口腔研究

DOI:10.13406/j.cnki.cyxb.000219

4种再矿化制剂对酸蚀牙釉质磨损的影响

钱维雯，胡　赟，林居红

（口腔疾病与生物医学重庆市重点实验室，重庆医科大学附属口腔医院儿童口腔科，重庆　401147）

【摘　要】**目的**：比较酪蛋白磷酸肽-无定形磷酸钙复合物（casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate，CPP-ACP）、含氟酪蛋白磷酸肽-无定形磷酸钙复合物（casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate fluoride，CPP-ACPF）、含氟磷酸三钙（tri-calcium phosphate fluoride，TCP+F）、Duraphat 保护漆 4 种再矿化制剂对酸蚀牙釉质刷牙磨损后表面硬度和表面形态的影响。**方法**：选择因阻生拔除的下颌第三磨牙制成釉质块，选择硬度值介于 280~330 HV 的釉质块 50 个，随机分为 5 组。将 5 组样本进行可口可乐酸蚀处理，5 次/d，5 min/次，共 5 d。采用电动牙刷对酸蚀后的 5 组釉质块进行刷牙磨损，刷牙所用的压力为 2 N，2 次/d，3 min/次，共 5 d。刷牙间隔期 5 组样本分别涂布去离子水、CPP-ACP、CPP-ACPF、TCP+F、Duraphat，继续磨损-再矿化-酸蚀处理 5 d。采用显微硬度法测量处理前后牙釉质表面硬度，采用扫描电镜（scanning electron microscope，SEM）观察牙釉质表面形态的变化。**结果**：CPP-ACP 组、CPP-ACPF 组显微硬度值继续降低，与去离子水组无统计学差异（$P>0.05$）；TCP+F 组、Duraphat 组显微硬度值出现增加，明显高于去离子水组（$P<0.05$）。SEM 显示除去离子水组以外，其余 4 组釉质样本表面均变得平整。**结论**：Duraphat 和 TCP+F 可以防止持续酸蚀牙釉质的磨损。

【关键词】酸蚀牙釉质；刷牙磨损；显微硬度；扫描电镜

【中图分类号】R781.2　　【文献标志码】A　　【收稿日期】2013-09-25

Effect of four remineralization agents on abration of acid eroded enamel

Qian Weiwen, Hu Yun, Lin Juhong

(*Chongqing Key Laboratory for Oral Diseases and Biomedical Science, Department of Pediatric Dentistry, the Affiliated Hospital of Stomatology, Chongqing Medical University*)

【Abstract】***Objective***: To compare the effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate (CPP-ACP), casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate fluoride (CPP-ACPF), tri-calcium phosphate fluoride (TCP+F) and Duraphat fluoride varnish on surface microhardness and surface morphology after toothbrushing abrasion of eroded enamel. ***Methods***: Impacted mandibular third molars were collected at clinic and 50 samples with hardness between 280-330 HV were selected. The

作者介绍：钱维雯，Email：qianweiwen 7@sina.com，研究方向：口腔临床医学。

通信作者：林居红，Email：juhonglin@sina.com。

基金项目：重庆市卫生局 2012 年医学科研计划项目（编号：2012-2-126）。

优先出版：http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13406/j.cnki.cyxb.000219.html

除），能够防止因应力遮挡所导致的周围骨的骨质疏松及脆性化增大，无金属钛板样的因离子溶出而在体内蓄积所致的危险性。应用这种材料和技术的手术操作过程也易掌握，与其它内固定过程相比未增加过多复杂的程序，值得推广应用。

参 考 文 献

[1] Bostman OM. Absorbable implants for the fixation of fractures[J]. J bone Joint Sury (Am), 1991, 73(1): 148-153.

[2] Uhthoff HK, Poitras P, Backman DS. Internal plate fixation of fractures short history and recent developments[J]. J Orthop Sci, 2006, 11(2) 118-126.

[3] Zeiter S, Montavon P, Schneider E, et al. Plate stabilization with bone rivets an alternative method for internal fixation of fractures[J]. J Orthop Trauma, 2004, 18(5): 279-285.

[4] Cutright DE, Hunsuck EE. Beasley JD. Fracture reduction using a biodegradable materal, polylactic acid[J]. Oral surg, 1971, 29(6): 393-397.

[5] 吴素英. 儿童骨折治疗应用的可吸收内固定生物材料[J]. 中国组织工程研究, 2012, 16(38): 7177-7184.

[6] Canado RP, Cardoso ES, Bourguignon Filho AM, et al. Effects of the Lactosorb bioabsorbable plates on the craniofacial development of rabbits: direct morphometric analysis using linear measurements[J]. Int J Oral Maxillofac Surg, 2006, 35(6): 528-532.

（责任编辑：冉明会）

samples were processed into enamel slabs and then were randomly divided into five groups. The samples were first immersed into Coca-Cola for 5 min, 5 times a day for 5 days. Then erosive enamel samples were subjected to brushing abrasion with an electric toothbrush 2 N brushing load for 3 min, 2 times a day for 5 days. Distilled water, CPP-ACP, CPP-ACPF, TCP+F and Duraphat were respectively applied during brushing interval and abrasion-remineralization-erosion treatment was provided for 5 days. Microhardness of enamel surface before and after the treatment was measured by microhardness tester and morphology changes of enamel surface was observed by scanning electron microscope (SEM). ***Results***: Microhardness in CPP-ACP and CPP-ACPF group was decreased, having no significant difference compared with that of distilled water group ($P>0.05$). Microhardness in TCP+F and Duraphat group was significantly higher than that of distilled water group ($P<0.05$). Smooth enamel surface was observed with SEM in other four groups except in distilled water group. ***Conclusion***: Duraphat and TCP+F can prevent the abrasion of constant acid eroded enamel.

【Key words】acid eroded enamel; toothbrushing abrasion; microhardness; scanning electron microscope

牙齿磨损是指主要由机械摩擦作用造成的牙体硬组织渐进性丧失。目前认为造成牙齿磨损的机制主要是牙酸蚀症、牙齿病理性磨损和牙齿生理性磨耗 3 种。其中，酸蚀作为磨损主要病因的重要性已被欧洲国家公认，并逐渐被北美国家公认[1]。酸蚀牙齿磨损是指牙酸蚀和磨损同时发生，与酸蚀和磨损单独发生相比，酸蚀牙齿磨损会导致牙体更为严重的破坏[2]。在多因素的牙齿磨损过程中，刷牙磨损是其中的一个因素。在一生中正常使用牙膏刷牙的习惯不太可能产生过度的磨损，但是酸叠加的影响被认为会增加磨损率[3]。本文在体外模拟酸蚀-刷牙磨损的过程中，比较使用了 4 种再矿化制剂对釉质的影响，旨在确定 4 种再矿化制剂对预防酸蚀牙釉质磨损的效果，为临床工作提供依据。

1 材料和方法

1.1 主要材料和仪器

Tooth Mousse（GC 公司，日本），主要成分为 10%酪蛋白磷酸肽-无定形磷酸钙复合物（casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate，CPP-ACP）；Tooth Mousse Plus（GC 公司，日本），主要成分为 10% CPP-ACP，0.2%氟化钠（氟浓度为 900 ppm）；Clinpro™ Tooth Crème（3M 公司，美国），主要成分为磷酸三钙（tri-calcium phosphate，TCP），0.21%氟化钠（氟浓度为 950 ppm）；Duraphat 保护漆（高露洁公司，美国），主要成分为 5%氟化钠（氟浓度为 22 600 ppm）；电动牙刷（高露洁棕榄中国有限公司）；可口可乐（重庆可口可乐饮料有限公司）；HVS-1000 数显显微硬度计（上海联尔试验设备有限公司）；JSM-6460LV 扫描电子显微镜（日本电子株式会社）。

人工唾液（ISO/TR10271 标准[4]）：氯化钠（NaCl）0.4 g，氯化钾（KCl）0.4 g，二水氯化钙（$CaCl_2 \cdot 2H_2O$）0.795 g，二水磷酸二氢钠（$NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$）0.78 g，二水硫化钠（$Na_2S \cdot 2H_2O$）0.005 g，尿素 1 g，蒸馏水稀释至 1 000 ml，pH 值为6.8。

1.2 方法

1.2.1 离体牙标本的制备 选取因阻生拔除的下颌第三磨牙，去除附着软组织、牙石、菌斑及色素，截去牙根，体视显微镜下选取釉质完整、无龋、无裂痕、无白斑者，放置生理盐水中于 4 ℃冰箱保存。用金刚砂车针将选取的下颌第三磨牙沿近远中向分为颊、舌面 2 部分，依次用 600、800、1 200、2 000、2 500 目砂纸在流水冷却下轻打磨釉质面形成平整面，用自凝义齿基托树脂统一包埋成正方形小块，在釉面中心处留出 4 mm × 4 mm 的开窗区，其余部分用 2 层抗酸指甲油封闭。使用显微硬度计测量基线时表面显微硬度，在釉质表面随机测量 5 个点，去除最大值、最小值后求平均值，选择硬度值介于 280~330 HV 的釉质块 50 个，将这 50 个釉质块的硬度值作为实验的基线值。

1.2.2 分组处理 将制备好的釉质块随机分为 5 组，每组10个样本。分别为去离子水组、CPP-ACP 组、CPP-ACPF（casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate fluoride，CPP-ACPF）组、TCP+F（tri-calcium phosphate fluoride，TCP+F）组、Duraphat 组。参照 Maupome 等[5]中等频率酸蚀牙釉质的方法，选择市售可口可乐（pH=2.45）对釉质块进行酸蚀，酸蚀频率为每天 5 次，每次 5 min，间隔 1 h 1 次，8 h 内完成，共 5 d。间隔期将样本置于人工唾液中。磨损-再矿化-酸蚀处理：将酸蚀过的釉质块进行体外磨损，在人工唾液存在的条件下，用电动牙刷对釉质块进行刷牙磨损，刷牙所用的压力为 2 N，2 次/d，3 min/次，共 5 d，模拟人体每天进行的刷牙活动，在整个实验过程中不更换牙刷。然后再用去离子水、CPP-ACP、CPP-ACPF、TCP+F、Duraphat 进行釉质块局部处理。按照厂家提供的说明书，前 4 种每日涂擦 2 次，间隔 10 h 1 次，每次反复涂擦 1 min，静置 2 min 后置于人工唾液中 30 min。Duraphat 反复涂擦 1 min，静置 2 min 后置于人工唾液中 4 h，Duraphat 按使用说明整个实验过程中只涂 1 次。处理间隔期继续将釉质块放入可口可乐中进行酸蚀，酸蚀频率为 5 次/d，5 min/次，间隔 1 h 1 次，8 h 内完成。实验完成后用丙酮去除附着于牙面的 Duraphat 涂膜。

表 1 下颌第三磨牙显微硬度值的变化（$\bar{x}\pm s$，n=50，HV）

Tab.1 Change of microhardness in mandibular third molar surface（$\bar{x}\pm s$，n=50，HV）

组别	数量（n）	基线	酸蚀处理后	局部处理后	处理后的两两比较结果
去离子水组	10	301.18 ± 15.86	222.62 ± 19.23	212.98 ± 21.94	$P_{1,2}$=0.371；$P_{1,3}$=0.916；$P_{1,4}$=0.013；$P_{1,5}$=0.000
CPP-ACP组	10	313.82 ± 19.01	230.30 ± 17.17	205.06 ± 15.48	$P_{2,1}$=0.371；$P_{2,3}$=0.318；$P_{2,4}$=0.001；$P_{2,5}$= 0.000
CPP-ACPF组	10	302.69 ± 14.49	229.77 ± 27.15	213.91 ± 27.48	$P_{3,1}$=0.916；$P_{3,2}$=0.318；$P_{3,4}$=0.017；$P_{3,5}$= 0.000
TCP+F组	10	309.66 ± 19.68	228.40 ± 14.56	235.57 ± 10.21	$P_{4,1}$=0.013；$P_{4,2}$=0.001；$P_{4,3}$=0.017；$P_{4,5}$=0.157
Duraphat组	10	313.45 ± 29.98	222.99 ± 18.59	248.20 ± 18.48	$P_{5,1}$=0.000；$P_{5,2}$=0.000；$P_{5,3}$=0.000；$P_{5,4}$=0.157
F值		0.835	0.355	8.440	
P值		0.510	0.839	0.000	

注：1. 去离子水组；2. CPP-ACP 组；3. CPP-ACPF 组；4. TCP+F 组；5. Duraphat 组

1.2.3 显微硬度测量及扫描电镜(scanning electron microscope，SEM)观察 釉质酸蚀前后及处理完成后均采用显微硬度计进行测量。参照 Swarup 等[6]的测量方法，载荷 200 g，保压 15 s，每个釉质表面重复测量 5 次，去除最大值、最小值后求平均值。并每组随机选取 1 枚釉质块进行 SEM 观察。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 17.0 统计软件对数据进行分析，多组间比较采用单因素方差分析，组间两两比较采用 LSD-t 法，检验水准 α=0.05。

2 结 果

2.1 显微硬度测量

实验前 5 组样本的显微硬度值差异无统计学意义（P=0.510）；酸蚀处理后的牙釉质样本其表面显微硬度值明显降低，但 5 组之间差异无统计学意义（P=0.839）；局部处理后，CPP-ACP 组、CPP-ACPF 组显微硬度值继续降低，与去离子水组无明显差异（分别为 P=0.371，P=0.916）；TCP+F 组、Duraphat 组显微硬度值出现增加，明显高于去离子水组（分别为 P=0.013，P=0.000）。TCP+F组、Duraphat 组 2 组间显微硬度值无统计学差异（P=0.157），CPP-ACP 组、CPP-ACPF 组 2 组间显微硬度值无统计学差异（P=0.318），且前 2 显微组硬度值明显高于后 2 组（P<0.05）（表 1）。

2.2 SEM 观察

正常牙釉质表面致密平整，可见制备样本时的划痕（图 1）。酸蚀后的牙釉质可见釉柱中心溶解破坏，表面凹凸不平，呈均匀的鱼鳞状结构（图 2）。经去离子水处理后的牙釉质表面不平整，可见局部牙釉质呈片状剥落（图 3）。经 CPP-ACP、CPP-ACPF 处理后的牙釉质表面变得平整，釉柱与柱间质的界限较为清晰，可见凹陷性脱矿样变（图 4、图 5）。经 TCP+F、Duraphat 处理后的牙釉质表面变得更为平整光滑，釉柱与柱间质的界限模糊不清（图 6、图 7）。当再矿化强于脱矿时，牙齿表面出现矿物质沉积，典型的鱼鳞状结构变得不清晰，SEM 图片显示牙齿表面变得平整光滑，显微硬度值也相应增加。

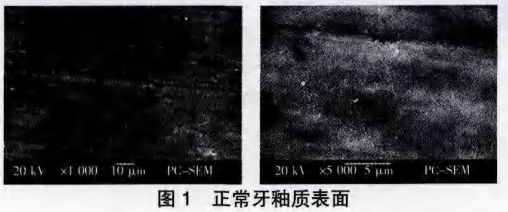


图 1 正常牙釉质表面

Fig.1 Surface of normal enamel

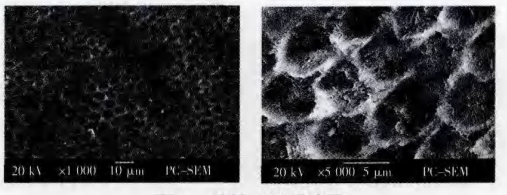


图 2 酸蚀牙釉质表面

Fig.2 Surface of erosive enamel

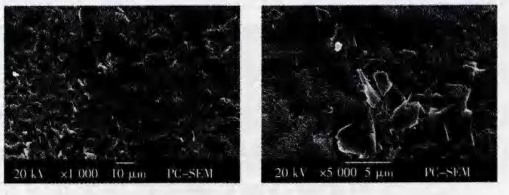


图 3 经去离子水处理牙釉质表面

Fig.3 Surface of enamel treatment with distoued water

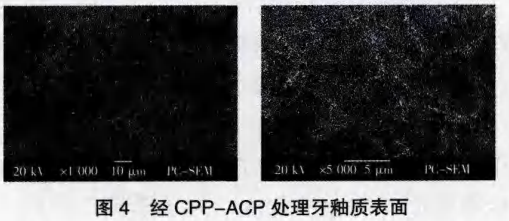


图 4 经 CPP-ACP 处理牙釉质表面

Fig.4 Surface of enamel treatment with CPP-ACP

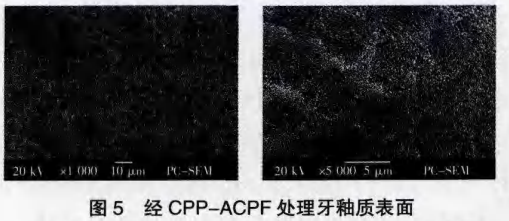


图 5 经 CPP-ACPF 处理牙釉质表面

Fig.5 Surface of enamel treatment with CPP-ACPF



图 6 经 TCP+F 处理牙釉质表面

Fig.6 Surface of enamel treatment with TCP+F



图 7 经 Duraphat 处理牙釉质表面

Fig.7 Surface of enamel treatment with Duraphat

3 讨 论

牙齿磨损是正常衰老过程的一部分，然而，在大部分人中，牙齿磨损的速率并不会危害牙齿的寿命[1]。一个实验室研究预计，单独使用牙刷去除牙齿上 1 mm 的釉质需要 2 500 年，使用牙刷和牙膏去除牙齿上 1 mm 的釉质需要 100 年[7]。因此，单纯的磨损对牙齿的损害是可以忽略不计的。目前，越来越多的体外实验表明，牙酸蚀症与牙齿磨损相互作用影响[8]。酸的侵袭导致牙体硬组织表面脱矿，出现渐进性的软化。软化的牙体表面更容易受到机械力的作用而逐渐被磨除。实验室研究预计，牙膏和酸性产品结合产生相同的釉质磨损量只需要 2 年[3]。只有当磨损与酸结合时，牙齿的破坏才会更严重。

本实验选用的酸蚀饮料是可口可乐，pH 值为 2.45，低于釉质溶解的临界值 5.0~5.5。大多数研究者选用可口可乐来用作样本的酸蚀处理[9-11]。选择在可口可乐中浸泡 5 min，是因为 Bashir 等[12]指出，人们在喝饮料时，一次平均时间为 5 s，大约需要 5 min 才能重建原有的唾液浓度。为了模拟口腔内的环境，刷牙磨损是在人工唾液存在的条件下进行。由于大部分患者即使患有酸蚀症，仍不能改变饮用酸性饮料的习惯，因此，在本实验中磨损间隔期仍将样本进行可口酸蚀。刷牙时间选择 3 min，2 次/d 是为了模拟人体正常刷牙的时间与过程。大多数研究者选择一个约 2 N 的力来模拟体内正常刷牙的力[2,13]。

CPP-ACP 是由CPP 与ACP 形成的复合体。CPP 是一种生物活性肽，含有多个磷酸化丝氨酸的氨基酸片段，由牛奶中的酪蛋白经胰蛋白酶消化得到，具有稳定磷酸钙的显著能力。在实验室、动物实验和原位人体试验中，CPP-ACP 已被证明有抗龋活性[14]。CPP-ACPF 是由 CPP-ACP 与氟离子结合生成。有研究证明 CPP-ACP 与 CPP-ACPF 能够显著增加人工龋损的再矿化量[15]。TCP+F 作为一种新型的再矿化制剂，含有丰富的钙磷离子，有研究证明 TCP+F 对人工釉质龋有显著的再矿化作用[16]。氟化物是最经典的阻止牙体组织脱矿及促进其再矿化的材料。主要成分为 5%氟化钠（氟浓度为 22 600 ppm）的 Duraphat 保护漆已被证明能显著增加乳牙釉质表层的氟含量[17]，促进牙体的再矿化。

本实验显微硬度的结果显示，样本经过可乐酸蚀处理后显微硬度值显著降低，但 5 组之间差异无统计学意义。经过去离子水、CPP-ACP、CPP-ACPF 处理的 3 组釉质样本硬度值继续降低，呈现出轻度的持续脱矿，但 3 组之间差异无统计学意义。学者 Ranjitkar 等[2,18]证明了 CPP-ACP 能够减少刷牙导致的酸蚀牙齿磨损，以及在模拟严重酸蚀和胃酸反流的条件下能够减少釉质的磨损速率。Srinivasan 等[19]证明了 CPP-ACP 与 CPP-ACPF 对可乐酸蚀的釉质有再矿化作用，且 CPP-ACPF 的再矿化能力强于 CPP-ACP。本实验得出了不同的结论可能是因为釉质样本始终处于一个酸蚀过程，即使 CPP-ACP、CPP-ACPF 有再矿化及减少磨损的作用，由于酸蚀造成脱矿的程度强于再矿化的程度，因此导致了釉质样本硬度值的持续降低，掩盖了CPP-ACP、CPP-ACPF 可能的再矿化。

经 TCP+F、Duraphat 处理的 2 组釉质样本显微硬度值出现增加，显著高于前 3 组样本，这和许多学者研究结果相似。Patil 等[16]在体外使用不含致龋菌的 pH 值 4.5 的酸性人工脱矿液制备人工釉质龋标本，得出 CPP-ACP、CPP-ACPF、TCP+F 对人工釉质龋有显著的再矿化作用，且 TCP+F 的再矿化效能强于 CPP-ACPF 和 CPP-ACP 的结论。这可能是由于 TCP+F 中的钙离子表面有一层保护膜，使钙离子与氟离子能够分离共存，防止两者相互反应，降低活性。保护层遇唾液分解，丰富的钙、磷、氟离子共同作用于牙齿表面，促进牙齿的再矿化。但 TCP 作用的具体机制尚无定论，有待进一步的研究。本研究在酸蚀再矿化的基础上加入了磨损因素，旨在比较在 4 种再矿化制剂预防持续酸蚀牙釉质磨损的能

力。Wegehaupt 和 Attin[20]在体外制成的酸蚀磨损模型中研究表明，12 500 ppm 氟化物有显著预防酸蚀磨损的作用，而 CPP-ACP 组与阴性对照组无差异，预防酸蚀磨损的作用较差。Austin 等[8]研究证明，氟化物浓度越高，对磨损和酸蚀的釉质保护作用越大。因此，Duraphat（氟浓度为 22 600 ppm）预防酸蚀釉质磨损的效果更好。这可能是因为 Duraphat 作用于牙面后会形成一层松香树脂的薄膜，可以缓慢释放高浓度的氟离子对釉质进行再矿化，对持续的酸蚀有一定的抵抗力，并有一定的防止磨损的作用。

本实验 SEM 图片中，经 CPP-ACP、CPP-ACPF 处理后的牙釉质表面经过磨损后变得平整，但仍表现出脱矿形貌。这可能也是由于 2 种制剂有一定的再矿化作用，但再矿化程度低于脱矿的程度，釉质表面虽有少量矿物质沉积但酸蚀与磨损持续进行，去除了表面沉积的矿物质，最后导致釉质表面变得平整。经 TCP+F、Duraphat 处理后的牙釉质表面变得更为平整光滑，这可能与 Duraphat 涂布于牙面上形成的薄膜和 TCP+F 丰富的钙离子有关。两者的再矿化程度强于脱矿的程度，最终导致釉质表面出现矿物质沉积而变得平整光滑。

本研究表明，Duraphat 和 TCP+F 可以防止持续酸蚀牙釉质的磨损，并有一定的持续再矿化作用，为临床预防酸蚀磨损提供了一个参考。

参 考 文 献

[1] Bartlett D.A new look at erosive tooth wear in elderly people[J]. J Am Dent Assoc,2007,138(s):S21-S25.

[2] Ranjitkar S,Rodriguez JM,Kaidonis JA,et al.The effect of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate on erosive enamel and dentine wear by toothbrush abrasion[J].J Dent,2009,37(4):250-254.

[3] Addy M,Shellis RP.Interaction between attrition,abrasion and erosion in tooth wear[J].Monogr Oral Sci,2006(20):17-31.

[4] Holland RI.Use of potentiodynamic polarization technique for corrosion testing of dental alloys[J].Scand J Dent Res,1991,99(1):75-85.

[5] Maupome G,Aguilar-Avila M,Medrano-Ugalde H,et al.In vitro quantitative microhardness assessment of enamel with early salivary pellicles after exposure to an eroding cola drink[J].Caries Res,1999,33(2):140-147.

[6] Swarup JS,Rao A.Enamel surface remineralization:Using synthetic nanohydroxyapatite[J].Contemp Clin Dent,2012,3(4):433-436.

[7] Addy M,Hunter ML.Can tooth brushing damage your health?Effects on oral and dental tissues[J].Int Dent J,2003,53(s3):S177-S186.

[8] Austin RS,Rodriguez JM,Dunne S,et al.The effect of increasing sodium fluoride concentrations on erosion and attrition of enamel and dentine in vitro[J].J Dent,2010,38(10):782-787.

[9] Magalhaes AC,Rios D,Delbem AC,et al.Influence of fluoride dentifrice on brushing abrasion of eroded human enamel:an in situ/ex vivo study[J].Caries Res,2007,41(1):77-79.

[10] Choi S,Park KH,Cheong Y,et al.Potential effects of tooth-brushing on human dentin wear following exposure to acidic soft drinks [J].J Microsc,2012,247(2):176-185.

[11] Rios D,Honorio HM,Magalhaes AC,et al.Effect of salivary stimulation on erosion of human and bovine enamel subjected or not to subsequent abrasion:an in situ/ex vivo study[J].Caries Res,2006,40(3):218-223.

[12] Bashir E,Lagerlof F.Effect of citric acid clearance on the saturation with respect to hydroxyapatite in saliva[J].Caries Res,1996,30(3):213-217.

[13] Ganss C.Schlueter N,Hardt M,et al.Effects of toothbrushing on eroded dentine[J].Eur J Oral Sci,2007,115(5):390-396.

[14] Shen P,Cai F,Nowicki A,et al.Remineralization of enamel subsurface lesions by sugar-free chewing gum containing casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate[J].J Dent Res,2001,80(12):2066-2070.

[15] Jayarajan J,Janardhanam P,Jayakumar P.Efficacy of CPP-ACP and CPP-ACPF on enamel remineralization-an in vitro study using scanning electron microscope and DIAGNOdent[J].Indian J Dent Res,2011,22(1):77-82.

[16] Patil N,Choudhari S,Kulkarni S,et al.Comparative evaluation of remineralizing potential of three agents on artificially demineralized human enamel:An in vitro study[J].J Conserv Dent,2013,16(2):116-120.

[17] 吴 晨，徐东升，赵玉梅.Duraphat varnish 对乳牙釉质氟含量的影响[J].上海口腔医学，2011，20(2)：159-163.

[18] Ranjitkar S,Kaidonis JA,Richards LC,et al.The effect of CPP-ACP on enamel wear under severe erosive conditions[J].Arch Oral Biol,2009,54(6):527-532.

[19] Srinivasan N,Kavitha M,Loganathan SC.Comparison of the remineralization potential of CPP-ACP and CPP-ACP with 900 ppm fluoride on eroded human enamel:An in situ study[J].Arch Oral Biol,2010,55(7):541-544.

[20] Wegehaupt FJ,Attin T.The role of fluoride and casein phosphopeptide/amorphous calcium phosphate in the prevention of erosive/abrasive wear in an in vitro model using hydrochloric acid [J].Caries Res,2010,44(4):358-363.

（责任编辑：关蕴良）