译文

渗透树脂治疗釉质白垩斑即时遮盖效果的临床评价

Clinical Evaluation of the Immediate Masking Effect of Enamel White Spot Lesions Treated with an Infiltrant Resin

Rosa Maria Pereira Moises Andrade, Tayllan Oliveira Lima, Maria Angelica Menezes-Oliveira, Ruchele Nogueira, Cesar Penazzo Lepri, Vinicius Geraldo-Martins

原载　Int J Esthet Dent, 2020, 15(3): 306-316.（英文）

许梦茹　译　　张珊珊　郑树国　审

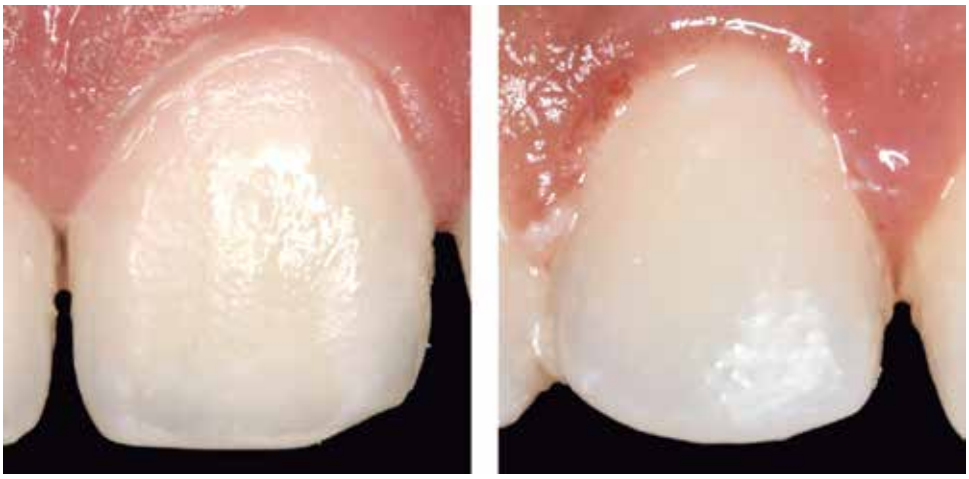
摘　要

本研究的目的是在体内评价渗透树脂（IR）治疗釉质白垩斑（WSLs）的即时遮盖效果。研究对象为 40 名 11 ～ 23 岁的青少年和年轻成人，至少有一颗上颌或下颌恒前牙为活动性白垩斑（ICDAS 得分为 2 分）。在渗透树脂治疗前，使用数字分光光度计（CIElab）对白垩斑和相邻完整釉质（SAE）的颜色进行评估。接着，依据生产商的使用说明对白垩斑应用渗透树脂技术（Icon），临床操作结束时评估渗透树脂的颜色。计算白垩斑和相邻完整釉质（WSL × SAE）、白垩斑和渗透树脂（WSL × IR）以及渗透树脂和相邻完整釉质（IR × SAE）间的颜色差异（ΔE），然后用单因素方差分析和 Turkey´s 检验进行分析。用 t 检验来比较相关样本白垩斑、相邻完整釉质和渗透树脂的 L*、a*、b*值（α=5%）。白垩斑和渗透树脂（WSL × IR）比较时 ΔE=5.930.41，渗透树脂和相邻完整釉质间（IR × SAE）的 ΔE=5.770.41，说明治疗后白垩斑的颜色发生改变，但与相邻完整釉质相比，渗透树脂不能完全掩饰白垩斑。相邻完整釉质的明度比渗透树脂高。由此可以得出如下结论：与相邻完整釉质相比，渗透树脂治疗不能遮盖白垩斑的颜色，但可以减弱釉质脱矿引起的变色。

1　引言

龋病是一种慢性、进行性破坏的感染性疾病，涉及局部因素，如牙齿表面形成的菌斑微生物膜和基于可发酵碳水化合物的饮食。龋病还受到基因和唾液的影响，也与口腔卫生行为的频率和个体的社会环境相关。龋病的形成是由于致龋菌如变形链球菌和韦格斯卡多维亚菌产酸导致釉质脱矿。最初的脱矿始于釉质表面及其下方。在致龋菌产生的众多有机酸中，乳酸最常见，且主要与龋病形成有关。

译者单位　北京大学口腔医院
北京市海淀区中关村南大街 22 号北京大学口腔医院
预防科　100081



这些酸性物质使生物膜的 pH 水平降到临界水平（5.5）以下，如果该生物膜没有被及时清除，牙体组织就开始损失矿物质，如羟基磷灰石。脱矿增加了孔隙率和釉质晶体间的空间，同时也使表面变软，允许酸性物质扩散进入牙体组织导致釉质表面的脱矿。过度脱矿会表现为釉质表面的白色斑块。

因此白垩斑指的是前牙或后牙表面最初的脱矿，当釉质出现牙菌斑下粗糙、白色不透明的表现时，为活动性白垩斑；当釉质表现为有光泽的光滑表面时，为非活动性白垩斑。由于脱矿釉质吸收外源性色素，白垩斑也可能表现为棕色着色。根据国际龋病检测与评估系统（ICDAS），没有表面釉质破坏或潜在牙本质暗影的早期病损被评为 1 分（釉质早期龋损）或 2 分（釉质明显视觉改变）。

以往研究显示白垩斑可以通过改变致病因素或应用预防措施得以逆转。有很多针对未成洞釉质的无创处理方法，氟化物是使用最频繁的用于预防或再矿化龋齿的制剂。除了价格便宜且容易获得，含氟牙膏的日常使用还可以为牙齿表面的龋病预防过程提供氟离子。牙科诊室里常用的是氟化物的局部涂布。对于龋病高风险患者，建议每年四次专业应用氟化物如涂料或凝胶。除了牙齿再矿化，专业氟化物应用的优点包括成本相对较低、治疗时间短、氟摄入风险低，以及降低儿童氟牙症的风险。然而，虽然氟化物可以使白垩斑再矿化，但染色仍存在于受损釉质，与健康釉质颜色形成对比，并且影响微笑的美观性。

釉质表面的白垩色斑是由于光线的散射（散射率不同时即可发生）造成的。当釉质的孔隙充满空气时，由于空气的折射率（1.00）比羟基磷灰石的折射率（1.62 ~ 1.65）小，发生了更大的光色散，导致了不透明的白色表现。

为了阻止龋病的进展和修复脱矿釉质的健康表现，人们发明了渗透树脂。这是一种低黏度的树脂，可以渗透进入脱矿釉质，创造出一个扩散屏障并且使应用的树脂代替丢失的矿物质。这种微创技术单独应用，不需要麻醉、窝洞预备，不会造成釉质磨损或疼痛。该技术的其他应用指征包括釉质发育不全、磨牙切牙矿化不全和氟斑牙。

当应用氟化物治疗时，即使病损变为非活动性，白垩色斑仍存在。这是由于再矿化只发生在表面。相反，渗透技术通过毛细虹吸作用渗入脱矿釉质的多空隙结构，可以到达病损的最前沿。因此，由于渗透树脂的折射率为 1.51（与羟基磷灰石的折射率类似），因此可能形成对白色病损的遮盖效果。

氟化物局部应用与渗透技术有一个重要的区别：在前者中，含氟涂料或凝胶只在表面创造了一个扩散屏障，而在后者，树脂在釉质表面和釉质内都创造了屏障，用树脂基质增强脱矿组织，并阻止病变进展。渗透技术的其他好处包括增加治疗后脱矿釉质的机械平衡、保存牙体硬组织、刺激再矿化过程、永久性闭合表面微孔和洞，以及最小化继发龋的形成风险（没有唾液和微生物的渗透间隙）。虽然绝大多数研究渗透树脂颜色遮盖效果的实验是在体外开展的，但一些临床报告也显示了良好的美学结果。然而，仍然缺乏渗透技术遮盖釉质白色变色临床效果的证据。

本研究的主要目的是在体内评价使用渗透树脂治疗白垩斑的遮盖效果。无效假设是治疗后白垩斑的颜色没有改变。

2　材料方法

本研究通过乌贝拉巴大学伦理委员会的批准（批准号为：CAAE 65927817.4.0000.5145），所有患者均签署了知情同意书。不满足纳入标准的患者或不同意参加本研究的患者被排除。

2.1　试验步骤

本调查研究对象为 40 名 11 ～ 23 岁的青少年和年轻成人，全身状况良好，且至少有一颗上颌或下颌恒前牙为釉质表面的活动性白垩斑。活动性白垩斑是指釉质表面不透明的、不光滑的、白垩色的区域。被选牙齿的 ICDAS 得分需为 2 分，没有直接充填体存在。

首先，用预防性牙膏和橡皮杯低速下清洁被选牙齿。在进行渗透树脂治疗之前，通过数字分光光度计用 CIELab 系统评估白垩斑的颜色和相邻完整釉质的颜色。该系统用三维坐标来定义颜色：L*代表颜色的明度，a*和 b*代表色彩特性，该系统同时可以检测两物体（本研究中为两牙）间的颜色差别。

研究者设计了一个单独的透明聚酯纤维模板，并将其放在牙面上来标记白垩斑的具体位置和其相邻的区域。因此，试验开始和结束时的颜色分析在相同的位置完成。在模板上预留与分光光度计尖端大小一致的孔，直接从牙面上读出颜色。分光光度计垂直放置于临床冠的唇面，在治疗前后进行测量时均在牙齿后面放置黑背景板。重复测量三次来降低分光光度计的测量和读数误差。治疗者之外的研究者进行治疗前后的颜色评估。

接着放置橡皮障，一名经过训练的口腔医生根据生产商的操作说明按以下的步骤对白垩斑进行渗透树脂治疗。首先用 15% 盐酸酸蚀病损区，2 分钟后冲洗，气枪吹干 30 秒。第二步，乙醇脱水 30 秒，气枪吹干 10 秒。最后，涂布渗透树脂，静置 3 分钟后用气枪和牙线去除多余的树脂，光照 40 秒。再次涂布渗透树脂，静置 60 秒使树脂渗透进入剩余的多孔结构中，然后光照 40 秒。去除橡皮障后使用抛光杯进行抛光。牙齿再水化 60 分钟后，按照前述的步骤用数字分光光度计评估渗透后的病损区和相邻釉质区的颜色。

2.2　统计分析

对数据列表处理后，使用 SigmaStat 3.01 软件进行数据分析。计算白垩斑、相邻完整釉质和渗透树脂的颜色指标 L*、a*、b*值的均数和 95% 可信区间，根据以下公式计算 ΔE：ΔE=[(ΔL*)2+(Δa*)2+(Δb*)2]1/2。计算白垩斑和相邻完整釉质（WSL×SAE）、白垩斑和渗透树脂（WSL×IR）以及渗透树脂和相邻完整釉质（IR×SAE）间的颜色差异（ΔE），然后用单因素方差分析和 Turkey’s 检验进行分析。用 t 检验来比较相关样本白垩斑、相邻完整釉质和渗透树脂的 L*、a*、b*值（α=5%）。

3　结果

本研究的受试对象为 40 名平均年龄为 16.3 岁的患者，其中 53% 为男性，47% 为女性。根据之前确定的标准，每个患者只治疗一颗牙齿。上颌牙中共有 13 颗尖牙（32.5%）、9 颗中切牙（22.5%）和 7 颗侧切牙（17.5%）。下颌牙中有 6 颗尖牙（15%）、2 颗中切牙（5.5%）和 3 颗侧切牙（7.5%）。

白垩斑、相邻完整釉质和渗透树脂相比的颜色差异 ΔE 值的均值（标准差）如表 1 所示。白垩斑和相邻完整釉质的颜色差异（ΔE=8.05±0.48）说明了釉质表面的病损区很容易被察觉。白垩斑和渗透树脂的颜色差异（ΔE=5.93±0.41）说明渗透树脂治疗改变了白垩斑的颜色，降低了相邻釉质与脱矿釉质的差别（$P < 0.05$）。相邻完整釉质和渗透树脂的颜色差别（ΔE=5.77±0.41）说明渗透树脂不能完全掩盖釉质白垩斑，但与白垩斑和相邻完整釉质间的颜色差异相比，治疗后的病损颜色接近完整釉质的颜色（$P < 0.05$）。

白垩斑、相邻完整釉质和渗透树脂分析所得 L*、a*、b*值的均值（标准差）如表 2 所示。白垩斑的明度（L*=71.4±2.03）与相邻完整釉质（L*=73.62±1.78）和渗透树脂（L*=71.78±1.79）没有差异。然而，相邻完整釉质的明度高于渗透树脂（$P < 0.05$）。a*是测量牙齿颜色的红色度（a*＞0）或绿色度（a*＜0），各组值的差异均有统计学意义。白垩斑（a*=1.58±0.48）和渗透树脂（a*=0.99±0.35）的 a*为正值，而相邻完整釉质则显示

表 1　各组比较的颜色差异 ΔE 的均值（标准差）

比较组	ΔE
WSL×SAE	8.05(±0.48)[A]
WSL×IR	5.93(±0.41)[B]
IR×SAE	5.77(±0.41)[B]

WSL：白垩斑；SAE：相邻完整釉质；IR：渗透树脂。
上标代表统计学显著差异（$P < 0.05$）。

表 2　白垩斑、相邻完整釉质和渗透树脂分析所得 L*、a*、b*值的均值（标准差）。各组间以列进行比较的（α=5%）

	WSL	SAE	IR	*P*
L*	71.4(2.03)	73.62(1.78)	—	0.13
L*	71.4(2.03)	—	71.78(1.79)	0.28
L*	—	73.62(1.78)	71.78(1.79)	0.02
a*	1.58(0.48)	−0.55(0.27)	—	0.01
a*	1.58(0.48)	—	0.99(0.35)	0.02
a*	—	−0.55(0.27)	0.99(0.35)	0.01
b*	24.08(1.35)	23.08(1.05)	—	0.13
b*	24.08(1.35)	—	24.41(1.21)	0.28
b*	—	23.08(1.05)	24.41(1.21)	0.02

绿色度（a*=−0.55±0.27）。b*是测量牙齿颜色的黄色度（b*＞0）或蓝色度（b*＜0）。各组值均显示了黄色度，仅渗透树脂治疗后的病损区（b*=24.41±1.21）和相邻完整釉质（b*=23.08±1.05）有差异。

图 1 展示了两个有代表性的病例图片：图 a 白垩斑和相邻完整釉质的颜色差异 ΔE=8.38，图 b 渗透树脂和相邻完整釉质的颜色差异 ΔE=7.88，

图 1　两个有代表性的病例，图 a 和 b 中树脂渗透技术后颜色差异的改变小，图 c 和 d 中树脂渗透技术后颜色差异的改变大

这种情况下治疗效果不佳；而图 c 白垩斑和相邻完整釉质的颜色差异 ΔE=8.69，图 d 渗透树脂和相邻完整釉质的颜色差异 ΔE=1.68，这种情况下 ΔE=3.3。图 2 也展示了两种不同的情况：第一个病例中渗透树脂可以遮盖白垩斑——图 a 白垩斑和相邻完整釉质的颜色差异 ΔE=5.98，图 b 渗透树脂和相邻完整釉质的颜色差异 ΔE=1.42；而在第二个病例中，渗透树脂不能遮盖白垩斑，但可以减轻釉质着色——图 c 白垩斑和相邻完整釉质的颜色差异 ΔE=5.01，图 d 渗透树脂和相邻完整釉质的颜色差异 ΔE=3.24。

4　讨论

本研究的目的是在体内评价渗透树脂治疗白垩斑的遮盖效果。研究结果显示，虽然治疗后的白垩斑和完整釉质的颜色差别减小，但白垩斑经渗透树脂治疗后的颜色不能完全模拟牙釉质的颜色。然而，治疗改善了白垩斑的颜色，因此拒绝无效假设。

如前所述，白垩斑的发生是由于釉质表面脱矿，代表了龋病的初始阶段。很多方法可以用来再矿化病损区域，虽然一些方法（主要是氟化物）展示了令人满意的结果，但并不能使白垩斑与完整釉质的颜色完全一致。从功能的角度来看，渗透树脂技术的目的是使用低黏性、光固化的树脂使龋损停止进展，这是由于渗透树脂可以在釉质表面及其下方创造扩散屏障阻止酸性物质进入硬组织。此外，由于渗透树脂的成分特点，在一些情况下，它可以使龋损区域的美观性得以改善。

已有文献报道了渗透树脂用于治疗釉质发育不全和遗传性釉质发育不全。本研究只选择了前牙由

图 2　有代表性的其他病例，图 a 和 b 显示对白垩斑的完全遮盖效果，图 c 和 d 显示对白垩斑的部分遮盖效果

于脱矿导致前牙釉质变色的患者（ICDAS 得分为 2 分）。因此讨论部分基于这一特定的问题。

本研究使用了便携式分光光度计进行颜色测量，渗透治疗操作医生之外的研究者进行治疗前后的颜色评估。每个区域均进行 3 次测量。与视觉颜色确定相比，仪器颜色分析有读数客观、容易量化和即时获得等优点。分光光度计通过测量光谱反射比或透过率曲线来工作。牙齿颜色的改变是用目前牙科学中最常用的颜色测量系统——CIELab 系统来评估。在该系统中，有三个不同的区间用来区分颜色差异：$\Delta E=1$ 时，一般认为颜色差异不能被人眼察觉；$1.0 < \Delta E < 3.3$ 时，代表颜色差异只能被专业人士察觉（也就是说，颜色差异临床是可以接受的）；$\Delta E > 3.3$ 时，说明颜色差异很容易被观察到。

本研究显示了白垩斑和相邻完整釉质间显著的颜色差异（$\Delta E=8.05\pm0.48$），这也是很多患者的主诉之一。白垩斑呈现多孔表面，这些微孔内充满了折射率为 1.33 的水或折射率为 1.0 的空气，而完整釉质的折射率为 1.62。釉质晶体与孔隙中介质间折射率的差异导致了光的散射，使病损呈现白色表现，特别是当牙表面干燥时。

如前所述，白垩斑治疗前和治疗后的颜色差异（$\Delta E=5.93\pm0.41$）大于两物体颜色差异可以察觉的参考阈值，因此，本研究也观察到了渗透技术可以改变白垩斑的颜色。由于低黏度的树脂（折射率为 1.46，与完整釉质折射率相近）渗入白垩斑的微孔中，病损体部的折光系数更接近于正常牙釉质，而使白色病损的颜色得以改善。

必须指出的是，不同因素可能影响遮盖效果，如病损的范围、深度和活动性。与其他体外研究可以完全控制釉质脱矿的初始情况不同，体内临床试验无法对所有受试者的脱矿程度进行标准化。目前已知治疗效果与渗透技术中使用的 15% 盐酸对白垩斑的脱矿直接相关。酸蚀的作用是增加釉质的孔隙率和湿润性，便于低黏度树脂渗透。因此，如果病损体部的孔隙可以完全被渗透剂阻塞，病损的进展就可以被阻止，同时美观问题也得以解决。因此，考虑到相同的作用时间下，酸在矿化程度较高组织中的作用弱于在矿化程度较低组织中的作用，这可能可以解释为什么渗透技术在体外研究中的效果优于在体内研究中的效果。

如前所述，根据生产商的说明书，在相同区域涂布两次渗透树脂。同样，评估仅在治疗结束后立即进行。以往长期临床研究显示，虽然遮盖效果是即时的，但仍存在由于渗透治疗所使用低黏度树脂染色和老化导致的美观效果持久性问题。虽然有研究显示渗透树脂有令人满意的长期颜色稳定性，随着时间的推移，刷牙和食物／饮料摄入可能会影响治疗的美观效果。

渗透治疗后，即使不用分光光度计也可以观察到白垩斑的颜色被渗透树脂减弱，而在一些病例中，颜色的改变是难以察觉的。一项比较渗透树脂治疗前后牙齿颜色的主观和客观分析的研究中也有过类似发现。

表 2 显示了 L^* 值和 b^* 值差异很小，治疗导致的颜色改变主要在 a^* 值，也就是物体的红色度（$a^*>0$）或绿色度（$a^*<0$）。这可能是由于渗透树脂单体的颜色试图将白色着色渐变为接近黄色。

5　结论

本研究结果表明渗透树脂不能使牙釉质表面的白垩斑变成与完整釉质完全一致的颜色，但治疗可以减轻脱矿釉质的着色。

如前所述，本研究在大学口腔诊室中对青少年和年轻成人开展。由于没有长期分析，不能控制患者的口腔卫生习惯。因此，需要进一步研究来确定治疗后颜色的即时改变在标准化情况下是否可以有令人满意的长期效果。