

渗透树脂在早期釉质龋修复中的应用：颜色稳定性评价

李 歆^{1,2}, 高 平¹, 代晓华²(¹天津医科大学口腔医学院, 天津市 300070; ²天津市口腔医院, 天津市 300041)

文章亮点:

- 1 体外研究及临床治疗证明了渗透树脂能有效阻止早期龋的发展, 改善釉质早期脱矿造成的白垩色斑块问题, 其效果优于再矿化治疗。但到目前为止, 很少有文献研究渗透树脂修复非实质性缺损龋病后的颜色变化。
- 2 实验将渗透树脂修复非实质性缺损龋样本浸泡在不同性质的溶液中, 评估渗透树脂修复后的颜色稳定性, 发现渗透树脂颜色的稳定性受浸泡时间长短和浸泡溶液种类的影响, 其中红酒、咖啡对其颜色稳定性影响较大, 在唾液中颜色稳定性最好。

关键词:

生物材料; 口腔生物材料; 渗透树脂; 颜色稳定性; 浸泡溶液; 浸泡时间; 色差

主题词:

龋齿; 咖啡

摘要

背景: 采用渗透树脂微创技术治疗釉质脱矿的修复效果优于传统的再矿化治疗, 但目前研究渗透树脂修复非实质性缺损龋病后颜色变化的文献很少。

目的: 通过体外研究评估渗透树脂修复早期釉质龋的颜色稳定性。

方法: 将具有完整釉质面的 48 颗人离体牙浸泡在脱矿液中 4 周, 制作成人工龋模型, 之后进行渗透树脂修复, 再随机均分成 4 组, 分别置于红酒、咖啡、茶和人工唾液中浸泡 2, 4 周。采用分光光度仪对病损区的颜色进行检测, 以渗透树脂治疗后的检测作为基准色, 计算出色差数值。

结果与结论: 浸泡后, 4 组样本都有不同程度的颜色变化。浸泡 2 周后, 颜色变化大小顺序为: 红酒>咖啡>茶>人工唾液, 4 组间比较差异有显著性意义($P < 0.05$); 浸泡 4 周后, 颜色变化大小顺序为: 红酒≈咖啡>茶>人工唾液, 红酒组与咖啡组比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 其他组间比较差异有显著性意义($P < 0.05$)。红酒组与咖啡组浸泡不同时间点的颜色变化比较差异有显著性意义($P < 0.05$)。浸泡在红酒、咖啡和茶一定的时间后, 均显示在临床上不可以接受的色彩改变($\Delta E > 3.7$)。说明渗透树脂颜色的稳定性受浸泡时间长短和浸泡溶液种类的影响, 其中红酒、咖啡对其颜色稳定性影响较大, 在人工唾液中颜色稳定性最好。

李歆, 高平, 代晓华. 渗透树脂在早期釉质龋修复中的应用: 颜色稳定性评价[J]. 中国组织工程研究, 2015, 19(38):6161-6166.

doi:10.3969/j.issn.2095-4344.2015.38.017

Color stability of carious incipient lesions in the enamel treated with resin infiltration

Li Xin^{1,2}, Gao Ping¹, Dai Xiao-hua² (¹School of Stomatology, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China; ²Tianjin Stomatological Hospital, Tianjin 300041, China)

Abstract

BACKGROUND: The resin infiltration technique for masking white spot lesions has obtained a result superior to the conventional remineralization. Up to now, few studies have evaluated the color of carious incipient lesions treated with the resin infiltration.

OBJECTIVE: To assess the color change of caries incipient lesions in the enamel treated with resin infiltration.

METHODS: Forty-eight extracted teeth were exposed to demineralizing solution for 4 weeks to establish artificial caries models. Then artificial caries models were treated with resin infiltration and randomized into four groups: these specimens were immersed in red wine, coffee, tea and artificial saliva for 2 and 4 weeks, respectively. The base line color was evaluated by spectrophotometer. The variation in color (ΔE) was analyzed by one-way analysis of variance and Tukey's tests.

RESULTS AND CONCLUSION: All specimens underwent color and lightness changes, irrespective of immersion media. After 2 weeks of immersion, ΔE values were ranked as follows: red wine > coffee > tea > artificial saliva, and there were significant differences between four groups ($P < 0.05$). After 4 weeks of immersion, ΔE values were ranked as follows: red wine ≈ coffee > tea > artificial saliva, and there were significant differences between four groups ($P < 0.05$) but not between the red wine and coffee groups ($P > 0.05$). Significant changes in the color were found in the red wine and coffee groups at different time after immersion ($P < 0.05$). Immersed in red wine, coffee and tea, the ΔE value was > 3.7, which is not acceptable in clinic. These findings indicate that the color stability of carious incipient lesions located in the enamel treated with resin infiltration is associated with the soak solution and soak time. In addition, immersion in red wine and coffee results in significantly increased color

李歆, 女, 1981 年生, 天津医科大学在读硕士, 主要从事口腔修复学基础及临床方面研究。

通讯作者: 高平, 教授, 天津医科大学口腔医学院, 天津市 300041

中图分类号:R318

文献标识码:A

文章编号:2095-4344

(2015)38-06161-06

稿件接受: 2015-06-23

http://www.crter.org

Li Xin, Studying for master's degree, School of Stomatology, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China; Tianjin Stomatological Hospital, Tianjin 300041, China

Corresponding author: Gao Ping, Professor, School of Stomatology, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China

Accepted: 2015-06-23

alteration (ΔE) compared with the artificial saliva.

Subject headings: Dental Caries; Coffee

Li X, Gao P, Dai XH. Color stability of carious incipient lesions in the enamel treated with resin infiltration. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2015;19(38):6161-6166.

0 引言 Introduction

临床上, 早期釉质龋表现为表层脱矿, 失去光泽变粗糙, 无釉质缺损, 呈白垩或棕色斑块, 其主要病理损害是在相对完整的釉质表层下方发生严重脱矿, 牙体组织损坏相对较少, 当致龋环境得不到有效及时处理时会进一步发生脱矿, 形成实质性缺损, 继而影响患者的咀嚼功能及生活质量。因此, 早期干预对维持牙体组织的完整性十分关键^[1]。治疗早期釉质龋一般先采用再矿化治疗, 如果治疗效果不佳, 龋损范围增大时去除腐坏牙体组织, 选择应用复合树脂或陶瓷材料进行修复。目前临床研究证明, 再矿化疗法、渗透树脂技术治疗早期釉质龋病具有非常好的疗效。再矿化疗法是将已脱矿及软化的釉质通过不同处理方法使其发生再矿化, 使再矿化大于脱矿, 从而使牙体组织表面有新的硬组织修复产生, 修复原有的非实质性缺损, 尽可能恢复其硬度, 终止或修复早期釉质龋。

临床常用的再矿化制剂有氟及含氟制剂、磷酸钙系统(酪蛋白磷酸肽-非结晶型磷酸钙、无定形磷酸钙、钙钠磷硅酸和磷酸三钙)、羟基磷灰石、碳酸氢钠、木糖醇、氯化镧、激光、中药(五倍子, 紫地榆、黄芪)和臭氧等。其中含氟制剂、酪蛋白磷酸肽-无定形磷酸钙被证明对抑制釉质脱矿的发生及促进脱矿釉质的再矿化有不错的疗效^[2]。Srinivasan等^[3]的研究发现, 酪蛋白磷酸肽-无定形磷酸钙不仅具有较强的再矿化能力, 而且和氟具有协同增强效应。酪蛋白磷酸肽-无定形磷酸钙是一种新型再矿化剂, 国内外研究尚未发现其毒副作用, 其还具有间接抑菌、杀菌、封闭牙本质小管和抗牙本质敏感的作用^[4]。但遗憾的是再矿化治疗在对白垩色斑的颜色改变上有一定不足^[5]。与此同时, 患者的依从性及治疗时间过长等问题也直接影响了再矿化治疗的疗效。随着倡导口腔微创治疗理念的推广, 如何保证治疗安全且改变早期釉质龋表面的白垩色斑块颜色, 尽可能达到美学修复效果, 成为国内外研究人员研究的热点。Icon渗透树脂修复技术是由德国柏林夏洛特医科大学研究者在2009年发明的。Icon渗透树脂技术于2011年进入中国, 是不少世界口腔医学机构研究的热点。渗透树脂技术是处于再矿化治疗与充填治疗之间的一种创新治疗方法。该技术对早期釉质龋病进行渗透治疗, 无创伤, 无痛苦, 不用磨牙, 使用安全且一次完成, 还可以降低牙科恐惧症, 尤其适用于儿童。渗透树脂疗法的原理是通过封闭牙釉质的小管系统, 使酸无法渗入, 终止早期龋的进展, 加强牙体硬组织的强度^[6]。现阶段科研成果说明了该渗透树脂治疗早期龋, 可以将龋病消灭在初始阶段, 避免正常

牙体组织的流失, 治疗过的牙表面类似于天然牙釉质, 具有高度的美观效果。渗透树脂技术不仅具有治疗效果, 而且还可以阻止龋病的进一步发展, 填补了预防医学和侵袭性治疗之间的空缺。渗透树脂与临床常用复合树脂的基质成分相似, 基本构成为多官能团甲基丙烯酸酯单体, 这种单体渗入到釉质内, 形成接近于微机械锁合的结构, 在牙体表层上, 树脂和釉质相互交织在一起, 不同于常用树脂材料单一充填在已预备好龋洞内的修复治疗。因而渗透树脂治疗后牙体表层结构与常见光固化树脂有明显差异, 但因为渗透树脂由单体组成, 不可避免地存在聚合收缩、染色、变色、老化等缺陷。树脂的颜色稳定性是树脂充填体美学寿命的关键因素。近年来体外研究及临床治疗证明了渗透树脂能有效阻止早期龋的发展^[7], 改善釉质早期脱矿造成的白垩色斑块问题, 其效果优于再矿化治疗^[8]。

到目前为止, 很少有文献研究渗透树脂修复非实质性缺损龋病后的颜色变化, 基于这方面的考虑, 本研究主要是将样本浸泡在不同性质的溶液中, 评估渗透树脂修复后的颜色稳定性。

1 材料和方法 Materials and methods

1.1 设计 材料学实验。

1.2 时间及地点 于2014年7月至2015年1月在天津医科大学口腔医院实验室和天津市口腔医院实验室完成。

1.3 材料 Icon渗透树脂(DMG, 德国); 王朝干红葡萄酒(中法合营王朝葡萄酒有限公司); 普洱茶(勐海茶厂); 雀巢咖啡(上海雀巢有限公司); 电热恒温培养箱(HH.BII-420, 天津天宇); Olympus Crystaleye 比色仪(Olympus Crystaleye Spectrophotometer); 登士柏光固化机(QHL75, 德国)。部分饱和酸缓冲脱矿系统^[9]: 2.2 mmol/L $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 2.2 mmol/L KH_2PO_4 、50 mmol/L 醋酸、0.1 mmol/L NaF, pH值用5 mol/L的KOH调至4.5, 保存在4 °C冰箱内备用。

离体牙: 收集2014年7至8月天津市口腔医院因正畸、牙周病拔除的人牙齿48颗。将牙齿放置于生理盐水中保存。

纳入标准: 前牙或者前磨牙; 釉质发育良好, 牙齿表面无因先天发育或后天等原因造成的非龋性白垩色表现, 无外源性或内源性着色; 牙体组织完整, 无龋, 无表面微裂纹。

1.4 实验方法

样本制作: 于釉牙骨质界截除牙根, 清洗, 消毒, 用砂片沿着近远中方向将牙齿一分为二, 用丙烯酸树脂做成

底托。颊面正中3 mm×3 mm开窗区外的其余部位均用耐酸指甲油覆盖保护。在湿润状态下, 依次用600-4 000号磨砂纸将离体牙颊侧釉质面打磨、抛光, 超声清洗。将样本浸泡在部分饱和酸缓冲液中, 37 °C恒温脱矿4周, 每天更换脱矿液。脱矿4周后, 可见开窗区呈现明显的白垩色人工釉质脱矿区。

渗透树脂修复: 治疗前清洁样本, 去除所有清洁残余。将Icon酸蚀剂涂布于脱矿区, 让其作用2 min。去除酸蚀剂, 用水清洗至少30 s, 然后用无水无油气枪吹干。将Icon干燥剂涂布于脱矿区, 让其作用30 s, 然后用无水无油气枪吹干。将Icon渗透树脂以略有盈余的剂量涂布于酸蚀区, 停留3 min。用棉签去除多余材料, 进行至少40 s的光固化处理。第2次涂布渗透树脂, 让其停留1 min。用棉签去除多余材料, 然后进行至少40 s的光固化处理, 之后进行表面抛光处理。

实验分组: 将48个制备好的样本随机均分成4组, 分别浸泡在红酒、咖啡、茶和人工唾液中, 置于37 °C恒温箱里, 2 d更换1次浸泡液。

实验溶液的准备: 将1.8 g雀巢咖啡、3 g普洱茶分别置于150 mL沸水中冲泡, 充分搅拌冷却至37 °C, 用滤网过滤后放置在容器里备用。将150 mL红酒置于统一容器中备用。

人工唾液配方ISO/TP10271标准: 取 $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.78 g、 $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.795 g、 Na_2S 0.005 g、KCl 0.4 g、尿素1 g、NaCl 0.4 g, 溶于800 mL去离子水中, pH值调至6.8, 定容到1 000 mL, 保存在4 °C冰箱内备用。

颜色检测: 颜色检测主要是用口腔专用的分光光度仪进行定量分析, 采用CIE-1976-L*a*b*标准色度系统, 记录相关的定量系数主要是L、A、B三个。采用Olympus Crysta-leye分光光度计分别于样本渗透树脂修复处理后(t_0), 在样本浸泡到不同的液体中后, 分别在2周(t_1)和4周(t_2)后冲洗后进行检测并分析。

样本选取上、下、左、右4个标记点, 取平均值作为测量结果。最后得到所有样本在不同时间点颜色变化, 并用下面的公式进行分析 $\Delta L=L_1-L_2$ (L_1 为第一次检测的光泽度度数, L_2 为浸泡不同溶液后不同时间点的光泽度度数) $\Delta E=[(\Delta L)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{1/2}$ 。

实验整体流程见图1。

1.5 主要观察指标 渗透树脂修复人工龋的颜色稳定性。

1.6 统计学分析 应用SPSS16.0统计软件进行数据分析。在不同浸泡溶液中的浸泡不同时间的 ΔE 值用 $\bar{x} \pm s$ 表示, ΔE 值进行单因素方差(One-way ANOVA)分析和Tukey检验, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

2 结果 Results

2.1 渗透树脂样本在相同液体、不同时间点间的色差值比较 见表1。

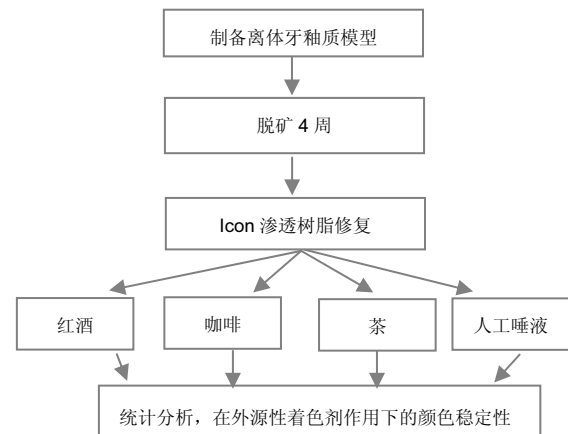


图1 评估渗透树脂修复人工龋颜色稳定性的流程

Figure 1 Flowchart of assessing the color stability of carious lesions located in the enamel treated with resin infiltration

表1 渗透树脂在各种浸泡溶液中浸泡不同时间的色差 ΔE 值

($\bar{x} \pm s$, $n=12$)

Table 1 Values of ΔE of Icon resins immersed in different solutions for different time

组别	2 周	4 周	P
红酒组	36.22±2.95	45.79±6.16	< 0.05
咖啡组	23.86±3.45	41.8±3.23	< 0.05
茶组	12.95±5.38	18.66±6.71 ^a	> 0.05
人工唾液组	2.81±1.82	3.32±2.13 ^{ab}	> 0.05

表注: 浸泡2周时, 组间两两比较差异均有显著性意义; 浸泡4周时, 与红酒组、咖啡组比较, ^a $P < 0.05$; 与茶组比较, ^b $P < 0.05$ 。

红酒溶液和咖啡溶液: 2周与4周色差值比较差异有显著性意义($P < 0.05$), 色差值均显示出肉眼可察觉的色彩改变($\Delta E > 3.7$), 且色差值随着时间的延长而增大。

茶溶液: 2周与4周色差值比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 色差值均显示出肉眼可察觉的色彩改变($\Delta E > 3.7$), 且色差值随着时间的延长而增大。

人工唾液: 2周与4周色差值比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 色差值在临床可以接受水平($\Delta E < 3.7$)。

2.2 渗透树脂样本在相同时间点、不同液体间的色差值比较 见表1。

浸泡2周时色差值 ΔE : 红酒组> 咖啡组> 茶组> 人工唾液组。4组浸泡液体色差值比较差异有显著性意义($P < 0.05$), 除了人工唾液组色差值在临床可以接受水平($\Delta E < 3.7$), 其余各组色差值均显示出肉眼可察觉的色彩改变($\Delta E > 3.7$)。

浸泡4周时色差值 ΔE : 红酒组和咖啡组色差值比较差异无显著性意义($P > 0.05$), 茶组和人工唾液与其余两组色差值比较差异有显著性意义($P < 0.05$)。除了人工唾液组色差值在临床可以接受水平($\Delta E < 3.7$), 其余各组色差值均显示出肉眼可察觉的色彩改变($\Delta E > 3.7$)。

3 讨论 Discussion

一些研究已经证实渗透树脂的修复效果优于传统的再

矿化治疗^[9], 填补了再矿化治疗的美学缺陷。早期龋损表现的白垩斑是因为釉质与微孔内介质之间折光率不同引起光的折射改变。正常的釉质的折光率(RI)为1.65, 但在釉质龋损的微孔内充满了水介质(RI=1.33)或空气(RI=1.0)^[9]。而渗透技术就是用树脂(RI=1.46)来充填微孔, 使龋损表现为与周围正常釉质相似^[10-11]。渗透树脂治疗能够改善早期釉质龋的白垩色改变, 缩小龋损部位与周围正常釉质颜色的差距。渗透树脂适用于早期唇颊面和邻面早期釉质龋的微创治疗, 并且渗透治疗对于陈旧性釉质脱矿白垩色改变也可有一定程度的改善^[12]。Muñoz等^[13]的研究表明渗透树脂治疗轻到中度氟斑牙是有一定疗效的。美学效果的维持是影响临床疗效的关键问题, 因此临床医生也应考虑其对抗外源性着色的性能。

3.1 离体牙制备人工早期龋模型 在人工龋模型制备研究中使用的牙齿主要是人牙, 其主要来源于正畸、牙周病拔除的前磨牙、切牙或磨牙^[14-15], 要求釉质发育良好, 牙齿表面无外源性或内源性着色无龋, 无表面微裂纹。保存样本时应尽量避免标本过分干燥, 否则会造成牙体组织结构发生变化^[16]。表面的粗糙程度也是影响复合树脂染色的易感因素。树脂渗透治疗是非成洞性治疗, 运用低黏度光固化渗透材料通过微孔虹吸作用进入疏松多孔的病变体部, 形成扩散屏障, 封闭酸和细菌进入到牙体组织的路径, 终止病变进展。因而说明了渗透治疗后的釉质表层粗糙程度与树脂材料及抛光方法有关, 又与治疗前牙体表面粗糙程度相关。由于存在个体差异, 人牙釉质表面的粗糙程度是有差异的, 即使是同一个人, 牙齿发育过程中条件发生了某些变化, 也会导致牙体表面形态不同。本研究中离体牙经过初步的抛光, 样本表面初始情况相似, 尽可能减小系统误差。为排除混杂因素, 本实验中所有抛光操作均由同一人完成, 尽量保持抛光方向、压力一致。于1971年Silverstone定义了“开窗”, 其是指将实验样本的局部暴露于处理溶液中。一般“开窗”区外的正常牙体组织使用耐酸指甲油覆盖进行封闭, 以便于在之后的检验方法中进行对照。本实验中用游标卡尺对离体牙样本进行开窗, 一方面可以确保开窗区域充分接触脱矿液及着色溶液, 另外还便于之后的对比和数据测量。

目前人工龋模型中最常用的方法是化学致龋法。化学致龋法分为脱矿溶液法、脱矿凝胶法和pH循环法。脱矿液的基本成分是酸、钙磷离子及抑菌剂。早期牙釉质龋最主要的病理表现是在完整表层的下方发生脱矿^[17]。楚金普等^[18]对比了部分饱和酸缓冲脱矿系统和酸性凝胶溶液形成的人工龋, 发现前者形成的人工龋是在相对完整表层下脱矿的典型早期釉质龋, 这与早期自然龋损相似。相比之下, 后者表层被腐蚀或溶解。部分饱和酸缓冲液脱矿液中含有0.1 mmol/L NaF, 在一定程度上抑制了表层的溶解, 对脱矿过程中表层的完整起到了重要作用^[19], 因此部分饱和酸缓冲液脱矿系统被广泛应用。

本实验应用部分饱和酸缓冲脱矿系统, 模拟人体温度37 °C进行牙体脱矿, 使其更加接近自然龋。脱矿液的pH值一般为4.0-5.0, pH值越低引起的脱矿越严重。本实验中采用了pH值取中间值, 即pH为4.5的脱矿液, 脱矿相对缓慢, 有助于形成相对完整的表层。在脱矿4周后, 样本开窗区呈现肉眼可见的明显白垩色釉质脱矿区。

3.2 色彩表色系统和测定方法 色彩是评价修复效果的重要指标之一, 能否做到色彩逼真、自然是美容修复的关键。

本实验采用的CIE1976-L*a*b*色度系统是目前口腔医学研究最常用的表色系统, 它用L*、a*和b*建立三维立体的色彩坐标空间。视觉的明度由纵轴L*来表示, 数值越高越白, 反之数值越低越黑。色相和彩度分别由a*、b*水平轴来表示。原点为无色, a*代表红绿度, +a*代表红色的趋势, -a*代表绿色的趋势; b*代表黄蓝度, +b*代表黄色的趋势, -b*代表蓝色的趋势。美国国家标准局规定2个物体间的色差值用 ΔE 表示, 计算公式如下 $\Delta E=[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{1/2}$ 。通过国内外研究人员对色差接受范围的研究, 当 ΔE 值在0-1范围内, 为肉眼不易察觉水平; 当 ΔE 值在1.1-3.7的范围内, 为肉眼不易分辨^[20]。国外学者O'Brien等^[21]认为 $\Delta E < 2.0$ 为临床可接受水平, 而Douglas等^[22]则表示 ΔE 在2-4时为肉眼不易识别。Johnston等^[23]认为 ΔE 值 > 3.7 则说明色彩偏差过大, 在临床上不可以接受。

目测法和仪器法是在口腔科学中对颜色的测量和主要评价方法。本实验用的比色仪采用科学的数据化比色方法, 常用于口腔医学的色彩学研究。Crystaleye是一种新型的基于CIE L*a*b*表色系统的数字化比色仪, Crystaleye数字化比色仪内置标准光源(7波段, 标准光源6500K), 对色彩信息进行客观测量, 按照规范的操作方法能基本减少人为因素对结果的影响, 已被证实具有较高的可靠性及稳定性^[24]。

本实验应用Olympus Crystaleye比色仪测量样本的色度值, 选用相同的测试时间, 在标准的黑背景下, 每次测量由同一实验者独立完成。按照仪器使用要求, 每次测量前均要先使用自带校准头进行校准, 比色仪的测量头安装遮色套, 垂直于测量面进行测量。将仪器测量探头对准样本中心, 样本选取上、下、左、右4个标记点, 取平均值作为测量结果, 最大限度地减小误差, 提高准确性。

3.3 修复材料对颜色稳定性的影响 众所周知, 树脂材料随着使用时间的增加易受内外因素的影响发生颜色改变, 进而加速它的老化和磨损^[25]。这种颜色的改变是由内外因素共同作用导致的结果。复合树脂的颜色变化包括变色和染色。变色是指因材料自身的成分或理化性质变化而造成的颜色改变。复合树脂的变色一般是不可逆的, 与树脂基质填料及一些催化、稳定体系等成分的化学降解等内源性因素有关, 进而导致材料化学结构的改变, 致颜色发生变

化。染色是树脂材料接触到外源性的色素, 色素沉积到材料表面进而导致颜色改变。染色是可以通过抛光、研磨得以改善的。

渗透树脂主要成分是双酚A双甲基丙烯酸缩水甘油酯(Bis-GMA)、二甲基丙烯酸三甘醇酯(TEGDMA)、光引发剂和溶剂乙醇, 是一种具有较高渗透系数的黏粘度光固化树脂^[26], 其不含无机填料成分。由于渗透树脂仅有树脂基质成分并不含无机填料成分, 因此其表面粗糙程度、抗染色能力等表面性状必然和病损内部构建有关^[27]。其中吸水性是影响光固化树脂颜色稳定性的重要因素之一。树脂材料吸水性的影响因素包括: 树脂基本成分的含量及性质, 固化程度和气孔内气体含量。研究发现水不仅可以渗透到树脂基质内, 还可以渗透到树脂基质和填料之间的空隙中^[28], 并且认为树脂基质体积含量与树脂吸水变色正相关。

本实验的材料中均含有基质成分 TEGDMA 和 Bis-GMA, 这两种成分具有最高的吸水率, 这也是导致树脂变色的原因之一, TEGDMA 也被证实颜色稳定性较差^[29]。一般情况下, 复合树脂在水中第1天的吸水量最多, 达到基本饱和大约30 d, 在这段时间内复合树脂染色最严重。考虑到这点, 本实验分别检测2周和4周的数据做以统计学分析, 观察不同时间点样本的颜色稳定性。

窦国文等^[30]的研究发现, 早期釉质龋通过渗透树脂治疗后其表面粗糙度明显增大, 在应用抛光碟抛光后其表面粗糙度明显减小, 证实了渗透树脂治疗后表面粗糙度有待于改善及治疗后抛光的必要性。在进行染色实验前所有样本均进行统一抛光, 尽可能减小系统误差。因为渗透树脂治疗后, 表面仅覆盖薄层固化后树脂及较薄的树脂与釉质的结合层, 因此本研究选用绿色色碟和粉色碟较细的磨头。为了去除人为因素, 本实验中所有抛光治疗均由同一实验者完成, 用相同抛光方向、压力尽量一致。研究证明, 紫外线是影响树脂材料颜色稳定性的最关键的因素^[31], 因此, 本实验中所有样本均在恒温箱的避光环境下进行浸泡, 防止了照射紫外线对样本颜色稳定性的影响。渗透树脂在紫外线作用下的老化及颜色稳定性还有待研究。

3.4 浸泡溶液和时间对颜色稳定性的影响 不同的着色剂对树脂材料颜色稳定性影响程度也不同。红酒、咖啡、可乐和茶是生活中多见的着色饮品。本实验结果显示红酒、咖啡和茶这3种着色剂对样本的颜色稳定性均有比较明显的影响($\Delta E > 3.7$), 并且 ΔE 色差值随着浸泡时间的延长而升高。

本研究结果显示: 红酒对材料的着色最严重, 其次是咖啡、普洱茶, 这与Borges等^[32]的实验结果一致。红酒成分中乙醇促进树脂材料着色是通过软化树脂基质实现的, 乙醇成分还可使树脂材料的表面变得粗糙, 增加着色程度, 红酒内乙醇浓度在试样着色中起重要作用^[33]。另外红酒引起变色也是因为其中含有大量的单宁, 而这些成分会使蛋白链聚集沉淀, 树脂的黏结性受到影响^[34]。分析浸泡在咖

啡中的样本时发现, 第4周时的颜色变化比2周时明显, 这个结果与Nasim等^[35]的实验结果一致。咖啡导致的树脂类聚合物着色是由于咖啡中存在具有不同极性的黄色色素^[36]。黄色色素可以和不同极性的成分相结合, 渗透到树脂基质与其形成化学结合, 造成着色。另外单宁酸是咖啡引起材料着色的重要因素, 咖啡因和咖啡酸也可导致聚合材料的着色。咖啡是无极液体, 不仅可吸附于树脂表面, 还可以渗透至其深部。

国外研究证实咖啡引起的染色较茶明显^[37], 这与本研究结果一致。咖啡染色是因为黄色色素的吸收和吸附, 故咖啡着色较难去除。茶叶中的茶黄素是材料变色的原因之一^[38]。茶是具有极性的, 故其主要表现为表面吸附, 这种染色易被去除。分析浸泡在茶中的样本时发现, 第4周时的颜色变化不明显, 一方面是因为茶的染色主要是表面吸附, 可以通过抛光改善; 另外普洱茶中含有氟化物及茶多酚, 渗透树脂与氟化物在硬度与防止再脱矿方面有较强的作用^[23]。渗透树脂联合氟化物具有良好修复釉质龋及促进再矿化的能力^[39], 可减少表面色素的吸附。浸泡在唾液中的样本在整个实验过程中颜色变化是最小的, 与Torres等^[33]的实验结论相类似。

本次研究指出对于渗透树脂修复的釉质缺损应该定期进行颜色稳定性检测。鉴于本研究观察时间有限, 其远期颜色稳定性还需待进一步观察与研究。渗透树脂修复后的颜色是将牙体组织与树脂颜色结合实现的, 因此牙体组织的脱矿程度与表面粗糙度对颜色稳定性的影响还需进一步研究。体外实验不能准确模拟复杂的口腔环境, 而且在日常使用时接触到多种染色食物, 这些可能会影响最终的修复效果, 如何模仿现实的口腔环境, 还有待进一步探索研究。建议患者在渗透树脂治疗后, 应尽量避免食用易使牙齿染色的食物。

致谢: 感谢天津医科大学口腔医院实验室和天津市口腔医院实验室的老师。

作者贡献: 通讯作者和第一作者为实验设计者, 第一作者为样本收集、实验数据采集及文章撰写者。

利益冲突: 所有作者共同认可文章无相关利益冲突。

伦理问题: 实验获得所在单位的伦理委员会批注, 符合伦理学标准。

学术术语: 渗透树脂技术-是处于再矿化治疗与充填治疗之间的一种创新治疗方法。该技术对早期釉质龋病进行渗透治疗, 无创伤, 无痛苦, 不用磨牙, 使用安全且一次完成, 还可以降低牙科恐惧症, 尤其适用于儿童。渗透树脂疗法的原理是通过封闭牙釉质的小管系统, 使酸无法渗入, 终止早期龋的进展, 加强牙体硬组织的强度。

作者声明: 文章第一作者对研究和撰写的论文中出现的不良行为承担责任。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。

4 参考文献 References

- [1] Borges BC,de Souza Borges J,et al.Update on nonsurgical, ultraconservative approaches to treat effectively non-cavitated caries lesions in permanent teeth.Eur J Dent. 2011;5(2):229-236.
- [2] 赵陆.氟制剂与CPP-ACP促进牙釉质再矿化效果的体外对比研究[D].吉林:吉林大学,2013.
- [3] 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. Arch Oral Biol.2010;55(7):541-544.
- [4] 李淑慧,吴佩玲,酪蛋白磷酸多肽—无定形磷酸钙在口腔治疗中的研究应用[J].牙体牙髓牙周病学杂志,2011,21(10):601-603.
- [5] Anderson AM,Kao E,Gladwin M,et al.The effects of argon laser irradiation on enamel decalcification:An in vivo study.Am J Orthod Dentofacial Orthop.2002;122(3):251 -259.
- [6] 刘永红,葛立宏,陈惠珍.渗透树脂对乳、恒磨牙邻面早期龋损渗透能力的对比研究[J].华西口腔医学杂志,2013,31(2):161-164.
- [7] 刘子晗,朱玲.早期龋渗透树脂治疗的研究进展[J].口腔生物医学,2011,2(3):155-157.
- [8] Rocha Gomes Torres C,Borges AB,Torres LM,et al.Effect of caries infiltration technique and fluoride therapy on the colour masking of white spot lesions.J Dent.2011;39(3):202-207.
- [9] Paris S,Meyer-Lueckel H.Resin infiltration of artificial enamel caries lesions with experimental light curing resins.Dent Mater J.2007;26(4):582-588.
- [10] Kantovitz KR,Pascon FM,Nobre-dos-Santos M,et al.Review of the effects of infiltrants and sealers on non-cavitated enamel lesions.Oral Health Prev Dent.2010;8(3):295-305.
- [11] Ertas E,Guler AU,Yucel AC,et al.Color stability of resin composites after immersion in different drinks.Dent Mater. 2006;25(2):371-376.
- [12] Neuhaus KW,Graf M,Lussi A,et al.Late infiltration of post-orthodontic white spot lesions.J Orofac Orthop.2010; 71(6):442-447.
- [13] Muñoz MA,Arana-Gordillo LA,Gomes GM,et al.Alternative esthetic management of fluorosis and hypoplasia stains: blending effect obtained with resin infiltration technique.J Esthet Restor Dent.2013;25(1):32-39.
- [14] Schlueter N,Duran A,Klimek J,et al.Investigation of the effect of various fluoride compounds and preparations thereof on erosive tissue loss in enamel in vitro.Caries Res.2009;43(1): 10-16.
- [15] 黄冠玮,邹玲,李伟.人工龋模型的建立方法[J].国际口腔医学杂志,2010,3(5):537-540.
- [16] 叶玲,苏勤.体外人工龋模型的建立方法及检测新技术[J].广东牙病防治,2002,10(4):310-311.
- [17] Aoba T.Solubility properties of human tooth mineral and pathogenesis of dental caries.J Oral Dis.2009;10(5):249-257.
- [18] 楚金普,郝玉庆,李继遥,等.两种脱矿体系制备人工龋损的病理学比较[J].中国比较医学杂志,2008,18(1):23-26.
- [19] ten Cate JM,Damen JJ,Buijs MJ.Inhibition of dentin demineralization by fluoride in vitro.Caries Res.1998; 32(2): 141-147.
- [20] Cörekçi B,Irgin C,Malkoç S,et al.Effects of staining solutions on the discoloration of orthodontic adhesives: An in-vitro study.Am J Orthod Dentofacial Orthop.2010;138(6):741-746.
- [21] O'Briem WJ,Groh CL,Boenke KM.A new small color difference equation for dental shades.J Dent Res.1990;69(11): 1762-1764.
- [22] Douglas RD,Brewer JD.Acceptability of shade difference in metal ceramic crowns.J Prosthet Dent.1998;79(2):254-260.
- [23] Johnston Kao EC.Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry.J Dent Res.1989;68(5): 819-822.
- [24] 王夏衡,陈利民,高平.Crystaleye数字化比色仪和目测法比色的临床效果比较[J].上海口腔医学,2009,18(3):255-258.
- [25] Gray A,Ferguson MM,Wall JG.Wine tasting and dental erosion.Case report.Aust Dent J.1998;43(1):32-34.
- [26] 刘欣,刘棍,侯本祥.渗透树脂用于龋病治疗的研究进展[J].北京口腔医学,2012,20(3):172-174.
- [27] 赵晓一,高学军.渗透树脂处理釉质白垩斑的表面粗糙度及颜色稳定性[J].北京人学学报:医学版,2014,46(1):53-56.
- [28] Oysaed H,Ruyter IE.Water sorption and filler characteristic of composites for use in posterior teeth.J Dent Res.1986; 65(11):1315-1318.
- [29] Venz S,Dickens B.NIR-spectroscopic investigation of water sorption characteristics of dental resins and composites.J Biomed Mater Res.1991;25(10):1231-1248.
- [30] 窦国文,袁昌青,孙培,等.渗透树脂治疗后早期釉质龋表面抛光必要性研究[J].青岛大学医学院学报,2013,49(4):348-350.
- [31] Paravina RD,Ontiveros JC,Powers JM.Accelerated aging effects on color and translucency of bleaching-shade composites.J Ethet Restor Dent.2004;16(2):117-127.
- [32] Borges A,Caneppele T,Luz M,et al.Color stability of resin used for caries inf-iltration after exposure to different staining solutions.Oper Dent.2014;39(4):433-440.
- [33] Torres CRG,Borges AB,Tomes LMS,et al.Effect of caries infiltration technique and fluoride therapy on the colour masking of white spot lesions.J Dent.2011;39(3):202-207.
- [34] Ardu S,Braut V,Gutemberg D,et al.A long-term laboratory test on staining susceptibility of Esthetic composite resin materials. Quintessence Int.2010;41(8):695-702.
- [35] Nasim I,Neelakantan P,Sujeer R,et al.Color stability of microfilled, micro-hybrid and nanocomposite resin-an in vitro study.J Dent.2010;38(5):137-142.
- [36] Sepulveda-Navarro WF,Arana-Correa BE,Borges CP,et al.Color stability of resins and Nylon as denture base material in beverages.J Prosthodont.2011;20(8):632-638.
- [37] Mutlu-Sagesen L,Ergun G,Ozkan Y,et al.Color stability of different denture teeth materials: an in vitro study.J Oral Sci. 2001;43(3):193-205.
- [38] Imirzalioglu P,Karacaero O,Yilmaz B,et al.Color stability of denture acryl-ic resins and a soft lining material against tea,coffee, andnicotine.J Prosthodont.2010;19(2):118-124
- [39] 储婷,孔凡芝,江玉凤,等.渗透树脂和氟化物处理对早期龋修复及抑制再脱矿作用的体外研究[J].江苏大学学报:医学版,2014, 24(2):149-152.