

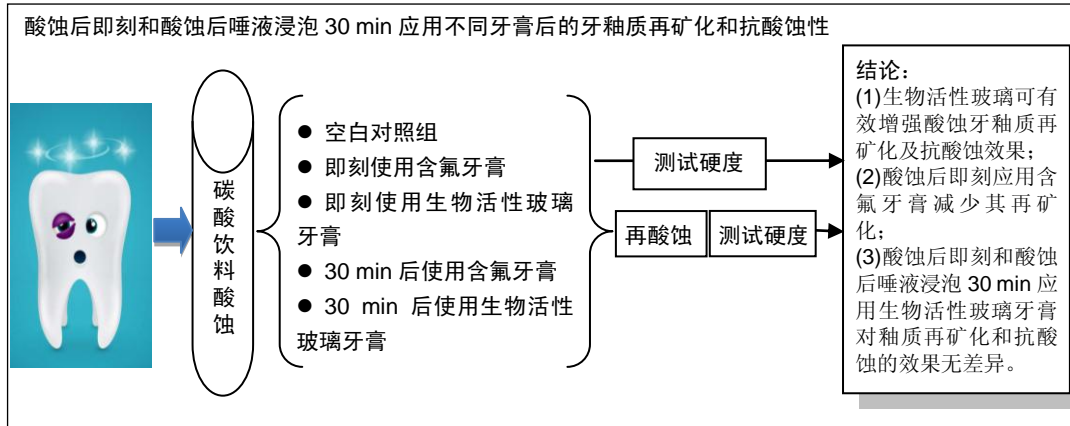
酸蚀后不同时间应用两种牙膏对牙釉质再矿化和抗酸蚀的效果

赵玉龙¹, 杨德圣², 许繁¹, 李岩峰³ (¹南方医科大学口腔医院, 广东省广州市 510000; ²武警总医院, 北京市 100000; ³解放军总医院第一附属医院, 北京市 100000)

DOI:10.3969/j.issn.2095-4344.0685

ORCID: 0000-0001-7390-6207(赵玉龙)

文章快速阅读:



赵玉龙, 男, 1988 年生, 山东省日照市人, 医师, 医学硕士, 主要从事口腔修复研究。

中图分类号:R318

文献标识码:A

稿件接受: 2018-06-23



文题释义:

生物活性玻璃: 是一种在高温高压下溶制的无色无味白色颗粒状粉末, 由钙、磷、硅和钠(Ca、P、Si 和 Na)组成, 是一种以钙钠磷硅酸为活性成分的矿物质, 其中 SiO₂占 45%, Na₂O 和 CaO 各占 24.5%, P₂O₅占 6%, 遇水反应释放钙磷离子并呈碱性, 该材料具有良好的生物相容性。

牙齿酸蚀症: 是指在无细菌参与的情况下, 由于接触牙面的酸或其螯合物化学侵蚀作用而引起的一种病理的、慢性的牙体硬组织表面浅层丧失。当酸性物质进入口腔, 使口腔内 pH 值改变, 出现了大量 H⁺, 使牙釉质中的磷酸钙发生溶解, 牙釉质发生脱矿, 产生硬组织丧失。

摘要

背景: 多数学者建议食用酸性食物 30 min 以后刷牙, 以减少牙齿磨损, 但不同时间应用牙膏制剂再矿化的效果差异研究较少。

目的: 比较在酸蚀后即刻和酸蚀后唾液浸泡 30 min 应用生物活性玻璃牙膏或含氟牙膏, 对酸蚀牙釉质再矿化和再矿化后抗酸蚀的影响。

方法: 取 50 个牛牙釉质样本, 经碳酸饮料酸蚀后随机分为 5 组进行再矿化实验, 空白对照组置于天然唾液中 30 min; 即刻含氟组和即刻生物活性玻璃组分别立即涂抹含氟牙膏浆和生物活性玻璃牙膏浆, 然后置于天然唾液中 30 min; 30 min 后含氟牙膏组和 30 min 后生物活性玻璃组置于天然唾液中 30 min 后, 再分别涂抹含氟牙膏浆和生物活性玻璃牙膏浆; 再矿化实验后, 将各组样本再次经碳酸饮料酸蚀。再矿化实验与再酸蚀实验后, 检测各组样本表面显微硬度, 并进行扫描电镜观察。

结果与结论: ①再矿化实验后, 各组表面显微硬度值均高于空白对照组($P < 0.05$), 生物活性玻璃组表面显微硬度值高于含氟组($P < 0.05$), 30 min 后含氟牙膏组表面显微硬度值高于即刻含氟组($P < 0.05$); ②再酸蚀实验后, 各组表面显微硬度值降低幅度均低于空白对照组($P < 0.05$), 生物活性玻璃组表面显微硬度值降低幅度低于含氟组($P < 0.05$); ③再矿化及再酸蚀实验后, 空白对照组釉柱间质破坏最严重, 间质表面较釉柱明显降低; 生物活性玻璃组表面最为平坦, 釉柱与釉柱间质破坏最小, 表面可见有大量球形颗粒附着; ④结果表明, 生物活性玻璃可有效增强酸蚀牙釉质再矿化及抗酸蚀效果, 酸蚀后即刻应用含氟牙膏减少其再矿化; 酸蚀后即刻和酸蚀后唾液浸泡 30 min 应用生物活性玻璃牙膏对釉质再矿化和抗酸蚀的效果无差异。

关键词:

生物活性玻璃牙膏; 含氟牙膏; 再矿化; 釉质; 酸蚀; 不同时间; 生物材料

主题词:

牙膏; 牙再矿化; 牙釉质; 酸蚀, 牙; 组织工程

Zhao Yulong, Master, Physician, Stomatological Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China

Effects of two toothpastes used at different time on enamel remineralization and acid resistance

Zhao Yulong¹, Yang Desheng², Xu Fan¹, Li Yanfeng³ (¹Stomatological Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510000, Guangdong Province, China; ²Armed Police Force General Hospital, Beijing 100000, China; ³First Affiliated Hospital of the PLA General Hospital, Beijing 100000, China)

Abstract

BACKGROUND: Tooth brushing to reduce tooth wear is mostly recommended at 30 minutes after eating acidic food. However, little is reported on the effect of toothpastes used at different time on enamel remineralization.

OBJECTIVE: To evaluate the effect of bioactive glass toothpaste or fluoride toothpaste on enamel remineralization and acid resistance after remineralization when used instantly after being eroded or 30 minutes after being eroded.

METHODS: Fifty bovine enamel samples were randomly divided into five groups after the acid etching of carbonated beverage. The blank control group was placed in the natural saliva for 30 minutes. Instant fluoride group and instant bioactive glass group were immediately smeared with fluoride toothpaste and bioactive glass toothpaste, respectively, and then the samples in these two groups were placed in the natural saliva for 30 minutes. Groups of fluoride toothpaste or bioactive glass used at 30 minutes after acid etching were placed in the natural saliva for 30 minutes, and then the fluoride toothpaste or the bioactive glass toothpaste paste was applied respectively. After remineralization, all the samples were re-etched by carbonated beverages. After remineralization and re-etching, the surface microhardness of each sample was detected and observed by scanning electron microscope.

RESULTS AND CONCLUSION: (1) After remineralization, the surface microhardness of each group was higher than that in the blank control group ($P < 0.05$). The surface microhardness of the bioactive glass groups was higher than that in the fluoride groups ($P < 0.05$). The surface microhardness of the group with fluoride toothpaste used at 30 minutes after acid etching was higher than that in the instant fluoride group ($P < 0.05$). (2) After re-etching, the decrease in the surface microhardness was lower in the treatment groups than the blank control group ($P < 0.05$), and the decrease in the surface microhardness in the bioactive glass groups was lower than that in the fluoride groups ($P < 0.05$). (3) After remineralization and re-etching, most serious damage to the interprismatic substance was found in the blank control group, and the surface of the interprismatic substance was obviously lower than that of the enamel prisms. The flattest surface of the interprismatic substance in the bioactive glass groups was observed, and there was a minimal damage to the interprismatic substance and the enamel prisms. Moreover, a large number of spherical particles were attached to the surface of the interprismatic substance in the bioactive glass groups. To conclude, these results show that the bioactive glass can effectively enhance the remineralization and anti-corrosion ability of the etched enamel. The use of fluoride toothpaste instantly after acid etching can reduce the enamel remineralization. Moreover, there is no difference in enamel remineralization and acid resistance using bioactive glass instantly or 30 minutes after immersion in the natural saliva.

Subject headings: Toothpastes; Tooth Remineralization; Dental Enamel; Acid Etching, Dental; Tissue Engineering

0 引言 Introduction

近年来,随着人们生活水平的提高和饮食结构改变,酸性饮料的饮用量加大,酸蚀症的患病率呈增高趋势^[1-6]。牙膏是唯一一种与牙齿广泛接触的日常清洁剂,因此使用含抗酸蚀成分的牙膏是最常见的预防手段。含氟牙膏能有效地促进釉质再矿化,但使用安全性存在争议^[7]。生物活性玻璃牙膏以生物活性玻璃为主要材料,与水 and 唾液反应能释放钙和磷离子,同时释放OH⁻,可改变口腔内的pH环境,是良好的再矿化剂^[8-10],同时不含氟,孕妇、儿童可长期使用。由于酸性饮料或食物可导致牙釉质表面脱矿和软化,因而酸性饮食后立即刷牙容易造成牙齿的磨损。许多学者建议食用酸性食物30 min以后刷牙,以减少牙齿磨损,但不同时间应用牙膏制剂再矿化的效果差异研究较少。此次实验用碳酸饮料酸蚀牙釉质,在酸蚀后即刻和酸蚀后30 min不同时间应用生物活性玻璃牙膏和含氟牙膏,然后再次酸蚀,检测两种牙膏再矿化和矿化后抗酸蚀效果,为大众抗酸蚀提供临床指导。

1 材料和方法 Materials and methods

1.1 设计 对比观察实验。

1.2 时间及地点 实验于2014年10月至2015年5月在北京大学口腔医院材料室、中国武警医学实验中心、中科院微电子所完成实验完成。

1.3 材料

实验试剂和设备: 市售同一批号的雪碧碳酸饮料

(pH=3.2); 去离子水(中国武警医学实验中心提供); 含氟牙膏浆(含氟牙膏与蒸馏水1:1稀释,高露洁公司生产,含氟0.14%; 生物活性玻璃牙膏浆(诺华敏生物活性玻璃牙膏与蒸馏水1:1稀释,武汉诺华敏公司生产); 显微硬度计(上海尚材试验机有限公司); 金相试样预磨机(MP-2B,莱州市蔚仪试验器械制造有限公司); 扫描电子显微镜(ZEISS, EVO18)。

唾液收集: 唾液均来自志愿者,纳入标准:①年龄介于24-30岁之间;②正常刺激下(枸橼酸滴舌尖)唾液流速大于1 mL/min;③不吸烟,牙齿无龋损,实验前2周内无牙齿再矿化成分制剂使用史;④无系统性疾病,如干燥症或胃食管反流症等。并签署知情同意书。按照以上标准选取志愿者15人,唾液收集时间均为清晨7:00-8:00,在安静的环境中进行。志愿者在收集前禁食1 h,放松、静坐且无任何刺激的情况下将头前倾,向冰块预冷的烧杯内吐唾液,将收集的非刺激性唾液倒入预冷的离心管中,密封后放入-4 °C冰盒,1 h内运回实验室,封膜,在-80 °C条件下保存备用。

1.4 实验方法

1.4.1 牙齿样本的选择和制备 体视显微镜下挑选唇面牙釉质无裂纹、无发育不良的新鲜牛切牙(收集于北京岳各庄市场)若干颗,截根去髓,超声荡洗。然后用涡轮手机和预磨机将牙齿制成大小约8 mm×8 mm×4 mm釉质块50个,树脂包埋,用耐水砂纸400#、800#、1 500#、2 300#、

5 000#逐级打磨表面,使釉面开窗约5 mm×5 mm,成镜面效果,并与底面平行。体视显微镜(Leica)观察未暴露牙本质后,超声荡洗,贮存在4 ℃去离子水中备用。

1.4.2 实验分组及步骤

样本编号和显微硬度测试法:将50个牙釉质块样本随机编号,先用显微硬度计测量每个样本的表面显微硬度值作为基线,每个样本的测试条件相同。测量时使用Knoop压头在牙釉质开窗区随机选择测试点,加载负荷50 g,持续加压15 s,测量压痕长度,计算出表面显微硬度值。每个样本测量5次,去最大值和最小值后取其平均值作为该样本的表面显微硬度值。

再矿化实验:将样本按照酸蚀后即刻和酸蚀后30 min两个时间点,生物活性玻璃牙膏、含氟牙膏两种牙膏分为4个实验组,外加一组空白对照组共5组,每组10个。①实验前釉质块共同置入37 ℃天然唾液中浸泡2 h,然后室温下置于500 mL饮料浸泡,并缓慢搅拌,30 min后从饮料中取出,悬空至无饮料下滴;②空白对照组放入37 ℃ 20 mL天然唾液中30 min;③即刻含氟组和即刻生物活性玻璃组分别立即涂抹含氟牙膏浆和生物活性玻璃牙膏浆,3 min后流水冲洗5 s,吹干,然后浸泡在20 mL天然唾液中30 min;④30 min后含氟牙膏组和30 min后生物活性玻璃组各置入37 ℃ 20 mL天然唾液中30 min后,取出悬空至无液体下滴,再分别涂抹含氟牙膏浆和生物活性玻璃牙膏浆3 min;⑤各组再矿化实验完成后,将所有样本流水冲洗5 s,吹干,测量其表面显微硬度值,方法同上。

再酸蚀实验:5组样本再矿化后,各组抽取2个样本备用观察,其余每组8个再次置入37 ℃天然唾液中浸泡2 h,然后室温下置于500 mL饮料浸泡并缓慢搅拌,30 min后从饮料中取出,将5组样本流水冲洗5 s,吹干,再次测量其表面显微硬度值。

扫面电子显微镜观察:取再矿化实验后预留样本和再酸蚀实验后的样本,室温下干燥,喷金,做扫描电子显微镜观察。

1.5 主要观察指标 各组样本再矿化实验和再酸蚀实验后的表面显微硬度值与表面形态。

1.6 统计学分析 采用SPSS 20.0统计软件对各组标本处理前后的表面显微硬度进行统计学分析,选用方差分析。检验水准为双侧 $\alpha=0.05$ 。

2 结果 Results

2.1 各组牙釉质样本再矿化处理后的表面显微硬度值见表1。

单因素方差分析5组样本初始表面显微硬度值无差异($F=0.031, P=0.998$);经过牙膏再矿化后,各实验组的表面显微硬度值均大于空白对照组,不同时间生物活性玻璃组的表面显微硬度值大于各含氟组($P < 0.05$);30 min后含氟组的表面显微硬度值高于即刻含氟组($P=0.035$),30 min

后生物活性玻璃组与即刻生物活性玻璃组表面显微硬度值无差异($P > 0.05$)。

表1 各组牙釉质样本再矿化前后的表面显微硬度值 (n=10)
Table 1 Surface microhardness values of enamel samples before and after remineralization

组别	初始值	再矿化实验后
空白对照组	219.27±12.49	133.13±5.07
即刻含氟组	217.96±12.56	141.45±6.07 ^a
30 min后含氟组	219.01±12.15	148.25±2.19 ^{ac}
即刻生物活性玻璃组	216.57±13.67	158.26±7.08 ^{ab}
30 min后生物活性玻璃组	218.60±11.68	159.39±8.69 ^{ab}

表注:再矿化实验后,与空白对照组比较,^a $P < 0.05$;再矿化实验后,与即刻含氟组、30 min后含氟组比较,^b $P < 0.05$;与即刻含氟组比较,^c $P < 0.05$ 。

2.2 各组牙釉质样本再酸蚀处理后的表面显微硬度变化见表2。

表2 各组牙釉质样本再酸蚀前后的表面显微硬度值及表面显微硬度降低值 (n=8)
Table 2 The surface microhardness (SMH) and Δ SMH values of enamel samples before and after re-etching

组别	再酸蚀实验后	硬度降低值(%)
空白对照组	79.45±7.17	40.37±3.49
即刻含氟组	90.63±6.12	35.98±1.96 ^a
30 min后含氟组	96.04±5.63	35.25±2.89 ^a
即刻生物活性玻璃组	107.60±8.98	32.06±3.93 ^{ab}
30 min后生物活性玻璃组	109.86±8.56	31.14±2.51 ^{ab}

表注:与空白对照组比较,^a $P < 0.05$;与即刻含氟组、30 min后含氟组比较,^b $P < 0.05$ 。

定义表面显微硬度降低值为 Δ SMH=(SMH₁-SMH₂)/SMH₁×100%,SMH₁为再矿化实验后釉质表面显微硬度,SMH₂为再酸蚀实验后釉质表面显微硬度。对5组硬度降低值进行方差分析。各实验组 Δ SMH值均小于空白对照组,不同时间生物活性玻璃组均小于各含氟组($P < 0.05$),其余无差异。

2.3 各组牙釉质样本扫描电子显微镜观察结果 再矿化实验后,各组扫描电子显微镜检测(×3 000)结果,见图1,可见空白对照组釉柱呈鱼鳞状排列,釉柱间质明显破坏,间质表面较釉柱明显降低;生物活性玻璃组表面最为平坦,釉柱与釉柱间质破坏最小,表面可见有大量球形颗粒附着,30 min后生物活性玻璃组与即刻生物活性玻璃组表面无明显差异;含氟组釉柱和釉柱间质可见较小破坏,表面较为平坦,30 min后含氟组破坏小于即刻含氟组。

再酸蚀实验后,各组扫描电子显微镜检测(×3 000)结果,见图2,空白对照组釉柱中心、釉柱间质明显遭到破坏,釉柱之间出现间隙,釉柱表面可见大量凹坑;生物活性玻璃组釉柱间质破坏最小,釉柱表面最为平坦,凹坑最浅,且仍有矿化后的球形颗粒存在;含氟牙膏组釉柱表面较为平整,釉柱间质破坏较小。

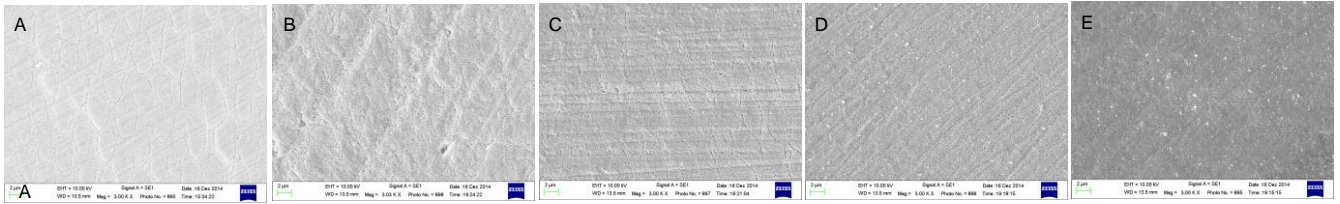


图1 再矿化实验后各组牙釉质表面扫描电镜观察结果($\times 3\ 000$)

Figure 1 Scanning electron microscope observation of enamel samples after remineralization ($\times 3\ 000$)

图注: 图中 A 为空白对照组, 釉柱呈鱼鳞状排列, 釉柱间质明显破坏, 间质表面较釉柱明显降低; B 为即刻含氟组、C 为 30 min 后含氟组, 釉柱和釉柱间质可见较小破坏, 表面较为平坦, 30 min 后含氟组破坏小于即刻含氟组; D 为即刻生物活性玻璃组、E 为 30 min 后生物活性玻璃组, 表面最为平坦, 釉柱与釉柱间质破坏最小, 表面可见有大量球形颗粒附着, 30 min 后生物活性玻璃组与即刻生物活性玻璃组表面无明显差异。

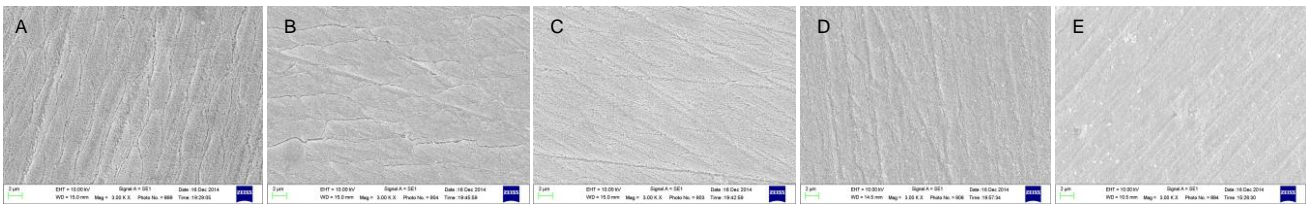


图2 再酸蚀实验后各组牙釉质表面扫描电镜观察结果($\times 3\ 000$)

Figure 2 Scanning electron microscope observation of enamel samples after re-etching ($\times 3\ 000$)

图注: 图中 A 为空白对照组, 釉柱中心、釉柱间质明显遭到破坏, 釉柱之间出现间隙, 釉柱表面可见大量凹坑; B 为即刻含氟组、C 为 30 min 后含氟组, 釉柱表面较为平整, 釉柱间质破坏较小; D 为即刻生物活性玻璃组、E 为 30 min 后生物活性玻璃组, 釉柱间质破坏最小, 釉柱表面最为平坦, 凹坑最浅, 且仍有矿化后的球形颗粒存在。

3 讨论 Discussion

此次实验选用替牙期小牛的恒切牙, 因为牛牙与人牙成分结构相似, 同时, 大众人群经常使用含抗酸蚀物质的牙膏刷牙, 且牙膏种类、用量不尽相同, 一致性差。使用从未接触过牙膏类物质的牛牙, 可保证各组实验牙初始的成分特性有一致性。

牙齿酸蚀症是指在无细菌参与的情况下, 由于接触牙面的酸或其螯合物化学侵蚀作用而引起的一种病理的、慢性牙体硬组织表面浅层丧失^[11]。当酸性物质进入口腔, 使口腔内pH值改变, 出现了大量 H^+ , 使牙釉质中的磷酸钙发生溶解, 牙釉质发生脱矿, 产生硬组织丧失。与脱矿相对应的是再矿化, 即在脱矿初期, 从牙齿表面溶脱出的无机物重新回到牙齿表面的现象。

一般情况下, 脱矿和再矿化是一个动态平衡过程, 酸性饮食普遍存在且不可避免, 但酸蚀的牙釉质经过宿主因素或外界预防干预再矿化后, 并不会产生明显的不可逆牙体硬组织丧失, 只有酸蚀脱矿和再矿化的平衡长时间被打破, 酸蚀脱矿过强或者宿主再矿化和抵抗酸蚀过弱, 才会出现明显的硬组织丧失。此次实验充分模拟日常生活中的酸蚀再矿化过程, 有研究指出饮用可乐后口腔内仍保留少量的饮料, 需要唾液缓冲10 min后达到原有口腔pH值^[12]。为模拟真实情况, 此次实验在饮料浸泡完牙齿后并未将牙齿冲洗吹干, 而是取出悬空至无液体下滴, 直接进入牙膏浆涂抹或唾液浸泡步骤, 因为这样更能真实地体现各种作用因素相互作用对酸蚀脱矿和再矿化平衡关系的影响。同时唾液也是影响牙齿酸蚀的重要因素之一^[13-15], 除 Ca^{2+} , P^{5+} ,

CO_3^{2-} 等无机成分^[16-17]、缓冲能力影响牙齿抗酸蚀外^[18], 唾液中的蛋白质^[19-20]、形成的获得性膜都有抗酸蚀的作用^[21-24], 因此此次实验选用天然唾液浸泡, 同时在每次酸蚀前每组试样先在唾液中浸泡2 h^[25], 以保证形成相同的获得性膜层。有观察得出, 人体静态唾液总流率男女分别为0.49 mL/min和0.33 mL/min, 半小时共分泌约15 mL和10 mL唾液, 而人体动态唾液总流率男女都约为2.18 mL/min, 远远高于静态唾液总流率^[26]。此次实验模拟酸性饮食后牙釉质唾液浸泡30 min, 酸性食物对口腔的刺激导致一段时间内唾液流率增加, 因此此次实验选用20 mL唾液浸泡样本, 高于静态下30 min唾液分泌量。

含氟牙膏中的氟化物是一种抗酸蚀材料, 其临床效果被大量实验证实^[27-30], 氟可与牙齿的羟磷灰石结合, 形成氟磷灰石及氟化钙等, 降低釉质的溶解性, 增强抗酸能力, 但安全方面仍存在争议, 与其他营养素一样, 氟化物的健康效应也与摄入的剂量有关, 适宜剂量可维持身体的生理需要, 但过量摄入会导致中毒。尤其是在高氟地区人群或者孕妇, 含氟牙膏的使用更应慎重。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的危险。Apleton等^[31]通过动物实验研究发现氟质量分数高于0.1%时, 牙本质可出现慢性中毒改变, 同时, 此次实验酸蚀后即刻涂抹含氟牙膏组再矿化后的硬度低于唾液浸泡30 min后含氟牙膏组, 因为人们在刚刚食用酸性物质后pH值有短期的下降过程^[12], 在pH值很低的环境下影响了氟化钙和氟磷灰石的形成, 降低了含氟牙膏的再矿化效果。

生物活性玻璃是一种在高温高压下溶制的无色无味白

色颗粒状粉末, 它由钙、磷、硅和钠(Ca、P、Si 和Na)组成, 是一种以钙钠磷硅酸为活性成分的矿物质, 其中SiO₂占45%, Na₂O和CaO各占24.5%, P₂O₅占6%, 该材料具有良好的生物相容性, 遇水或唾液反应, 立即释放硅离子, 在其表面形成富含硅的凝胶层, 然后释放钙离子和磷酸根离子, 最后磷酸钙结晶形成羟基磷灰石, 反应时释放OH⁻, 使水或唾液呈碱性, 是良好的再矿化剂, 也能杀菌、消炎, 促进软组织愈合。生物活性玻璃被认为是可应用在修复领域的良好生物材料。此种修复性材料的用途不但极为广泛, 而且具有众多领域专业性产品无法替代的神奇功效, 如肌肤护理、美白去皱、烧伤烫伤、口腔溃疡、肠胃溃疡、皮肤溃烂、杀灭真菌、软组织和骨组织修复等, 它的出现将为人类健康做出卓越贡献。同时生物活性玻璃具有良好的生物相容性和生物活性, 生物安全性好, 孕妇和儿童可长期使用。临床上生物活性玻璃材料作为牙科、骨缺损修复及软组织损伤愈合医疗材料, 在全世界范围被广泛使用^[32-34], 在安全性和有效性上已得到美国FDA、欧共体及中国国家药品监督管理局的认可。

生物活性玻璃牙膏含生物活性玻璃材料成分, 生物活性玻璃能与水及唾液发生迅速持续地反应, 释放大量的硅、钙、磷酸根等离子, 使得牙表面的矿化平衡向着牙面进行, 形成结晶状羟基磷灰石, 从而与牙体组织结合, 诱导新的牙釉面生成, 修复牙被酸蚀部位, 形成再矿化^[35-37], 达到牙齿抗酸蚀的效果。此次实验发现, 生物活性玻璃组样本表面硬度明显高于其他组, 且通过扫描电镜观察发现大量的球形矿化物, 说明生物活性玻璃牙膏有着良好修复酸蚀牙釉质的效果。生物活性玻璃在与水反应释放Ca²⁺、P⁵⁺离子的同时, 释放OH⁻, 中和了酸性饮食后口腔内残留的酸, 即刻改变口腔内酸性饮食后的酸性环境为碱性, 停止了釉质脱矿, 加速再矿化物的产生。此次实验将牙釉质酸蚀后未将酸性物质冲洗, 即刻涂抹生物活性玻璃牙膏, 其再矿化效果与唾液浸泡30 min后涂抹无差异, 说明了生物活性玻璃牙膏再矿化的效果几乎不受口腔内pH值的影响, 反而能改变使釉质脱矿的酸性环境。同时, 生物活性玻璃粉体颗粒可沉淀并嵌入釉质酸蚀孔隙中, 持续反应释放Ca²⁺、P⁵⁺及OH⁻, 缓冲外来酸性物质对釉质的侵蚀, 持续矿化, 且生成的羟基磷灰石有较强的抗酸蚀及机械磨损作用^[38-39], 达到抵抗酸蚀的效果。

此次实验通过比较发现, 生物活性玻璃牙膏和含氟牙膏均有再矿化能力, 生物活性玻璃牙膏再矿化后的样本表面显微硬度高于含氟牙膏组, 说明生物活性玻璃牙膏的再矿化能力高于含氟牙膏, 酸蚀后不同时间应用两种牙膏, 含氟牙膏组的再矿化效果有差异, 而生物活性玻璃组未见差异, 说明生物活性玻璃牙膏的再矿化效果受外界pH值的影响小于含氟牙膏; 矿化后再次酸蚀, 生物活性玻璃组的样本硬度降低值低于含氟牙膏组, 说明釉质经生物活性玻璃再矿化后也有较强的抗酸蚀能力。同时生物活性玻璃牙

膏不含氟, 使用安全, 适合儿童、孕妇长期使用。

经过再矿化后, 牙齿硬度仍低于初始值, 说明频繁、大量的饮用酸性饮料会对牙齿造成不可逆的脱矿, 因此建议大众人群在使用抗酸蚀成分牙膏的同时, 仍要注意减少酸性饮食。

作者贡献: 赵玉龙、杨德圣进行实验设计, 实验实施为赵玉龙、许繁, 实验评估为赵玉龙、杨德圣, 资料收集为赵玉龙, 赵玉龙成文, 杨德圣、李岩峰审核。

经费支持: 该文章没有接受任何经费支持。

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, 不存在利益冲突。

伦理问题: 研究对象采用来自人体的组织, 符合相关伦理学要求, 文章的撰写与编辑修改后文章遵守了国际医学期刊编辑委员会《学术研究实验与报告和医学期刊编辑与发表的推荐规范》。

文章查重: 文章出版前已经过 CNKI 反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审: 文章经国内小同行外审专家双盲外审, 符合期刊发稿宗旨。

作者声明: 第一作者赵玉龙对研究和撰写的论文中出现的不端行为承担责任。论文中涉及的原始图片、数据(包括计算机数据库)记录及样本已按照有关规定保存、分享和销毁, 可接受核查。

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3.0”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] 陈亚刚,李雪,胡德渝,等.徐州市5岁和12岁儿童酸蚀症调查研究[J].华西口腔医学杂志,2009,7(5):565-567.
- [2] 曾晓娟,黄华,吴卫,等.广西 3-5岁儿童牙齿酸蚀症的流行情况调查[J].广西医科大学学报,2008,25(5):812-814.
- [3] Arnadottir IB,Holbrook WP,Eggersson H,et al.Prevalence of dental erosion in children: A national survey.Community Dent Oral Epidemiol.2010;38(6):521-526.
- [4] Hasselkvist A,Johansson A,Johansson AK.Association between soft drink consumption, oral health and some lifestyle factors in Swedish adolescents.Acta Odontol Scand. 2014;72(8):1039-1046.
- [5] Ryu HK,Kim YD,Heo SS,et al.Effect of carbonated water manufactured by a soda carbonator on etched or sealed enamel Effect of carbonated water manufactured by a soda carbonator on etched or sealed enamel. Korean J Orthod. 2018;48(1):48-56.
- [6] Al-Dlaigan YH,Al-Meedania LA,Anil S.The influence of frequently consumed beverages and snacks on dental erosion among preschool children in Saudi Arabia.Nutr J. 2017;16(1):80.
- [7] Mascarenhas AK.Risk factors for dental fluorosis: A review of the recent literature.Pediatr Dent.2000;22(4):269-277.
- [8] Burwell AK,Litkowski LJ,GreenSPAN DC.Calcium sodium phosphosilicate (Bioactive glass): Remineralization potential. Adv Dent Res.2009;21(1):35-39.

- [9] Du Min Q, Bian Z, Jiang H, et al. Clinical evaluation of a dentifrice containing calcium sodium phosphosilicate (bioactive glass) for the treatment of dentin hypersensitivity. *Am J Dent*. 2008;21(4):210-214.
- [10] Earl JS, Leary RK, Muller KH, et al. Greenspan DC. Physical and chemical characterization of dentin surface following treatment with Bioactive glass technology. *J Clin Dent*. 2011;22(3):62-67.
- [11] Kanzow P, Wegehaupt FJ, Attin T, et al. Etiology and pathogenesis of dental erosion. *Quintessence Int*. 2016;47(4):275-278.
- [12] Lussi A, von Salis-Marincek M, Ganss C, et al. Clinical Study Monitoring the pH on Tooth Surfaces in Patients with and without Erosion. *Caries Res*. 2012;46:507-512.
- [13] Mendonça FL, Jordão MC, Ionta FQ, et al. In situ effect of enamel salivary exposure time and type of intraoral appliance before an erosive challenge. *Clin Oral Investig*. 2017;21(8):2465-2471.
- [14] Carvalho TS, Baumann T, Lussi A. In vitro salivary pellicles from adults and children have different protective effects against erosion. *Clin Oral Investig*. 2016;20(8):1973-1979.
- [15] Alencar CR, Mendonça FL, Guerrini LB, et al. Effect of different salivary exposure times on the rehardening of acid-softened enamel. *Braz Oral Res*. 2016;30(1):e104.
- [16] Denucci GC, Mantilla TF, Amaral FLB, et al. Saliva with reduced calcium and phosphorous concentrations: Effect on erosion dental lesions. *Oral Dis*. 2018. doi:10.1111/odi.12843.
- [17] Zwier N, Huysmans MC, Jager DH, et al. Saliva parameters and erosive wear in adolescents. *Caries Res*. 2013;47(6):548-552.
- [18] Ericson D, Bratthall D. Simplified method to estimate salivary buffer capacity. *Dent Res*. 1989; 97(5):405-407.
- [19] 陈亚刚, 胡德渝. 唾液检测用于龋病风险性评估的研究进展[J]. *中华口腔医学研究杂志(电子版)*, 2008, 2(1):75-78.
- [20] Baumann T, Kozik J, Lussi A, et al. Erosion protection conferred by whole human saliva, dialysed saliva, and artificial saliva. *Sci Rep*. 2016;6:34760.
- [21] Buzalaf MA, Hannas AR, Kato MT. Saliva and dental erosion. *J Appl Oral Sci*. 2012;20(5):493-502.
- [22] Delvar A, Lindh L, Arnebrant T, et al. Interaction of Polyelectrolytes with Salivary Pellicles on Hydroxyapatite Surfaces under Erosive Acidic Conditions. *ACS Appl Mater Interfaces*. 2015;7(38):21610-21618.
- [23] Nekrashevych Y, Hannig M, Stsler L. Assessment of enamel erosion and protective effect of salivary pellicle by surface roughness analysis and scanning electron microscopy. *Oral Health Prev Dent*. 2004;2(1):5-11.
- [24] Mutahar M, Carpenter G, Bartlett D, et al. The presence of acquired enamel pellicle changes acid-induced erosion from dissolution to a softening process. *Sci Rep*. 2017;7(1):10920.
- [25] Nekrashevych Y, Hannig M, Stsler L. Assessment of enamel erosion and protective effect of salivary pellicle by surface roughness analysis and scanning electron microscopy. *Oral Health Prev Dent*. 2004;2(1):5-11.
- [26] 王松龄. 涎腺非肿瘤疾病[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2001: 34-35.
- [27] Scaramucci T, Borges AB, Lippert F, et al. Sodium fluoride effect on erosion-abrasion under hyposalivatory simulating conditions. *Arch Oral Biol*. 2013;58(10):1457-1463.
- [28] Zhang Y, Chong Y, Huang RZ. Effect of topical iron, fluoride application on eroded enamel in vitro. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*. 2016;25(2):168-171.
- [29] Medeiros IC, Brasil VL, Carlo HL, et al. In vitro effect of calcium nanophosphate and high-concentrated fluoride agents on enamel erosion: an AFM study. *Int J Paediatr Dent*. 2014; 24(3):168-174.
- [30] João-Souza SH, Lussi A, Baumann T, et al. Chemical and physical factors of desensitizing and/or anti-erosive toothpastes associated with lower erosive tooth wear. *Sci Rep*. 2017;7(1):17909.
- [31] Apleton J. Formation and structure of dentine in the rat incisor after chronic exposure to sodium fluoride. *Scanning Microsc*. 1994;8(3):711-719.
- [32] 姜达君, 贾伟涛. 张长青生物玻璃在骨修复中的研究进展[J]. *中国修复重建外科杂志*, 2017, 31(12):1512-1516.
- [33] Rahaman MN, Day DE, Sonny Bal B, et al. Bioactive glass in tissue engineering. *Acta Biomater*. 2011;7(6):2355-2373.
- [34] Bairo F, Hamzehlou S, Kargozar S. Bioactive Glasses: Where Are We and Where Are We Going? *J Funct Biomater*. 2018;9(1). pii: E25. doi: 10.3390/jfb9010025. Review.
- [35] Zhong Y, Liu J, Li X, et al. Effect of a novel bioactive glass-ceramic on dentinal tubule occlusion: an in vitro study. *Aust Dent J*. 2015;60(1):96-103.
- [36] Bakry AS, Marghalani HY, Amin OA, et al. The effect of a bioglass paste on enamel exposed to erosive challenge. *J Dent*. 2014;42(11):1458-1463.
- [37] Ramashetty Prabhakar A, Arali V. Comparison of the remineralizing effects of sodium fluoride and bioactive glass using bioerodible gel systems. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2009;3(4):117-121.
- [38] Vichery C, Nedelec JM. Bioactive Glass Nanoparticles: From Synthesis to Materials Design for Biomedical Applications. *Materials (Basel)*. 2016;9(4). pii: E288. doi: 10.3390/ma9040288.
- [39] 赵玉龙, 杨德圣. 生物活性玻璃抑制酸蚀后不同时间牙釉质的刷牙磨损[J]. *中国组织工程研究*, 2015, 19(25):4022-4026.