,激光+氟化钠组Ca^{2+}溶出量($\times 10^{-6}$ g)均值最低(62.055±5.879, 137.474±4.444),其次是氟化钠组(84.053±10.422, 153.816±4.097)、激光组(87.824±13.948, 158.215±3.583),空白组Ca^{2+}溶出量均值最高(143.760±5.443, 182.726±16.115);激光+氟化钠组、氟化钠组、激光组与空白组间差异有高度显著性($P<0.01$);激光+氟化钠组与氟化钠组间差异具有显著性($P<0.05$)、与激光组间差异具有非常显著性($P<0.01$)。结论 脉冲Nd:YAG激光加氟化钠联合作用能有效地阻止离体人牙牙釉质、牙本质在酸性脱矿液中脱钙,因而具有抗龋性能。

关键词:抗酸性;Nd:YAG激光;牙釉质;牙本质;分光光度计
中图法分类号: 文献标识码:A

An experimental study of the effect of pulsed Nd:YAG laser plus NaF solution on the acid resistance of human dental enamel and dentin *in vitro*

ZHANG Li, LIU Lu-chuan (Department of Stomatology, Daping Hospital, Third Military Medical University, Chongqing 400042, China)

Abstract: Objective To investigate the effects of pulsed Nd:YAG laser combined with NaF solution on acid resistance of human dental enamel and dentin *in vitro*. Methods A total of 20 enamel-samples and 20 dentin-samples were treated with both laser plus NaF, laser only, NaF only, or no treatment (control). Then all samples were immersed in lactic acid demineralization solution (pH 4.5) for 48 h at 37 ℃. The concentration of Ca^{2+} ($\times 10^{-6}$ g) dissolved in the solution was measured by atomic absorption spectrophotometry. Results In both enamel and dentin samples, the lowest mean Ca^{2+} concentration was recorded in laser plus NaF-treated group (62.055 ±5.879, 137.474±4.444)$\times 10^{-6}$ g. The control samples showed the highest mean of Ca^{2+} concentration (143.760±5.443 and 182.726±16.115)$\times 10^{-6}$ g. The mean Ca^{2+} concentration in laser plus NaF^- or NaF^- or laser-treated group decreased significantly as compared with that in the control ($P<0.01$). Furthermore, the mean Ca^{2+} concentration in laser plus NaF-treated group decreased significantly as compared with that in NaF-treated group ($P<0.05$) or laser-treated group ($P<0.01$). Conclusion The pulsed Nd:YAG laser combined with NaF solution is of preventive effect on caries due to the inhibition of demineralization of enamel and dentin in acid demineralization solution.

Key words: acid resistance; Nd:YAG laser; enamel; dentin; spectrophotometry

氟化物能提高牙齿的抗酸性,是一种有效的防龋药物。但在使用氟化物防龋的人中仍有许多人患龋。而自Stern等发现激光照射过的离体人牙牙釉质产生抗酸性,从而提出激光防龋的设想以来,许多研究证实激光可改变牙釉质晶体结构,促进牙齿硬组织对氟的吸收,提高抗酸性[1,2]。近年来,有学者认为激光与氟化物共同作用时,可使牙齿硬组织抗酸能力增强,并可补充丢失的钙质和氟元素牙本质熔融完善[3]。其作用优于激光、氟化物的单独作用[4,5]。本研究采用原子吸收分光光度计检测法对脉冲Nd:YAG激光+氟化钠液、脉冲Nd:YAG激光、氟化钠液对离体人牙牙釉质、牙本质抗酸性能的影响进行对比探讨,旨在为临床有效地防龋提供实验依据。

基金项目:重庆市科委基金资助项目(20015421)
作者简介:张 莉(1970-),女,重庆市人,硕士研究生,主治医师,主要从事Nd:YAG激光防龋方面的研究。电话:(023)68757368
收稿日期:2002-06-10;修回日期:2002-10-20

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1 材料与方法

1.1 牙标本的制备

1.1.1 牙标本的选择 收集因正畸减数拔除、无龋、无裂纹、无斑块的年轻恒前磨牙40颗，去除牙石、色素、软组织，去离子水冲洗干净，置于抗菌素生理盐水中4℃保存备用。

1.1.2 牙标本的制备 取出备用牙，其中20颗用于牙釉质研究，另20颗用于牙本质研究。所有牙用金刚砂盘从釉牙骨质界下1 mm处截去牙根，再从唇面近远中向纵向剖开牙冠，以牙冠颊侧作为试验区(其中用于牙本质研究的实验牙用喷水高速牙钻磨去全部釉质以暴露牙本质)，分别制成20个7 mm×7 mm的牙釉质块和牙本质块，去离子水超声清洗12 min，吹干。每个牙釉质块和牙本质块涂防酸指甲油，试验区中部暴露形成5 mm×5 mm的实验开窗区。

1.2 实验分组及处理

1.2.1 牙釉质组 将预备好的牙釉质块随机分成四组(每组5个)，处理方法如下：①激光加氟化钠组：Friendly A 4.0型脉冲Nd:YAG激光治疗仪(Via S，意大利)，功率1～10 W，波长1.064 μm，脉宽150 ms，光纤直径330 μm。激光参数设定在2 W/20 PPS条件下照射5 s(能量密度40 J/cm^2)后，立即将浸有2%NaF液的滤纸贴于实验开窗区4 min；②激光组：只用激光照射(激光参数与激光加氟化钠组相同)；③氟化钠组：只用2% NaF液处理4 min；④空白组：标本不作任何处理。激光照射前，需在标本实验开窗区涂一薄层墨汁(一得阁墨汁，北京)作为增效剂。激光照射时光导纤维末端紧靠牙面但不接触，扫描式均匀地进行照射。各组处理后用去离子水冲洗1 min，室温下干燥。

1.2.2 牙本质组 分组及处理方法与牙釉质组相同。

1.3 脱矿和钙溶出量测定

1.3.1 将所有标本放入盛有5 ml、0.1 mol/L乳酸人工脱矿液(0.1 mol/L乳酸、1%琼脂、25 mg/L制霉菌素，pH 4.5)的玻璃瓶内，加盖后置于电热恒温培养箱(XK24-006-0058，上海跃进医疗器械厂)37℃恒温48 h。

1.3.2 48 h后取出标本，脱矿液留作原子吸收分光光度计(AA-646型，岛津，日本)分析，测Ca^{2+}溶出量。

1.4 统计学分析

各组Ca^{2+}溶出量结果采用SPSS8.0统计软件One-way ANOVA(Tukey HSD)检验进行统计分析。

2 结果

牙齿标本经不同方法处理后，在乳酸人工脱矿液(pH 4.5)中Ca^{2+}平均溶出量见表1。在牙釉质标本和牙本质标本中，激光+氟化钠组Ca^{2+}溶出量均值最低，其次是氟化钠组、激光组，空白组Ca^{2+}溶出量均值最高。

牙釉质标本和牙本质标本各组Ca^{2+}溶出量均值One-way ANOVA(Tukey HSD)检验结果分别见表2，3。从表中可见，不管是牙釉质标本还是牙本质标本，激光+氟化钠组、氟化钠组、激光组与空白组间差异有高度显著性($P<0.01$)；激光+氟化钠组与氟化钠组间差异具有显著性($P<0.05$)、与激光组间差异具有非常显著性($P<0.01$)；氟化钠组Ca^{2+}溶出量均值略低于激光组，但其差异无显著性($P>0.05$)。

表1 原子吸收分光光度计测Ca^{2+}溶出量($\bar{x}\pm s$)

Tab 1 Results of Ca^{2+} concentration measurements by atomic absorption spectrophotometry($\bar{x}\pm s$)

Group	Ca^{2+} concentration ($\times 10^{-6}$ g)	
	Enamel	Dentin
Laser + NaF	62.055±5.879	137.474±4.444
Laser	87.824±13.948	158.215±3.583
NaF	84.053±10.422	153.816±4.097
Control	143.760±5.443	182.726±16.115

表2 牙釉质标本各组Ca^{2+}溶出量均值One-way ANOVA(Tukey HSD)检验结果

Tab 2 Results of Ca^{2+} concentration in enamel sample in each group by One-way ANOVA(Tukey HSD)

Group	Value of P			
	Laser+NaF	Laser	NaF	Control
Control	0.000 **	0.000 **	0.000 **	
NaF	0.011 *	0.923		
Laser	0.003 **			
Laser+NaF				

*: $P<0.05$, **: $P<0.01$ *vs* Control

表3 牙本质标本各组Ca^{2+}溶出量均值One-way ANOVA(Tukey HSD)检验结果

Tab 3 Results of Ca^{2+} concentration in dentin sample in each group by One-way ANOVA(Tukey HSD)

Group	Value of P			
	Laser+NaF	Laser	NaF	Control
Control	0.000 **	0.002 **	0.000 **	
NaF	0.043 *	0.857		
Laser	0.009 **			
Laser+NaF				

*: $P<0.05$, **: $P<0.01$ *vs* Control

3 讨论

目前认为氟化物的防龋机制是：牙釉质由一种长而薄的羟磷灰石微晶构成，这种微晶含有2%～4%碳酸盐。单一的羟磷灰石不易溶于酸，反应性也较弱，但含碳酸基团的磷灰石则不同，它易溶于酸[6]。由于F^-和OH^-的晶体结构相似，因此氟化物中的F^-可与羟磷灰石中的OH^-发生置换，形成难溶的氟磷灰石。另外，氟还在牙齿硬组织的脱矿和再矿化过程中起着重要作用，既可抑制牙齿硬组织脱矿，又可促进早期龋损再矿化[3]。

在早期的许多研究中，尽管激光照射时间、激光能量、脱矿液各异，但用原子吸收分光光度计检测Ca^{2+}溶出量的结果证实激光可以提高牙釉质、牙本质抗酸性[2]。而在9种不同的激光中，Morioka等[7]认为正常

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

脉冲式 Nd:YAG 激光是临床使用中最合适的一种, 其作用能力最强, 但对牙釉质的损伤却很小。然而对于激光提高牙齿抗酸性的机制至今仍不清楚, 最可能的原因是: ① 激光的热效应改变了牙釉质晶体结构, 使牙釉质抗酸性增强, 脱矿降低; ② 激光使牙釉质、牙本质表面熔融, 导致窝沟点隙或牙本质小管封闭, 使酸不能到达牙釉质、牙本质内部; ③ 激光促进牙釉质、牙本质对氟的吸收, 降低牙齿硬组织可溶性。然而也有报道称 Nd:YAG 激光不能降低牙釉质在酸性液中脱矿, Hossain 等[2] 经过分析发现在这些报道中激光照射前没有使用墨汁。由于 Nd:YAG 激光的波长为 1.064 μm, 这一波长的光不能被人牙釉质有效地吸收, 但可被墨汁等色素性物质吸收, 因此他们认为激光照射前应常规性地在牙齿表面涂层墨汁作为增效剂。我们在预实验中也发现使用了增效剂的标本其 Ca^{2+} 溶出量明显低于未使用增效剂的标本。

本项实验结果显示对牙釉质、牙本质进行不同处理后, 激光组、氟化钠组 Ca^{2+} 溶出量均值低于空白组, 其差异具有高度显著性($P<0.001$)。这一结果与文献报道一致[2,4,8], 也再次证明脉冲 Nd:YAG 激光具有增强牙釉质、牙本质抗酸性的观点。另外, 实验结果显示氟化钠组 Ca^{2+} 溶出量均值虽略低于激光组, 但其差异无统计学意义($P>0.05$), 说明激光作用效果与氟化物接近。

本项实验结果还显示激光+氟化钠组 Ca^{2+} 溶出量均值不仅低于空白组($P<0.01$), 也低于激光组($P<0.01$)、氟化钠组($P<0.05$)。有学者[9] 认为 Nd:YAG 激光与氟化物共同作用时, 激光照射不仅使牙釉质、牙本质晶体发生熔融、再结晶, 同时还产生许多融合的球形颗粒, 氟很容易渗入这些颗粒间的空隙。另外, 激光照射时牙釉质、牙本质还会形成微细裂纹, 这些微细裂纹能束缚晶格内移走的脱矿离子, 并提供空间使脱矿离子与氟结合, 进而使牙釉质、牙本质脱矿降低, 抗酸性增加。Yu 等[3] 虽然采用的是半导体激光, 但在他们的研究中也发现激光加氟化物处理后的牙齿其 Ca^{2+} 溶出量低于单独使用氟化物组和未处理组。Bahar 等[4,10] 用电子探针分析研究发现脉冲 Nd:YAG 激光照射后加氟化物, 氟吸收峰值及氟进入牙釉质、牙本质的深度, 均较单纯加氟组明显增加, 说明脉冲 Nd:YAG 激光照射牙齿硬组织能促进其对氟的吸收。而渗入牙釉质、牙本质内部的氟可作为氟的储存库, 使氟缓慢释放, 干扰致龋菌, 抑制其生长; 另外还可让更多的 CaF_2 类结晶沉积, 促进早期龋损再矿化。

Huang 等[9] 认为单独使用激光时, 高能量激光提高牙釉质抗酸能力高于低能量激光。但由于任何一种激光的能量增大到一定水平都可能造成牙髓损害, 因而高能量激光会损伤牙髓。当有氟化物存在时, 低能量激光提高牙釉质抗酸能力可达到高能量激光的水平, 减少了激光对牙髓的损伤, 提高了激光使用的安全性。

在许多研究中, 因认为 $Ag(NH_3)_2F$ 可促进激光的作用, 所以多采用 $Ag(NH_3)_2F$ 液作为氟化物与激光共同应用。但 $Ag(NH_3)_2F$ 液中的 Ag 会残留在牙面上, 使牙齿变黑[3]。从美观角度考虑, 在本项实验中我们使用了 2% NaF 液作为氟化物。

综上所述, 脉冲 Nd:YAG 激光和氟化钠联合作用能有效地阻止离体人牙牙釉质、牙本质在酸性脱矿液中脱钙, 因而具有抗龋性能。但其临床应用有待进一步研究。

参考文献:

[1] Kawasaki K, Tanaka Y, Takagi O. Crystallographic analysis of demineralized human enamel treated by laser-irradiation or remineralization[J]. Arch Oral Biol, 2000, 45(9): 797—804.

[2] Hossain M, Nakamura Y, Kimura Y, *et al*. Effect of pulsed Nd:YAG laser irradiation on acid demineralization of enamel and dentin[J]. J Clin Laser Med Surg, 2001, 19(2): 105—108.

[3] 宋远雄, 刘鲁川, 段小军, 等. Nd:YAG 激光加氟化钙对牙本质小管的阻塞作用[J]. 第三军医大学学报, 2002, 24(7): 819—821.

[4] Yu D G, Kimura Y, Fujita A, *et al*. Study on acid resistance of human dental enamel and dentin irradiated by semiconductor laser with Ag(NH3)2F solution[J]. J Clin Laser Med Surg, 2001, 19(3): 141—146.

[5] Bahar A, Tagomori S. The effect of normal pulsed Nd:YAG laser irradiation on pits and fissures in human teeth[J]. Caries Res, 1994, 28(6): 460—467.

[6] 岳松龄. 现代龋病学[M]. 北京: 北京医科大学、中国协和医科大学联合出版社, 1993. 214—239.

[7] Morioka T, Tagomori S, Oho T. Acid resistance of laser human enamel with Erbium: YAG laser[A]. 见: 史久成 主编. 临床口腔内科新进展[M]. 世界图书出版社, 2000. 49—53.

[8] Winston A E, Bhaskar S N. Caries prevention in the 21st century[J]. J Am Dent Assoc, 1998, 129(11): 1579—1587.

[9] Huang G F, Lan W H, Guo M K, *et al*. Synergistic effect of Nd:YAG laser combined with fluoride varnish on inhibition of caries formation in dental pits and fissures *in vitro*[J]. J Formos Med Assoc, 2001, 100(3): 181—185.

[10] 张成飞, 林琼光, 曹采方, 等. 脉冲 Nd:YAG 激光照射对牙本质吸氟能力的影响[J]. 中华口腔医学杂志, 1996, 31(2): 140-142.

(编辑　张大春)

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net