

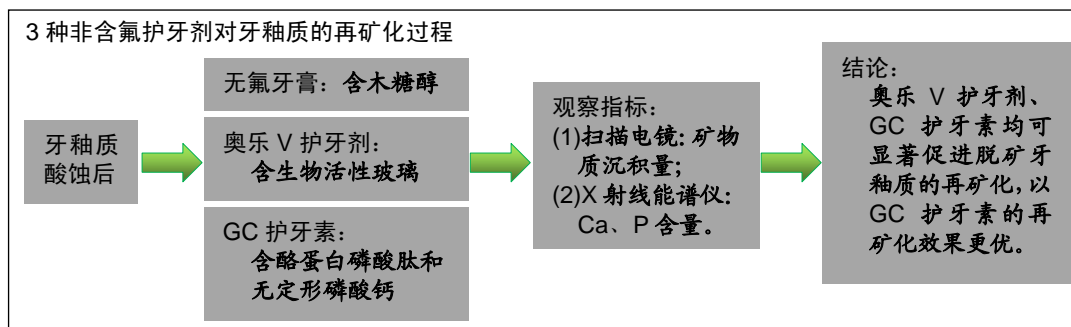
不同非含氟护牙剂对牙釉质酸蚀后再矿化效果影响的体内试验

伍廷芸¹, 王德堂¹, 朱友家², 阮琼³, 伍爱民¹, 何尚群¹, 曾小芳¹ (¹荆楚理工学院医学院, 湖北省荆门市 448000; ²武汉大学中南医院口腔医学中心, 湖北省武汉市 430079; ³荆门市康复医院口腔科, 湖北省荆门市 448000)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.1727

ORCID: 0000-0003-3437-9314(伍廷芸)

文章快速阅读:



伍廷芸, 男, 1981 年生, 贵州省安顺市人, 2008 年武汉大学毕业, 硕士, 讲师, 主治医师, 主要从事釉质脱矿后的再矿化及大学生心理学研究。

通讯作者: 朱友家, 武汉大学中南医院口腔医学中心, 湖北省武汉市 430079

文献标识码:A

稿件接受: 2019-01-22



文题释义:

生物活性玻璃: 是一类能对机体组织进行修复、替代与再生, 具有能使组织和材料之间形成键合作用的材料, 其主要成分为 SiO_2 、 Na_2O 、 CaO 和 P_2O_5 等组成的硅酸盐玻璃, 具有良好的生物相容性和生物安全性, 在接触到水或者唾液时释放出钙和磷酸盐离子, 构成羟磷灰石矿物质的基本元素。

酪蛋白磷酸肽-无定形磷酸钙: 酪蛋白磷酸多肽是动物奶酪中的一种多肽, 为色氨酸片段, 是运送钙、磷、氟到达牙齿的良好载体, 其与无定形磷酸钙结合形成酪蛋白磷酸多肽-无定形磷酸钙, 可将具有生物活性的钙离子和磷酸盐离子运送到牙齿表面, 起到磷酸钙储存库的作用。

摘要

背景: 低龄儿童吞咽反射发育尚未健全, 使用含氟牙膏存在氟中毒危险, 而无氟护齿剂因不含氟元素而具备非常优良的安全性能。

目的: 比较奥乐 V 护牙剂、GC 护牙素和无氟牙膏在家庭自我口腔保健中对于脱矿牙釉质的再矿化效果。

方法: 纳入荆门市康复医院口腔科因正畸需要拟拔除健康第一前磨牙的患者 15 例, 共 60 颗牙, 年龄 12-18 岁。将每例患者左侧的上下颌第一前磨牙作为对照组, 颊面酸蚀后即刻拔除; 无氟牙膏组随机选择 5 例患者, 右侧上下颌第一前磨牙颊面酸蚀后, 早晚以无氟牙膏刷牙, 10 d 后拔除; 奥乐 V 护牙剂组随机选择 5 例患者, 右侧上下颌第一前磨牙颊面酸蚀后, 早晚以奥乐 V 护牙剂刷牙, 10 d 后拔除; GC 护牙素组的 5 例患者, 右侧上下颌第一前磨牙颊面酸蚀后, 早晚使用含摩擦剂和发泡剂的普通牙膏刷牙后, 将 GC 护牙素均匀涂于酸蚀牙颊面 3 min, 10 d 后拔除。制备离体牙颊面牙釉质标本, 进行扫描电镜观察与 X 射线能谱分析。

结果与结论: ①扫描电镜显示, 对照组牙釉质表面不规则, 多孔隙, 呈蜂窝状改变, 釉柱中心溶解, 大部分出现孔隙样凹陷; 无氟牙膏组牙釉质表面可见散在的少量矿物质沉积, 奥乐 V 护牙剂组和 GC 护牙素组牙釉质表面仍有大量蜂窝状空隙, 同时有大量矿物质沉积, 孔隙变小, 矿化物颗粒细小, 沉积不均匀, GC 护牙素组沉积量较多; ②X 射线能谱分析显示, 对照组与无氟牙膏组钙、磷含量无差异 ($P > 0.05$), 奥乐 V 护牙剂组和 GC 护牙素组钙、磷含量无差异 ($P > 0.05$), 奥乐 V 护牙剂组、GC 护牙素组钙、磷含量高于对照组、无氟牙膏组 ($P < 0.05$); ③结果表明, 奥乐 V 护牙剂、GC 护牙素均可显著促进脱矿牙釉质的再矿化, 以 GC 护牙素的再矿化效果更优。

关键词:

护牙剂; 生物活性玻璃; 酪蛋白磷酸肽; 无定形磷酸钙; 奥乐 V 护牙剂; GC 护牙素; 无氟牙膏; 再矿化

中图分类号: R459.9

基金资助: 2016 年荆楚理工学院校级科研基金项目(QN201609), 项目负责人: 伍廷芸

Effects of different types of fluoride-free toothpaste on the remineralization of enamel after acid erosion: an *in vivo* study

Wu Tingyun¹, Wang Detang¹, Zhu Youjia², Ruan Qiong³, Wu Aimin¹, He Shangqun¹, Zeng Xiaofang¹ (¹Medical College, Jingchu University of Technology, Jingmen 448000, Hubei Province, China; ²Center of Stomatology, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430079, Hubei Province, China; ³Department of Stomatology, Jingmen Rehabilitation Hospital, Jingmen 448000, Hubei Province, China)

Wu Tingyun, Master, Lecturer, Attending physician, Medical College, Jingchu University of Technology, Jingmen 448000, Hubei Province, China

Corresponding author: Zhu Youjia, Center of Stomatology, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430079, Hubei Province, China

Abstract

BACKGROUND: The development of the swallowing reflex in young children is incomplete, and there is a risk of fluorosis when using fluoride toothpaste. By contrast, fluoride-free toothpaste is much safer for children.

OBJECTIVE: To compare the effects of OHOLV toothpaste, GC MI paste and fluoride-free toothpaste on the remineralization of demineralized enamel in family oral care.

METHODS: Fifteen patients, aged 12–18 years, who were prepared to receive extractions of healthy first premolars (60 teeth in total) due to orthodontic needs in the Department of Stomatology of Jingmen Rehabilitation Hospital, were included. Left maxillary and mandibular first premolars as controls were extracted immediately after acid eroding on the buccal surface. Five patients were randomly selected and included into fluoride-free toothpaste group. After their right maxillary and mandibular first premolars were eroded, fluoride-free toothpaste was applied every morning and evening, and after 10 days, these teeth were extracted. Five patients were randomly selected and included into OHOLV toothpaste group. After their right maxillary and mandibular first premolars were eroded, OHOLV toothpaste was applied every morning and evening, and after 10 days, these teeth were extracted. Similarly, for the five patients in the GC MI paste group, the same erosion was performed before the application of GC MI paste for 3 minutes every morning and evening, and after 10 days, these teeth were also extracted. Buccal enamel specimens were isolated, observed and analyzed by scanning electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) Scanning electron microscope showed that the enamel surface in the control group was irregular, porous and honeycomb-shaped, the center of the enamel rod dissolved, and many porous defects appeared. A few scattered mineral deposits could be seen on the enamel surface in the fluoride-free toothpaste group. There were still a lot of honeycomb-shaped pores on the enamel surface in the OHOLV toothpaste and GC MI paste groups. Meanwhile, there were also a large number of mineral deposits and the pores became smaller. The mineralized particles were small and the deposits were uneven. The GC MI paste group had a larger amount of deposits. (2) Energy-dispersive X-ray spectroscopy showed no difference in calcium and phosphorus levels between control and fluoride-free toothpaste groups ($P > 0.05$). No difference was observed in the calcium and phosphorus levels between OHOLV toothpaste and GC MI paste groups ($P > 0.05$). The OHOLV toothpaste and the GC MI paste groups had higher calcium and phosphorus levels than the control and fluoride-free toothpaste groups ($P < 0.05$). (3) These results suggest that OHOLV toothpaste and GC MI paste can significantly promote the remineralization of demineralized enamel, especially GC.

Key words: toothpaste; bioactive glass; casein phosphopeptides; amorphous calcium phosphate; OHOLV toothpaste; fluoride-free toothpaste; remineralization

Funding: the Scientific Research Foundation of Jingchu University of Technology in 2016, No. QN201609 (to WTY)

0 引言 Introduction

近年来, 由于儿童含糖食品摄入量不断增加、早晚正确刷牙方式依从性不佳, 监护人口腔卫生保健意识相对薄弱, 尤其是留守儿童人群比例的扩大所造成的隔代喂养, 这些相关因素导致了如今国内儿童龋坏的患病率仍旧居高不下^[1-3]。适氟地区的学龄前儿童使用含氟牙膏, 须掌握使用方法, 否则可能与儿童在其他日常生活中摄入的氟一起导致体内氟含量超标, 促进氟斑牙的产生^[4], 况且氟在龋病高危人群中的作用并不明显^[5]。此外, 低龄儿童吞咽反射发育尚未健全, 使用含氟牙膏也存在着一定误吞危险^[6], 从而使其应用受到了一定程度的限制。因此, 学者们逐渐将目光转向了毒副作用相对较轻的天然药物^[7-9], 还有学者对不同浓度矿物质含量的再矿化作用进行了相关研究^[10-14]。

GC护牙素是含有10%酪蛋白磷酸多肽无定形磷酸钙复合体的膏状物, 其中的无定形磷酸钙是从牛奶中提取的钙离子和磷酸盐离子酪蛋白, 酪蛋白磷酸多肽是动物奶酪中的一种多肽, 为色氨酸片段, 具备非常优良的安全性能, 酪蛋白磷酸肽无定形磷酸钙在菌斑内极易溶解, 分解出生物活性 Ca^{2+} 和 PO_4^{3-} , 两者在牙釉质表面保持一种过饱和状态, 促进脱矿的牙釉质再矿化^[15], 同时还能维持菌斑内高游离 Ca^{2+} 浓度, 使得致龋菌细胞一直处于高钙环境中, 影响细菌细胞内的代谢过程, 从产生抑菌、杀菌, 促进再矿化。此外, 酪蛋白磷酸肽无定形磷酸钙复合体还可促进全身对钙的吸收, 促进全身硬组织的形成^[16]。

生物活性玻璃是近年来的新兴材料, 主要成分为钙钠

磷硅酸, 初期被应用于骨的再生, 后来被应用于口腔领域, 因其具有良好的生物相容性且生物安全性好, 故学龄前儿童可长期使用。生物活性玻璃的再矿化原理是: 当与唾液接触时, 颗粒中的 Na^+ 与唾液中的 H^+ 置换, 使溶液的pH值升高, 颗粒中的 Ca^{2+} 、 PO_4^{3-} 释放, 与唾液中的钙磷离子沉积在脱矿牙釉质表面, 形成类羟基磷灰石, 从而促进早期龋的再矿化^[17]。牙釉质的主要无机成分为羟基磷灰石, 当被酸溶解后, 牙釉质表面硬度会相应降低, 因此可认为脱矿后的牙釉质表面显微硬度减少与其矿物质含量丢失具有一定的相关性^[18]。

课题所采用的材料均为无氟制剂, 通过比较含有生物活性玻璃的奥乐V护牙剂、含酪蛋白磷酸肽无定形磷酸钙复合体的GC护牙素和含木糖醇的无氟牙膏对脱矿牙釉质的再矿化效果, 为家庭自我口腔保健中选择有效且安全的护齿剂提供实验依据。

1 对象和方法 Subjects and methods

1.1 设计 随机分组观察研究。

1.2 时间及地点 牙釉质酸蚀试验于2018年1至6月在荆门市康复医院完成; 指标检测于2018年7月在武汉大学测试中心完成。

1.3 对象 选择荆门市康复医院口腔科因正畸需要拟拔除上颌第一前磨牙的患者15例, 每例4颗牙, 共60颗牙, 患者年龄12–18岁, 平均16.3岁。

纳入标准: 要求拟拔除牙活髓的患者; 牙釉质发育正常, 无龋坏、无缺损、无裂纹; 患者无高氟地区生活史;

测试期间不得饮用碳酸饮料及酸性食品。

所有受试者及其监护人均签署知情同意书, 上交伦理审查材料清单, 试验报经荆楚理工学院附属医院伦理委员会(审批文号: 20170915017)批准同意后实施。

1.4 材料 无氟儿童牙膏(柳州两面针股份有限公司, 含木糖醇成分); 奥乐V巩固型儿童护牙剂(上海诺晟医疗科技有限公司, 含生物活性玻璃成分); GC护牙素(日本株式会社, 含酪蛋白磷酸肽和无定形磷酸钙成分), 见表1; 电镜能谱仪(日本日立公司)。

表1 不含氟护牙剂介绍

Table 1 Introduction of fluoride-free toothpaste

| 项目 | 无氟儿童牙膏 | 奥乐V巩固型儿童护牙剂 | GC护牙素 |
|------|---------------|--------------|---------------|
| 生产厂家 | 柳州两面针股份有限公司 | 上海诺晟医疗科技有限公司 | 日本株式会社 |
| 批号 | 10307 | 2017-05-08 | 171106V |
| 主要成分 | 甘油磷酸钙、木糖醇、生育酚 | 生物活性玻璃 | 酪蛋白磷酸肽、无定形磷酸钙 |
| 功效 | 再矿化 | 再矿化 | 再矿化 |

1.5 方法

1.5.1 试验分组 将每例患者左侧的上下颌第一前磨牙作为对照组, 颊面酸蚀后即刻拔除; 无氟牙膏组随机选择5例患者, 右侧上下颌第一前磨牙颊面酸蚀后, 早晚以无氟牙膏刷牙, 10 d后拔除; 奥乐V护牙剂组随机选择5例患者, 右侧上下颌第一前磨牙颊面酸蚀后, 早晚以奥乐V护牙剂刷牙, 10 d后拔除; GC护牙素组的5例患者, 右侧上下颌第一前磨牙颊面酸蚀后, 早晚以GC护牙素涂布, 10 d后拔除。

1.5.2 牙釉质酸蚀方法 将第一前磨牙颊面用小毛刷蘸无氟牙膏低速抛光30 s, 冲洗30 s, 吹干10 s。将黏性胶中央区剪出3 mm×3 mm的开窗区, 贴在第一前磨牙颊面, 用正畸酸蚀剂对开窗区酸蚀60 s, 然后冲洗30 s, 吹干。

1.5.3 再矿化实验 所有受试者统一给予电动牙刷(博朗D12013), 并对受试者进行电动牙刷使用方法指导, 无氟牙膏组早晚使用含木糖醇的无氟牙膏刷牙3 min; 奥乐V护牙剂组早晚使用奥乐V护牙剂刷牙3 min; GC护牙素组早晚使用只含摩擦剂和发泡剂的普通牙膏刷牙后, 将GC护牙素均匀涂于酸蚀牙颊面3 min。3组保持30 min内不进食, 不饮水, 10 d后拔除所有受试牙。测试期间不得饮用碳酸饮料及酸性食品。

1.5.4 牙釉质样本的制备 将新鲜拔除的上下颌第一前磨牙去除根部软组织, 冲洗干净后贮存于4 ℃含有0.05%麝香草酚的去离子水中备用。实验前分离冠根, 再用慢速切割机沿每颗牙冠唇面中央沟的近远中向沿牙体长轴纵切成2个釉质块, 釉质块超声清洗、干燥后, 选择酸蚀的颊侧釉质表面为实验面。

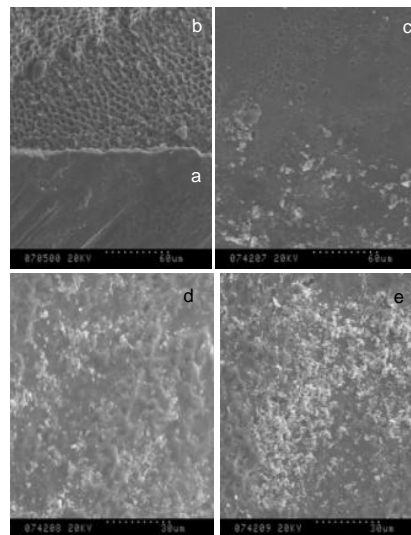
1.6 主要观察指标 每组随机选取5个样本, 自然干燥, 固定于载物台, 在各样本的观察界面上随机选取3个点, 进

行X射线能谱仪检测, 分析牙釉质表面的元素含量, 计算钙磷质量百分数。能谱分析仪测定完毕后, 离子溅射仪进行表面喷金处理, 扫描电镜下观察脱矿釉质及各组再矿化后的釉质表面形态(20 kV、×5 000)。

1.7 统计学分析 采用SPSS 22.0软件进行数据输入和分析, 各组间钙磷含量的比较选用单因素方差分析, 组间两两比较采用SNK-q检验, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果 Results

2.1 扫描电镜观察结果 对照组非酸蚀区正常牙釉质表面光滑、均一, 见图1a; 酸蚀区脱矿后, 可见牙釉质表面不规则、多孔隙, 呈蜂窝状改变, 釉柱中心溶解, 大部分出现孔隙样凹陷, 见图1b, 在酸蚀区与非酸蚀区之间可见一明显分界线。无氟牙膏组可见散在的少量矿物质沉积, 见图1c。奥乐V护牙剂组和GC护牙素组牙釉质表面仍有大量蜂窝状空隙, 可见大量矿物质沉积, 孔隙变小, 矿化物颗粒细小, 沉积不均匀, GC护牙素组沉积量较多, 范围较广, 见图1d, e。



图注: 图中 a 为对照组非酸蚀区, 牙釉质表面光滑、均一; b 为对照组酸蚀区, 牙釉质表面不规则、多孔隙, 呈蜂窝状改变, 釉柱中心溶解, 大部分出现孔隙样凹陷; c 为无氟牙膏组, 可见散在的少量矿物质沉积; d 为奥乐V护牙剂组, 牙釉质表面有大量蜂窝状空隙及大量矿物质沉积, 孔隙变小, 矿化物颗粒细小, 沉积不均匀; e 为GC护牙素组, 牙釉质表面有大量蜂窝状空隙及大量矿物质沉积, 孔隙变小, 矿化物颗粒细小, 沉积不均匀, 矿物质沉积多于奥乐V护牙剂组。

图1 各组牙釉质表面扫描电镜观察结果(×5 000)

Figure 1 Scanning electron microscope observation of enamel in different groups (×5 000)

2.2 牙釉质表面钙磷元素含量分析结果 因牙釉质的主要成分为羟基磷灰石, 故各组检测出的主要元素均为Ca、P两种主要成分。各组经再矿化后, 对照组酸蚀区与无氟牙膏组的Ca、P质量分数比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 奥乐V护牙剂组和GC护牙素组Ca、P质量分数明显高于对照组酸蚀区($P < 0.05$), 无氟牙膏组再矿化后的Ca、P质量分数低于奥乐V护牙剂组和GC护牙素组($P < 0.05$),

奥乐V护牙剂组和GC护牙素组Ca、P质量分数比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 见表2, 图2。

表2 各组牙釉质表面钙磷质量分数的比较 ($\bar{x} \pm s$, %)
 Table 2 Comparison of calcium and phosphorus contents in enamel surface of different groups

| 组别 | Ca | P |
|---------|---------------------------|---------------------------|
| 对照组 | | |
| 酸蚀区 | 30.23±1.90 ^a | 16.55±1.15 ^a |
| 非酸蚀区 | 49.16±2.01 | 25.06±1.21 |
| 无氟牙膏组 | 32.73±1.23 ^a | 17.84±0.86 ^a |
| 奥乐V护牙剂组 | 41.08±1.62 ^{abc} | 20.51±0.95 ^{abc} |
| GC护牙素组 | 43.27±1.35 ^{abc} | 19.97±1.02 ^{abc} |

表注: 与对照组非酸蚀区比较, ^a $P < 0.05$; 与对照组酸蚀区比较, ^b $P < 0.05$; 与无氟牙膏组比较, ^c $P < 0.05$ 。

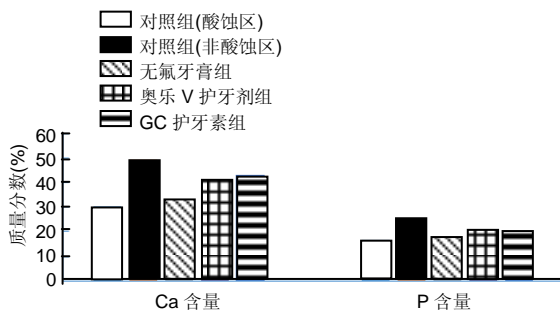


图2 各组牙釉质表面钙磷含量柱形图

Figure 2 Column chart of calcium and phosphorus contents in enamel surface of different groups

3 讨论 Discussion

儿童龋病的早期防治, 是当今中国社会公共卫生预防保健中的一项难点, 当幼儿牙齿长期接触酸性食物时, 如水果及碳酸饮料等, 将导致牙釉质表面脱钙, 矿物质流失, 从而引起釉面损伤, 同时也容易遭受细菌侵蚀, 产生龋齿。因此, 脱矿牙齿需要及时作矿化处理, 以保持釉面坚硬、光洁, 保持牙齿健康^[19-20]。氟制剂的防龋效果已为全球所公认, 但同时氟所引起的一系列毒副作用已备受关注, 相当一部分含氟的保健品必须在专业医师指导下方可使用, 这使氟化物不能广泛地在普通人群中推广, 故迫切需要更多、安全有效、容易被普及使用的再矿化试剂出现^[21]。

奥乐V护牙剂是一种以Novamin为主要成分的新型不含氟口腔保健产品, 属于第3代生物活性玻璃, 主要成分为钙钠磷硅酸, 最初被开发用作骨再生材料^[22], 其通过释放钙磷离子在牙齿表面形成类羟基磷灰石样结构, 促进牙体硬组织再矿化^[23-24]。研究中使用含这类生物活性玻璃的无氟护牙剂, 在口内存留10 d后拔除牙釉质样品, 扫描电镜观察牙釉质表面虽然仍有蜂窝状空隙, 但牙釉质表面有大量矿物质沉积, 孔隙变小, 矿化物颗粒细小, 沉积不均匀, 这与刘子晗等^[25]的观察结果相一致。奥乐V护牙剂组经再矿化后X射线能谱仪检测分析牙釉质表面的元素含量, 发

现其表面Ca、P质量分数较对照组酸蚀区明显($P < 0.05$), 且无氟牙膏组再矿化后牙釉质表面Ca、P质量分数低于奥乐V护牙剂组。周淑等^[26]使用生物活性玻璃对乳牙牙本质龋再矿化的体外研究显示, 生物活性玻璃及1.1 g/L含氟牙膏均可使脱矿牙本质再矿化, 但生物活性玻璃的再矿化效果优于1.1 g/L含氟牙膏。陈俊宇等^[27]认为生物活性玻璃儿童牙膏能有效促进乳牙早期牙釉质龋再矿化, 而双黄连儿童牙膏和木糖醇儿童牙膏未能体现出再矿化能力, 这也与此次课题的研究结果相符。对于再矿化效果的浓度而言, 方谦等^[28]认为质量分数6%生物活性玻璃溶液促进脱矿釉质再矿化的疗效较好。

GC护牙素的主要成分为酪蛋白磷酸多肽和无定形磷酸钙, 酪蛋白磷酸多肽和无定形磷酸钙可进入菌斑内部, 提高菌斑内钙磷含量, 抑制牙齿脱矿, 促进再矿化。酪蛋白磷酸多肽是动物奶酪中的一种多肽, 为色氨酸片段, 极易与钙磷结合, 形成酪蛋白磷酸多肽复合物, 起到磷酸钙存储作用, 抑制牙釉质脱矿, 促进再矿化。无定形磷酸钙是从牛奶中提取的钙离子和磷酸盐离子, 能被牙面吸收^[29]。Zhou等^[30]观察到酸蚀后的牙釉质表面经再矿化后, 其孔隙结构能被结晶所堵塞, 矿化效果越好, 表面结构越趋于平坦。此次研究中, GC护牙素组扫描电镜结果显示牙釉质表面有大量矿化物结晶形成, 再矿化治疗效果明显; 牙釉质酸蚀后, 在口内存留10 d期间使用GC护牙素再矿化后, 扫描电镜观察牙釉质表面有大量成片的矿物质沉积, 覆盖于孔隙样凹陷之间, 相比奥乐V护牙剂组沉积量更多、范围更广。牙釉质表面的钙磷在一定程度上是成比例的, 而且这一比例一般情况下不会发生变化, Peric等^[31]也指出了X射线能谱检测的元素比例即便在再矿化后也没有显著差异。再矿化后, X射线能谱仪检测分析牙釉质表面的元素含量时发现, GC护牙素组牙釉质表面Ca、P质量分数均明显高于对照组酸蚀区($P < 0.05$), 且无氟牙膏组再矿化后牙釉质表面的Ca、P质量分数同样低于GC护牙素组, 但奥乐V护牙剂组与GC护牙素组间Ca、P质量分数比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 同时GC护牙素组Ca质量分数最高。崔晶等^[32]体外比较多乐氟、护牙素和含氟牙膏促进脱矿釉质再矿化的效果发现, 含氟材料或亚稳定无定形磷酸钙材料均可显著促进脱矿牙釉质的再矿化, 护牙素的效果最好。此次研究中, 经酪蛋白磷酸多肽无定形磷酸钙复合物再矿化处理, 扫描电镜显示有小球状物质沉积于牙釉质表面和间隔, 与Agrawal等^[33]的研究结论基本一致。

许多学者针对酸蚀后的牙釉质形态、显微硬度、成分分析等方面做了大量体外研究, 但有关酸蚀后牙面在口腔内环境中的再矿化动态观察报道较少。进行体外实验时, 由于没有唾液、菌斑、饮食等复杂因素的影响, 其结果不能直接反映在口腔内环境中的变化。课题通过扫描电镜和X射线能谱分析对比观察了酸蚀后牙齿使用不同类型无氟护牙剂在口腔内环境状态下的牙釉质表面形态及Ca、P含

量差异, 从定量和定性两方面对实验结果进行分析, 保证了研究结果的可靠性。

综上所述, 试验表明生物活性玻璃或亚稳定无定形磷酸钙材料均可显著促进脱矿牙釉质的再矿化, 对于高氟地区及4岁以下的学龄前儿童尤为适用, 具有良好的应用前景。然而此次研究试验时间较短, 对于再矿化的远期效果还有待观察; 同时, 由于现今市面上或媒体中只重在普及含氟牙膏的牙釉质修复性, 几乎并未警示含氟牙膏过量使用的危险性, 出于再矿化材料生物性能的安全性考虑, 在接下来的实验中会进一步探索茶叶、葡萄籽中等天然生物活性因子对牙釉质的再矿化作用^[34-36], 为市场研制出更为安全有效的再矿化护牙剂提供实验依据。

作者贡献: 伍廷芸、朱友家进行试验设计, 试验实施为伍廷芸、王德堂、阮琼, 试验评估为伍爱民, 资料收集为何尚群、曾小芳, 伍廷芸成文, 朱友家审核。

经费支持: 该文章接受了“2016年荆楚理工学院校级科研基金项目(QN201609)”的资助。所有作者声明, 经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突: 文章的全部作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。

机构伦理问题: 试验经荆楚理工学院附属中心医院伦理委员会(审批文号: 20170915017)批准同意后实施。

知情同意问题: 受试者及监护人对试验知情同意。

写作指南: 该研究遵守《观察性临床研究报告指南》(STROBE指南)。

文章查重: 文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行3次查重。

文章外审: 文章经小同行外审专家双盲外审, 同行评议认为文章符合期刊发稿宗旨。

生物统计学声明: 该文统计学方法已经荆楚理工学院医学院生物统计学专家审核。

文章版权: 文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明: 这是一篇开放获取文章, 根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享4.0”条款, 在合理引用的情况下, 允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展, 同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献, 并为之建立索引, 用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

[1] 吉雅丽, 王志刚, 杨洋生, 等. 河南农村6岁儿童乳牙患龋及影响因素分析[J]. 中国学校卫生, 2015, 36(11): 1741-1743.

[2] 李杨, 房丹. 遵义地区留守儿童早期重症龋相关因素分析[J]. 中国妇幼保健, 2016, 31(12): 2492-2496.

[3] 甘敏福, 顾杰林, 叶翀, 等. 广西贵港市12岁留守儿童和非留守儿童龋病现状分析[J]. 广西医学, 2017, 39(11): 1750-1751.

[4] 杨凯, 张绍伟, 叶小明. 大鼠氟斑牙(含氟牙膏型)动物模型的建立及实验检测[J]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2017, 11(4): 204-210.

[5] Rosin-Grgert K, Peros K, Sutej I. The cariostatic mechanisms of fluoride. Acta Medica Academica. 2013; 42(2): 179-188.

[6] 黄少宏. 群体氟防龋指导策略[J]. 中国实用口腔杂志, 2014, 7(7): 389-394.

[7] 林永旺, 杨湘俊, 白兰, 等. 表没食子儿茶素浸食子酸酯对脱矿釉质再矿化作用的体外研究[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2017, 27(11): 634-637+660.

[8] 周晶, 朱丽德孜·托列别克, 李一鸣, 等. 天然药物表没食子儿茶素浸食子酸酯与牙本质龋的再矿化[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(3): 389-393.

[9] 王丽梅, 刘字珍, 吕再玲, 等. 隔山消不同溶剂提取物对脱矿釉质再矿化作用的实验研究[J]. 口腔医学, 2015, 35(11): 897-900.

[10] 李子夏, 朱勇, 左艳萍, 等. 不同浓度锌的含氟矿化液对人恒前磨牙釉质脱矿影响的体外研究[J]. 医学研究杂志, 2015, 44(9): 94-96.

[11] Lynch RJ, Churchley D, Butler A, et al. Effect of zinc and fluoride on the remineralization of artificial carious lesions under simulated plaque fluid conditions. Caries Res. 2011; 45(3): 313-322.

[12] 李文娟, 程敏, 童辉燕, 等. 含硅再矿化液中硅含量对脱矿牙釉质再矿化影响研究[J]. 中国实用口腔杂志, 2015, 8(7): 431-434.

[13] Saito T, Toyooka H, Ito S, et al. In vitro study of remineralization of dentin: effects of ions on mineral induction by decalcified dentin matrix. Caries Res. 2003; 37(6): 445-449.

[14] 李子夏, 彭彬, 左艳萍. 不同浓度锶的含氟矿化液对脱矿牙釉质的再矿化作用研究[J]. 山西医科大学学报, 2015, 46(2): 155-156.

[15] Yamaguchi K, Miyazaki M, Takamizawa T, et al. Effect of bovine enamel as determined by an ultrasonic device. J Dent Res. 2006; 34(3): 230-236.

[16] 黄婉灵, 张泽标, 张莹. 氟化钠联合护牙素治疗牙釉质脱矿再矿化的效果评价[J]. 中国医药科学, 2017, 7(18): 19-22.

[17] 李文娟, 方谦. 生物活性玻璃促进釉质人工龋再矿化效果的研究[J]. 实用口腔医学杂志, 2017, 33(6): 731-734.

[18] 马文婷, 秦杰, 杨清岭. 五倍子单宁酸联合BAG对乳牙釉质龋再矿化的定量评价[J]. 中国电视学与图像分析, 2018, 23(3): 278-282.

[19] 董志红, 聂志萍, 周长春. 自然唾液中介孔生物活性玻璃诱导牙釉质仿生再矿化研究[J]. 无机材料报, 2016, 31(1): 88-94.

[20] Bekes K. 2-Clinical presentation and physiological mechanisms of dentine hypersensitivity. Dentine Hypersensitivity, 2015: 21-32.

[21] 王丽, 李娜, 郑雪飞, 等. CPP-ACP与nHAP 2种再矿化试剂对人工致龋液pH值的影响[J]. 新疆医科大学学报, 2015, 38(2): 219-222.

[22] Walsh LJ. Contemporary technologies for remineralization therapies: A review. Int Dent Sa. 2009; 4(4): 34-46.

[23] Andersson OH, Kangasniemi I. Calcium phosphate formation at the surface of bioactive glass in vitro. J Biomed Mater Res. 1991; 25(8): 1019-1030.

[24] Wefel JS. Nova Min: Likely clinical success. Adv Dent Res. 2009; 21(1): 40-43.

[25] 刘子晗, 郑红, 徐疾, 等. 牙齿脱敏剂对釉质再矿化的体外研究[J]. 实用医学杂志, 2016, 32(12): 1930-1933.

[26] 周淑, 刘子晗, 郑红. 生物活性玻璃对乳牙牙本质龋再矿化的体外研究[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2016, 36(1): 107-109.

[27] 陈俊宇, 杜倩, 刘琰, 等. 3种无氟儿童牙膏对乳牙早期釉质龋再矿化作用的体外研究[J]. 口腔医学, 2015, 35(8): 632-635.

[28] 方谦, 穆玉, 周雪, 等. 生物活性玻璃对体外脱矿釉质再矿化的影响[J]. 郑州大学学报(医学版), 2016, 51(2): 263-266.

[29] 骆慧, 贾德蛟, 刘海霞, 等. 酪蛋白磷酸多肽/无定形磷酸钙复合物与氟化钠预防正畸托槽周围的牙釉质脱矿[J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(3): 377-381.

[30] Zhou C, Zhang D, Bai Y, et al. Casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate remineralization of primary teeth early enamel lesions. J Dent. 2014; 42(1): 21-29.

[31] Peric TO, Markovic DL, Radojevic VJ, et al. Influence of pastes containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on surface of demineralized enamel. J Appl Biomater Funct Mater. 2014; 12(3): 234-239.

[32] 崔晶, 曹军, 赵信义, 等. 多乐氟、护牙素及含氟牙膏促进釉质再矿化的体外研究[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2016, 26(4): 231-235.

[33] Agrawal N, Shashikiran ND, Singla S, et al. Atomic force microscopic comparison of remineralization with casein-phosphopeptide amorphous calcium phosphate paste, acidulated phosphate fluoride gel and iron supplement in primary and permanent teeth: an in-vitro study. Contemp Clin Dent. 2014; 5(1): 75-80.

[34] 徐晓南, 方谦, 彭伟, 等. 绿茶浸提液对釉质再矿化作用的体外研究[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2015, 25(10): 602-605.

[35] 陈莹, 梁迎东, 杨华甫, 等. 普洱茶水浸液对人工龋齿显微硬度的影响[J]. 大理学院学报, 2015, 14(10): 6-8.

[36] 施桔红, 黎红, 王伊娜. 葡萄籽提取物促进早期牙本质龋再矿化作用的体外研究[J]. 上海口腔医学, 2015, 24(1): 18-22.