

## 不同酸蚀时间处理后年轻及成年恒牙釉质表面微观形貌及性质的变化

张昊,马俊青,李强,倪洁丽,倪媛媛,王林\*

(南京医科大学口腔医学研究所,江苏 南京 210029)

**[摘要]** 目的:探讨酸蚀时间对年轻及成年恒牙釉质表面性质结构的影响。方法:收集因正畸需要而拔除的新鲜前磨牙 90 颗,其中年轻恒牙(患者年龄为 12~17 岁)45 颗,成年恒牙(患者年龄 $\geq$ 18 岁)45 颗。扫描电镜下观察不同酸蚀时间处理后年轻恒牙与成年恒牙釉质表面微观形貌的差异,分析釉质表层元素含量、显微硬度、托槽抗剪切强度、残留粘结剂指数(ARI)等性质的变化。结果:镜下形貌观察显示,年轻恒牙酸蚀 15 s 后柱间质已开始出现溶解,酸蚀 30 s 后釉柱宽度及高度均有降低,随着酸蚀时间的增加,釉柱间质溶解不断增多,釉柱正常结构逐渐被酸蚀破坏,酸蚀 60 s 后釉质表面正常结构几乎消失;成年恒牙酸蚀 30 s 后柱间质溶解逐渐明显,随酸蚀时间的延长,釉质表面形貌特点无明显差异。经检测,成年恒牙釉质表面的显微硬度值明显大于年轻恒牙。不同酸蚀时间处理后,年轻及成年恒牙托槽粘结后抗剪切强度均无显著差异,年轻恒牙钙磷含量和 Ca/P 比值无统计学差异,成年恒牙酸蚀 60 s 后釉质表层磷含量明显 $<$ 45 s 组,Ca/P 比值 $<$ 30 s、45 s 组。结论:为了减少酸蚀对釉质表面的损害,年轻恒牙正畸临床酸蚀处理时间可适当减少至 15 s,成年恒牙可延长至 30 s。

**[关键词]** 年轻恒牙;成年恒牙;酸蚀时间;牙釉质

**[中图分类号]** R783.3

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 1007-4368(2014)01-048-05

**doi:**10.7655/NYDXBNS20140111

## Characterization of the surface microtopography and properties of immature permanent and permanent dental enamel after variable etch times

Zhang Hao, Ma Junqing, Li Qiang, Ni Jieli, Ni Yuanyuan, Wang Lin\*

(Institute of Stomatology, NJMU, Nanjing 210029, China)

**[Abstract]** **Objective:** To investigate the effect of variable etch times on the surface structure characterization of immature permanent and permanent teeth. **Methods:** We collected 90 premolars extracted for orthodontic need, in which immature permanent teeth (patients aged 12 to 17) were 45 and permanent teeth (patients aged 18 or higher) were 45. The differences of enamel surface microtopography between immature permanent and permanent teeth after variable etch times were observed under scanning electron microscope (SEM), and the changes of enamel surface element content, microhardness, shear bond strength, and index of ARI, etc. were analysed. **Results:** SEM showed that the interprismatic substance of immature permanent teeth has started to dissolve after 15 s. The width and height of prism both decreased after 30 s. With the increase of etch time, substance dissolved gradually and normal structure of enamel prism was destroyed by acid step by step. After 60 s, normal structure of the enamel surface almost disappeared. The interprismatic substance of permanent teeth dissolved obviously after 30 s. No significant difference of the enamel surface morphology was observed with the time increased. The value of surface microhardness of permanent teeth was significantly greater than that of immature permanent teeth. After variable etch times, the shear bond strength of immature permanent and permanent teeth was of no significant difference. The calcium and phosphorus content and Ca/P ratio of immature permanent teeth showed no statistical difference, however, after 60 s the phosphorus content of permanent teeth was much smaller than that of the 45 s group, Ca/P ratio of the 60 s group was less than that of the 30 s and 45 s groups. **Conclusion:** In order to reduce the etched damage to the enamel surface, etch time of immature permanent teeth in the orthodontic clinic can be appropriately reduced to 15 s, and permanent teeth can be extended to 30 s.

**[Key words]** immature permanent teeth; permanent teeth; etch time; enamel

[Acta Univ Med Nanjing, 2014, 34(01): 048-052]

**[基金项目]** 国家自然科学基金项目(81371179);江苏高校优势学科建设工程资助项目(2011-137);江苏省研究生教育教学改革研究与实践课题(JGZZ13\_050);留学归国人员科研启动基金(2013-693)

\*通信作者(Corresponding author), E-mail:lw603@njmu.edu.cn

目前酸蚀-粘结技术已广泛应用于口腔正畸临床,在正畸托槽粘接等牙齿表面预处理过程中起到了重要作用,是正畸治疗过程中的关键步骤,也是治疗成功的重要保证。适度的酸蚀可以增加粘接力,而酸蚀时间过长,牙表面釉质过多地丧失则对牙齿有害<sup>[1]</sup>。临床实践发现,磷酸酸蚀处理后增加了牙面不可逆脱矿的危险,有研究者提出了降低酸蚀时间的方法,但对合适的酸蚀时间意见尚不一致<sup>[2-3]</sup>。

国内外学者针对年轻恒牙釉质表面酸蚀粘结的研究显示,随着酸浓度的增加和酸蚀时间的延长,釉质表面酸蚀深度及粗糙度增加,但并不能增加树脂的固位作用,酸蚀后釉质的表面形态和粘接力、抗剪切力上无显著差异<sup>[2-3]</sup>。但成年恒牙在表层组织形貌、结构特点方面与年轻恒牙相比存在明显差异<sup>[4]</sup>,对酸蚀处理后的年轻及成年恒牙釉质形态及性质改变的差异尚未见相关报道。本研究旨在观察不同酸蚀时间处理后年轻恒牙与成年恒牙釉质表面微观形貌的差异,分析托槽抗剪切强度、釉质表层元素含量、显微硬度等性质的变化,探讨酸蚀时间对年轻及成年恒牙釉质表面性质结构的影响,以期为正畸临床工作提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

收集 2012 年 9 月~2013 年 2 月南京医科大学附属口腔医院口腔颌面外科门诊因正畸需要而拔除的新鲜前磨牙(所有患者均知情同意),挑选牙釉质完整、无脱钙、无龋坏、无可见裂纹、无釉质发育不良、牙体和牙髓未经任何化学治疗的牙齿 90 颗。其中年轻恒牙(患者年龄为 12~17 岁)45 颗,成年恒牙(患者年龄 $\geq$  18 岁)45 颗。去离子水冲洗干净后浸于 0.02%麝香草酚溶液中,4℃冰箱保存备用。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 样本分组及制备

将年轻恒牙及成年恒牙分别随机分为两组,其中 20 颗用于抗剪切强度检测,其余 25 颗用于釉质表面形貌观察及检测。牙齿均经去离子水冲洗干净后,用牙科低速手机、无氟牙膏抛光颊面 15 s,三用枪冲洗,吹干备用。

#### 1.2.2 釉质表面形貌扫描电子显微镜(SEM)观察及元素分析

将用于表面形貌观察的 25 颗牙齿随机分成 5 组,每组 5 颗。用低速切割机制备厚 1 mm 的颊面牙

釉质切片。将切片中央正畸托槽粘接区域用 35% 磷酸凝胶(德国贺利氏公司)处理,酸蚀时间分别为 0、15、30、45、60 s,三用枪冲洗 30 s、吹干 30 s 后即刻采用 Carl Zeiss Ultra Plus 高分辨场发射扫描电子显微镜(德国 Zeiss 公司)观察切片中 1/3 处釉质表面形貌。同时采用扫描电镜配置的牛津 X-mas 能谱仪 EDS 测定各样本的钙磷含量并计算 Ca/P 比值。

#### 1.2.3 釉质表层显微硬度检测

将上述酸蚀时间为 0 s 的年轻及成年恒牙各 5 颗按显微硬度的测定要求制备厚 1 mm 的釉质切片,选取颊面中 1/3 部位 3 mm $\times$ 4 mm 范围为实验区,采用显微维氏硬度计 DHV-1000(上海尚材试验机有限公司)测定,测试载荷为 1.96 N,载荷施加 15 s,每个样品表面分散 5 个点,彼此至少远离 1 mm。在光镜下测量压痕对角线的长度,记录相应的维氏硬度值并计算其均值作为釉质表层的显微硬度值(Hv)。

#### 1.2.4 抗剪切强度检测

将用于抗剪切强度检测的 20 颗牙齿随机分成 4 组,每组 5 颗。将临床牙冠颊面中央正畸托槽粘接区域用 35% 磷酸凝胶(德国贺利氏公司)处理,酸蚀时间分别为 15、30、45、60 s,之后三用枪冲洗 30 s,吹干 30 s。选用上颌左侧第一前磨牙 MBT 直丝弓托槽(美国 3M 公司)经光固化粘结于牙齿颊面正中 1/3 部位,光照时间为 20 s。粘结后 10 min,将牙齿放置在 37℃人工唾液中储存 24 h,取出后进行冷热循环模拟试验,即在 5℃(冰水混合物)与 55℃水浴箱之间进行循环,每次循环时间 1 min,5℃ 30 s,55℃ 30 s,循环 1 200 次即 20 h 后用自凝塑料固定待检测。

利用电子万能材料试验机(美国 Instron 公司)施加剪切力。剪切刀具刃宽 3 cm,厚 0.5 mm,调节夹具使其放入托槽沟内,并使剪切力方向与托槽底板一致。剪切速度调至 1 mm/s,记录托槽从牙面上脱落瞬间的载荷,即最大抗剪切力,再计算成强度(MPa)。

#### 1.2.5 牙面残留树脂(ARI)评估

在 7 倍体视显微镜下观察托槽脱落后牙面残留树脂情况,并进行粘结剂残留指数(ARI)评估。ARI 计分如下:0 分:牙面上无残留粘结剂;1 分:牙面上有粘结剂残留,但不到粘结面积的一半;2 分:牙面上有粘结剂残留,且大于粘结面积的一半;3 分:所有粘结剂残留在牙面上,且粘结剂表面有托槽底板的压痕<sup>[5]</sup>。

### 1.3 统计学方法

用 SPSS17.0 统计软件进行统计学处理。采用方差同质性检验后, 年轻及成年恒牙 Ca/P 比值及抗剪切强度的组间比较使用单因素方差分析, 两两比较采用 LSD 检验。以  $P \leq 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 不同酸蚀时间组釉质表面形貌 SEM 观察

0 s 酸蚀组年轻恒牙颊面有许多波纹状的牙面平行线, 釉质表面可见釉柱端凹陷和许多微孔, 以及一些大小不等、较深的、呈弹坑样凹陷的灶性孔; 而成年恒牙釉质表面比较平坦、光滑致密, 高倍镜下可以看到表面有一些散在的、颗粒细小的沉积物(图 1A、F)。

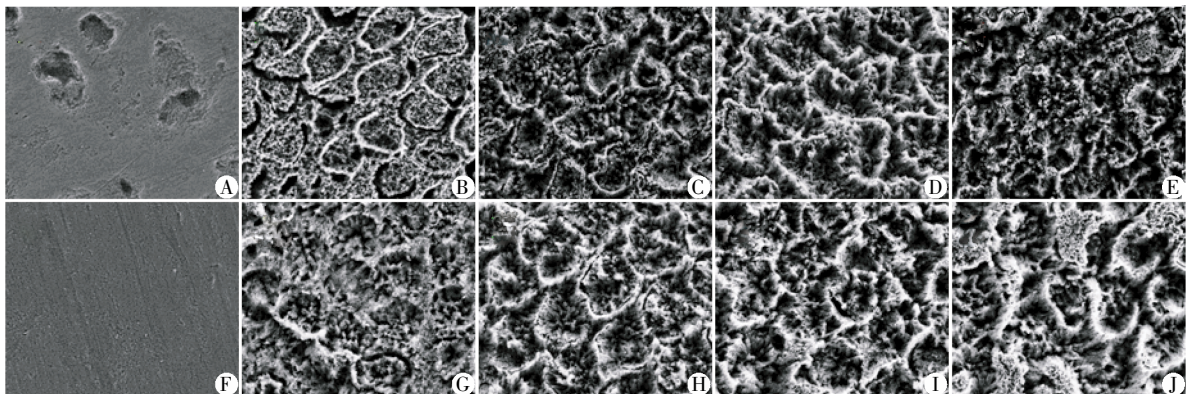
15 s 酸蚀组年轻恒牙酸蚀面脱矿明显, 与 0 s 组相比表面粗糙度明显增加, 可见釉柱的外形轮廓, 釉柱中心的釉质开始丢失, 柱间质初步溶解, 裂隙明

显, 整体呈现鱼鳞状改变; 成年恒牙釉质晶体形成细微颗粒和微孔, 釉柱缘形成窄的微裂隙, 呈浅蜂窝状(图 1B、G)。

30 s 酸蚀组年轻恒牙酸蚀面进一步脱矿, 釉柱间裂隙宽度变大, 釉柱顶部出现溶解迹象, 釉柱宽度及高度均有降低, 鱼鳞状改变明显; 成年恒牙釉质表面釉质沿釉柱间质溶解较多, 与 15 s 酸蚀组相比釉柱间裂隙明显, 釉柱顶部明显暴露, 整体呈现典型鱼鳞状改变(图 1C、H)。

45 s 酸蚀组年轻恒牙釉柱间质溶解增加, 釉柱间隙溶解形成的裂隙进一步加宽, 釉柱中心釉质高度、宽度明显降低; 成年恒牙与 30 s 酸蚀组无明显差异(图 1D、I)。

60 s 酸蚀组年轻恒牙釉柱中心溶解形成弹坑状缺损, 部分表面显示有深沟裂、孔隙, 呈岩石样观, 表面十分粗糙, 釉质表面正常结构几乎完全消失; 成年恒牙釉柱间质溶解加深, 釉质表面釉柱中心溶解形成凹陷(图 1E、J)。



A-E: 年轻恒牙酸蚀 0、15、30、45、60 s 后釉质表面形貌的 SEM 图像( $\times 5\ 000$ ); F-J: 成年恒牙酸蚀 0、15、30、45、60 s 后釉质表面形貌的 SEM 图像( $\times 5\ 000$ )。

图 1 不同酸蚀时间处理后年轻恒牙及成年恒牙釉质表面微观形貌

Figure 1 Surface microtopography of young and old permanent dental enamel after variable etch times

### 2.2 釉质表层元素含量分析

年轻恒牙釉质表层钙磷含量和 Ca/P 比值在不同酸蚀时间处理后无统计学差异 ( $P > 0.05$ )。成年恒牙钙含量在不同酸蚀时间处理后无统计学差异 ( $P > 0.05$ ), 而通过两两比较得出, 酸蚀 60 s 后釉质表层磷含量  $< 45$  s, Ca/P 比值  $< 30$  s、45 s, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ , 表 1)。

### 2.3 釉质表层显微硬度

成年恒牙釉质表面的显微硬度值为  $(421.01 \pm 62.24)$ Hv 明显大于年轻恒牙  $[(327.86 \pm 20.35)$ Hv], 差异有统计学意义 ( $P = 0.013$ )。

### 2.4 不同酸蚀时间组托槽抗剪切强度

不同酸蚀时间处理后, 年轻恒牙及成年恒牙的抗剪切强度均无统计学差异 ( $P > 0.05$ , 表 2)。同一酸蚀时间处理, 60 s 酸蚀后年轻恒牙托槽抗剪切强度小于成年恒牙 ( $P = 0.044$ ), 其余在年轻恒牙与成年恒牙间无统计学差异 ( $P > 0.05$ )。

### 2.5 ARI 评估

年轻恒牙经不同酸蚀时间处理后, 残留粘结剂指数之间无明显区别, 剪切破坏部位多在粘结剂之间。成年恒牙酸蚀 60 s 后破坏部位多在粘结剂之间, 其余各酸蚀时间处理后 ARI 指数均以 3 分居多, 说明剪切破坏部位多在粘结剂与托槽底板之间(表 3)。

表 1 年轻恒牙与成年恒牙釉质表层钙、磷含量以及 Ca/P 比值的比较

Table 1 Comparison of content of Ca, P and Ca/P between young and old permanent dental enamel surface (n=20)

| 组别   | 酸蚀时间 | 钙含量(mg/L)    | 磷含量(mg/L)    | Ca/P 比值     |
|------|------|--------------|--------------|-------------|
| 年轻恒牙 | 15 s | 34.33 ± 3.52 | 18.21 ± 1.17 | 1.88 ± 0.09 |
|      | 30 s | 34.97 ± 1.68 | 18.76 ± 0.59 | 1.86 ± 0.04 |
|      | 45 s | 34.21 ± 0.55 | 18.31 ± 0.31 | 1.87 ± 0.02 |
|      | 60 s | 35.55 ± 2.27 | 18.85 ± 0.92 | 1.88 ± 0.04 |
| 成年恒牙 | 15 s | 35.49 ± 3.62 | 18.74 ± 1.33 | 1.89 ± 0.06 |
|      | 30 s | 36.75 ± 2.42 | 18.99 ± 0.74 | 1.93 ± 0.06 |
|      | 45 s | 37.11 ± 1.96 | 19.21 ± 0.67 | 1.93 ± 0.04 |
|      | 60 s | 35.93 ± 2.72 | 18.81 ± 0.98 | 1.88 ± 0.04 |

表 2 不同酸蚀时间组托槽抗剪切强度比较

Table 2 Comparison of shear bond strength between young and old permanent dental enamel (MPa, n=20)

| 组别   | 酸蚀时间 | 平均值          | 范围          |
|------|------|--------------|-------------|
| 年轻恒牙 | 15 s | 13.06 ± 2.80 | 11.29~18.04 |
|      | 30 s | 13.72 ± 8.16 | 3.53~24.68  |
|      | 45 s | 13.74 ± 4.98 | 7.04~18.55  |
|      | 60 s | 9.28 ± 4.27  | 3.30~13.50  |
| 成年恒牙 | 15 s | 11.19 ± 3.68 | 6.70~15.02  |
|      | 30 s | 10.11 ± 3.82 | 6.61~16.26  |
|      | 45 s | 12.78 ± 5.75 | 7.30~21.12  |
|      | 60 s | 12.97 ± 3.93 | 7.29~16.45  |

表 3 牙面残留树脂情况 (ARI)

Table 3 Adhesive remnant index (ARI) (n)

| 组别   | 酸蚀时间 | n | ARI |    |    |    |
|------|------|---|-----|----|----|----|
|      |      |   | 0分  | 1分 | 2分 | 3分 |
| 年轻恒牙 | 15 s | 5 | 1   | 0  | 3  | 1  |
|      | 30 s | 5 | 0   | 1  | 2  | 2  |
|      | 45 s | 5 | 0   | 2  | 1  | 2  |
|      | 60 s | 5 | 0   | 1  | 3  | 1  |
| 成年恒牙 | 15 s | 5 | 0   | 1  | 0  | 4  |
|      | 30 s | 5 | 0   | 0  | 0  | 5  |
|      | 45 s | 5 | 0   | 1  | 1  | 3  |
|      | 60 s | 5 | 0   | 1  | 3  | 1  |

### 3 讨 论

国内外研究表明人类牙釉质有增龄性变化,随着年龄增长,牙釉质颜色、硬度、釉质外观均有变化,乳牙、年轻恒牙、年老恒牙的抗酸能力也不同。目前,显微硬度是公认的反映矿化组织矿化程度的灵敏、客观指标<sup>[6]</sup>,它能够在釉质已有脱矿但尚未形成实质性缺损时将矿化程度的变化检测出来。本研究测定的未酸蚀前釉质表层的显微硬度显示年轻恒牙釉质的矿化程度明显低于成年恒牙。同时,本研

究扫描电镜观察结果显示酸蚀前年轻恒牙釉质表面多孔、结构不良,尤其是一些较深较大的灶性孔,它们深达表层下釉质,成为氢离子进入、钙磷离子移出的内外层物质交换的通道,这些部位最容易发生脱矿<sup>[7]</sup>。而成年恒牙因长期处于口腔唾液环境中,当唾液内磷酸钙盐浓度增加,呈过饱和状态时,唾液中的钙磷离子就会较多地渗入釉质,在局部发生磷酸钙矿物质的沉积,这些沉积物堵塞了釉质表面的微孔,改善了釉质表面结构,使其表面平坦光滑。综上所述,由于自身结构缺陷等因素,年轻恒牙釉质表层与成年恒牙相比可能具有较弱的抗酸脱矿能力,与以往的研究报道相一致。

酸蚀处理后的牙釉质表面形成多孔表面层,使得树脂能够渗入酸蚀裂隙形成树脂突。这一树脂与釉质之间的机械嵌合力与化学结合力共同促进了托槽与釉质的牢固粘结。Diedrich<sup>[8]</sup>认为,酸蚀过程大致可分为 3 个阶段:酸蚀初期,釉柱缘形成窄的微裂隙,同时釉质的晶体结构变得较为明显,形成细微颗粒和微孔;随着酸蚀时间的延长,釉柱中心的釉质大量丢失,而柱间质相对完整,形成典型的蜂窝样形态;继续延长酸蚀时间,柱间质消失,裂隙增宽。因此认为,柱间质的溶解是酸蚀的高级阶段。

本研究扫描电镜观察结果显示,年轻恒牙在酸蚀 15 s 后柱间质已开始出现溶解,随着酸蚀时间的增加,釉柱间质溶解不断增多,柱间裂隙进一步加宽。同时,当酸蚀时间超过 30 s 后,年轻恒牙由于酸蚀造成釉柱高度的降低,酸蚀深度并未随酸蚀时间的增加而继续增大,而此时釉柱顶部已经开始逐渐被酸蚀破坏。酸蚀 30 s 与 15 s 的釉质表面相比,其形貌改变十分有限,说明过长的酸蚀并不能形成更加粗糙的表面,反而会破坏釉质表面结构,加重正畸治疗引起的早期牙釉质脱矿,增加治疗中或治疗结束后牙齿患龋的机率。成年恒牙与年轻恒牙相比,酸蚀 30 s 之后柱间质的溶解才逐渐明显,随酸蚀时间的延长,釉质表面形貌特点无明显差异。60 s 之后成年恒牙部分釉质结构模糊,与年轻恒牙相比,釉质表面正常结构破坏范围较小。本研究观察到的不同酸蚀时间釉质的表面形貌改变特点与以往的研究结果基本一致<sup>[9]</sup>,但由于扫描电镜仅有的图像定性分析使其利用其观察酸蚀釉质表面形态时缺乏统一的分级系统<sup>[10]</sup>,关于年轻及成年恒牙酸蚀后釉质表面形貌差异的定量检测仍需后续研究进一步分析。

牙釉质主要由以钙磷为主的磷灰石晶体和非晶体的磷酸钙盐类组成,包括羟磷灰石、磷酸氢钙、

磷酸三钙、磷酸四钙和磷酸八钙等。釉质受到酸的侵蚀后磷酸钙结晶溶解,钙磷离子流失,不同酸蚀时间处理后牙釉质表层的钙磷含量和 Ca/P 比值在一定程度上说明了釉质表层的脱矿程度。本研究通过利用釉质中不同元素的 X 线光子特征能量的不同进行成分分析,结果得出年轻恒牙酸蚀不同时间后釉质表面脱矿程度无明显差异;当酸蚀时间达到 60 s 后,成年恒牙磷含量及 Ca/P 比值均有一定程度的减小,釉质表层的脱矿程度增加。

牙面的酸蚀是影响正畸粘接力的重要因素。尽管牙科材料随工艺发展不断改进,托槽的脱落率仍维持在 0.5%至 16.0%<sup>[11]</sup>。粘结失败率的升高延长了临床治疗时间,同时也增加了牙釉质龋白斑甚至龋病的患病率。本研究完成的托槽抗剪切力实验选择临床上托槽脱落率较高的离体前磨牙作为研究对象,为尽可能模仿口内条件,测试前将粘结托槽 10 min 后的样本置于 37℃人工唾液中 24 h,并进行冷热循环 1 200 次,以求在最短时间内检测样本因热胀冷缩所引起的物理化学变化。实验结果显示,尽管酸蚀 60 s 后年轻恒牙的托槽抗剪切力强度与成年恒牙相比有一定程度的下降,这可能与其釉质表面正常结构的丧失有关,但随着酸蚀时间的延长,年轻及成年恒牙的托槽粘结强度并无明显差异,且均能满足正畸临床要求(6~8 MPa)<sup>[12]</sup>,这与以往的研究报道相符<sup>[13]</sup>。同时,ARI 指数表明,不同酸蚀时间年轻恒牙托槽粘结破坏部位均多发生在粘结剂之间,托槽的粘结强度较高;成年恒牙托槽粘结破坏部位多发生在粘结剂与托槽底板之间,相较于年轻恒牙托槽粘结强度更高,也表明去除牙面残留粘结剂的时间更长,对牙釉质损伤的机会也越大<sup>[14]</sup>。

综上所述,年轻恒牙酸蚀 15 s 后的托槽粘结强度已达到正畸临床要求,而当酸蚀时间超过 15 s 后,釉质表面结构均有不同程度的破坏,托槽抗剪切强度与 15 s 相比差异并无统计学意义,为了减少酸蚀对釉质表面的损害,防止正畸治疗所引起的早期牙釉质脱矿,建议正畸临床可适当减少酸蚀处理的时间。成年恒牙釉质由于自身结构具有较强的抗酸脱矿能力,临床上酸蚀时间可适当延长至 30 s。

[参考文献]

[1] 冶录平,罗颂椒. 不同时间酸蚀后年轻恒牙釉质表面形

态扫描电镜观察研究[J]. 中国实用口腔科杂志,2008, 1(8):482-484

[2] Trang TN,Arthur M,Maria FO. Characterization of the porosity of human dental enamel and shear bond strength in vitro after variable etch times;initial findings using the BET Method[J].Angle Orthodontist,2011,81(4):707-715

[3] Gardner A,Hobson R. Variations in acid-etch patterns with different acids and etch times [J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop,2001,120(1):64-67

[4] 吕若静,李玉晶,姚培. 初萌年轻恒牙釉质组织结构的特点[J]. 北京口腔医学,2003,11(3):125-127

[5] David VA,Staly RN,Bigelow HF,et al. Remnant amount and cleanup for 3 adhesives after debacketing [J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop,2002,121(3):291-296

[6] Lussi A,Jäggi T,Schärer S. The influence of different factors on in vitro enamel erosion [J]. Caries Res,1993,27(5):387-393

[7] Haikel Y, Frank RM, Voegel JC. Scanning electron microscopy of the human enamel surface layer of incipient carious lesions[J]. Caries Res,1983,17(1):1-13

[8] Dierich P.Enamel alterations from bracket bonding and debonding;a study with the scanning electron microscope [J].Am J Orthod,1981,79(5):500-522

[9] Nordenvall KJ,Brännström M,Malmgren O.Etching of deciduous teeth and young and old permanent teeth:A comparison between 15 and 60 seconds of etching [J]. Am J Orthod,1980,78(1):99-108

[10] Oliver RG. The effects of differing etch times on the etch pattern on enamel of unerupted and erupted human teeth examined using the scanning electron microscope [J]. Br J Orthod,1987,14(2):105-107

[11] Millett DT,Hallgren A,Cattanach D,et al. A 5-year clinical review of bond failure with a light-cured resin adhesive[J]. Angle Orthod,1998,68(4):351-356

[12] Evans LJ,Peters C,Flickinger C,et al. A comparison of shear bond strengths of orthodontic brackets using various light sources,light guides and cure times [J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop,2002,121(5):510-515

[13] Olsen ME,Bishara SE,Boyer DB,et al. Effect of varying etching times on the bond strength of ceramic brackets [J]. Am J Orthod Dentofacial Orthop,1996,109(4):403-409

[14] 房伯军,翟俊辉,杨亚因. 3 种正畸粘结剂抗唾液污染的剪切强度[J]. 上海口腔医学,2003,12(6):453-456

[收稿日期] 2013-07-01