

基础研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyxh.001712

复合树脂双层修复中不同树脂品牌、配色方案及
牙釉质树脂厚度对颜色的影响

黄韵诗, 徐缤亭, 王 璐

(重庆医科大学附属口腔医院修复科、口腔疾病与生物医学重庆市重点实验室、
重庆市高校市级口腔生物医学工程重点实验室, 重庆 401147)

【摘要】目的:研究不同树脂品牌、配色方案和牙釉质树脂厚度对复合树脂双层修复最终颜色的影响及与 VITA 比色板颜色的匹配性。**方法:**选择 3 种品牌(3M、Coltene、Kerr)的复合树脂,按牙本质与牙釉质颜色一致(方案一)和牙本质比牙釉质深一个色号(方案二)2 种配色方案制作牙釉质层分别为 0.5、1.0、2.0 和 3.0 mm 厚的圆盘形试样($n=6$),电脑比色仪测量与 VITA 比色板 A2 色的色差值(ΔE 值)。析因设计方差分析及 Tukey's 多重检验评估 2 种配色方案下不同树脂品牌不同牙釉质树脂厚度间 ΔE 值的差异。**结果:**3 种树脂品牌间 ΔE 值 Coltene 最大(7.52 ± 0.93),Kerr 最小(5.32 ± 2.09);2 种配色方案的 ΔE 值方案一(6.11 ± 2.50)小于方案二(6.48 ± 2.26);不同牙釉质树脂厚度的 ΔE 值 0.5 mm 时最小(4.46 ± 2.55),超过 0.5 mm 后随着厚度增加色差加大。**结论:**对于复合树脂双层修复 A2 色,3 种品牌中 Kerr 最接近比色板颜色;对于 2 种配色方案,牙本质与牙釉质选用同一色号效果更佳;对于 Kerr 和 3M 两种品牌,牙釉质树脂厚度在 1.0 mm 以下更能模拟出比色板的颜色。

【关键词】复合树脂双层修复;配色方案;牙釉质厚度;色差;电脑比色仪**【中图分类号】**R783.1**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2017-10-12Effects of different brands,color matching methods and enamel thicknesses
on the color of double-layered resin composite restorations

Huang Yunshi,Xu Bingting,Wang Lu

(Department of Prosthodontics,Chongqing Key Laboratory for Oral Diseases and Biomedical Sciences,
Chongqing Municipal Key Laboratory of Oral Biomedical Engineering of Higher Education,
Stomatological Hospital of Chongqing Medical University)

【Abstract】Objective:To investigate the influence of different brands,enamel/dentin composite shade matching methods and enamel thicknesses on the color of double-layered resin composite restorations. **Methods:**Three brands of commercial resin composites(3M,Coltene,Kerr) were included in this study following two color matching methods:①Dentin color was the same with enamel color. ②Dentin color was 1unit darker than enamel color. Composite disk specimens with enamel thicknesses 0.0,0.5,1.0,2.0 and 3.0 mm were made($n=6$). The color of the specimens were assessed using a colorimeter and the color differences(ΔE) between the specimens and the VITA Classical Shade tab A2 shade were calculated. The results were analyzed by three-way analysis and Tukey's test($P<0.05$). **Results:**With respect to the three composite brands,Coltene had the highest ΔE values and Kerr had the lowest ΔE values. ΔE values of color matching method 1 were significantly lower than those of color matching method 2. Enamel composite thickness of 0.5

mm was the lowest ΔE values and ΔE values were increased with the increasing of enamel thickness. **Conclusion:**Regarding to double-layered resin composite restorations with A2 shade,Kerr has the best results in matching the shade guide. The most color-matched method is the enamel shade and dentin shade with the same shade. The most color-matched enamel composite thickness to the shade tab is under 1.0 mm for Kerr and 3M.

【Key words】double-layered resin composite restoration;shade matching method;enamel thickness;color difference;colorimeter

作者介绍:黄韵诗,Email:248322168@qq.com,

研究方向:口腔材料色彩学。

通信作者:徐缤亭,Email:236649881@qq.com。**基金项目:**渝中区科技计划资助项目(编号:20150125);2016 年重庆
高校创新团队建设计划资助项目(编号:CXTDG201602006);
重庆市高校市级口腔生物医学工程重点实验室资助项目;
重庆市渝北区科学技术资助项目[编号:渝北财资(2011)
102 号]。**优先出版:**<http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20180517.1547.032.html>
(2018-05-18)

复合树脂因其出色的美学效果、保守的牙体预备和可接受的远期效果在前牙美学修复中得以广泛应用。2001 年 Dietschi 等^[1]首次提出依据牙体解剖层次分层修复(layering techniques)的理念,即应用复合树脂模仿牙釉质-牙本质自然层颜色特征进行多色分层修复(multi shade restoration technique),以模仿天然牙体组织的解剖特征来获得更加理想的美学修复效果。由于天然牙内部的有机和无机成分导致其光学性质相当显著,光阻射性牙本质构成牙的自体,半透明性和光透视性的牙釉质覆盖牙本质之上。因此在分层技术中,较为透明的一层牙釉质树脂被充填在不透明的牙本质树脂上来创造修复体内部深度的感觉,使颜色不仅仅来自修复体的表面^[2],而是模拟天然牙复杂的解剖和光学特性,作为提高牙齿颜色匹配性的解决方法^[3-4]。已有研究结果显示复合树脂品牌、颜色、厚度等是影响修复体颜色再现的重要因素^[3,5-6]。然而,少有研究报道复合树脂双层修复中不同牙釉质树脂/牙本质树脂配色方案对最终颜色的影响,以及不同品牌、釉质厚度、配色方案综合效果对最终美学修复颜色效果的影响。

口腔修复体颜色的选择是用比色板去比对天然牙颜色,再按照比色板颜色选择与之最接近的修复体颜色。因此,比色板与修复体颜色的色差大小决定了天然牙颜色复制的准确性。对于复合树脂修复而言,树脂材料和比色板颜色的匹配直接影响最终的修复效果^[7]。

本研究纳入目前临床上较常使用的 3 种品牌、2 种牙釉质-牙本质树脂配色方案、5 种牙釉质树脂厚度的复合树脂系统,比较与相应颜色比色板的色差大小。目的是为了研究在不同配色方案下不同树脂品牌 and 不同牙釉质树脂厚度对复合树脂双层修复最终颜色的影响及与 VITA 比色板颜色的匹配性。基本假设是不同树脂品牌、配色方案及牙釉质树脂厚度的色差值(ΔE 值)均无统计学差异。

1 材料与方法

1.1 实验材料及配色方案

3 个品牌的复合树脂,各选择 2 个颜色的牙本质树脂和 1 个颜色的牙釉质树脂纳入本实验研究,具体信息见表 1。采用 2 种配色方案,配色方案一(简称方案一)为牙本质色与牙釉质色相同的传统配色方案,即 A2 色牙釉质树脂叠加 A2 色牙本质树脂;配色方案二(简称方案二)为牙本质色比牙釉质色加深一个色号的配色方案,即 A2 色牙釉质树脂叠加 A3 色牙本质树脂。

1.2 试样制备

1.2.1 牙本质树脂试样制作 选用内径 10 mm、高 6 mm 的聚四氟乙烯管模具(革方,上海)制作各品牌 A2、A3 色牙本质树脂圆盘形试样^[8],将模具放置于载玻片上,以载玻片为底面用树脂充填器加压充填(图 1A),尽可能达到表面光滑,光固化灯(3M 公司,美国,功率 500 mW/cm²)光照 40 s 分层固化(每层 2 mm 左右),使其总厚度大于等于 6 mm。上表面再放置载玻片,500 g 砝码加压静置 60 s 去除多余树脂,上下表面各用光固化灯光照 40 s。取出试样,试样表面依次使用 800、1 000、1 200、1 500、2 000、2 500 目 SiC 湿砂纸(四砂,淄博)从粗到细打磨抛光,千分尺(Mitutoyo,日本)控制试样厚度为(4.00 ± 0.01) mm^[9]。每个品牌制作 A2、A3 色牙本质树脂试样各 30 个,共 180 个(图 1B),所有试样超声清洗 5 min 后保存在 37 ℃蒸馏水中 24 h 以确保完全聚合固化,并保存在含有湿棉球的容器中备用。

1.2.2 牙釉质牙本质树脂试样复合体制作 选用内径 10 mm,高度分别为 6.5、7、8、9 mm 的聚四氟乙烯管模具,制作各个品牌圆盘形牙釉质牙本质树脂试样复合体。将模具放置于载玻片上,分别将已制备的各品牌 A2、A3 色牙本质树脂背景试样置于模具底部,在其上方堆加对应品牌的 A2 色牙釉质树脂,用树脂充填器加压充填(图 1A),尽可能使其表面光滑,光固化灯光照 40 s 分层固化(每层 2 mm 左右),总厚度大于等于模具高度。上表面再放置载玻片,500 g 砝码加压静置 60 s 去除多余树脂,上下表面各用光固化灯光照 40 s。取出试样后表面依次使用 800、1 000、1 200、1 500、2 000、2 500 目 SiC 湿砂纸从粗到细打磨抛光,千分尺控制试样厚度分别

表 1 复合树脂材料信息

材料	货号	颜色	批号	厂家
Filtek™ Z350XT	7018A2E	A2 牙釉质色	N639410	3M ESPE, 美国
	7018A2D, 7018A3D	A2、A3 牙本质色	N634529, N617417	
Brilliant™ NG	8950NG	A2/B2 牙釉质色	F56033	Coltene, 瑞士
		A2/B2、A3/D3 牙本质色	F69258, F54688	
Herculite Precise™	34360	A2 牙釉质色	5091666	Kerr, 美国
	34364, 34365	A2、A3 牙本质色	4543349, 4671001	

为 (4.50 ± 0.01) 、 (5.00 ± 0.01) 、 (6.00 ± 0.01) 、 (7.00 ± 0.01) mm, 其牙釉质树脂层厚度分别为 (0.50 ± 0.01) 、 (1.00 ± 0.01) 、 (2.00 ± 0.01) 、 (3.00 ± 0.01) mm($n=6$)。3 个品牌共制作牙釉质牙本质树脂试样复合体 144 个(图 1B),所有试样超声清洗 5 min 后保存在 37 ℃蒸馏水中 24 h 以确保完全聚合固化,并保存在含有湿棉球的容器中备用。

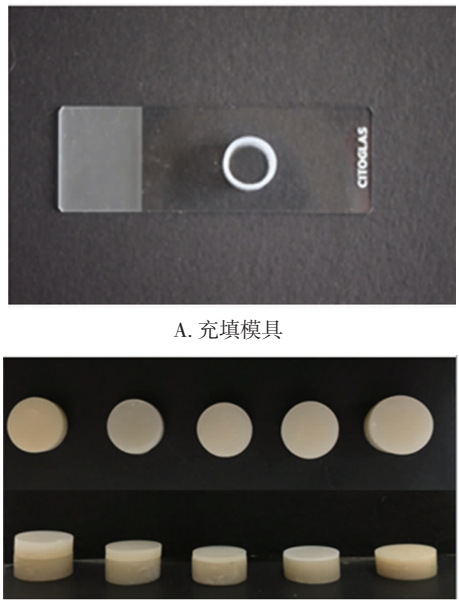


图 1 树脂试样制作

1.3 颜色测量及步骤

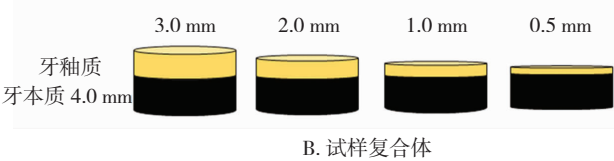
采用电脑比色仪 VITA Easyshade® Advance 4.0 (VITA Zahnfabrik 公司,德国)(图 2A)对样本的中心进行测量,测色在自然光下进行,测色前用比色仪配套提供的校准槽校正。以标准中性灰板(Mennon,中国)作为背景,将试样复合体放置于灰板上测色。使用比色仪选择“修复体颜色测量模式”进行测量^[10],选定目标色值为 VITA A1-D4 16 色经典色系 A2 色。每个试样在测量前用湿酒精棉球擦拭,并用三用枪吹干,避免水对测量结果产生影响,测量时比色仪光导纤维测量探头与试样复合体牙釉质树脂表面中心垂直,防止边缘漏光。比色仪选择“平均色模式”,每个试样复合体测量 3 次取平均值;选择“修复体颜色测量模式”自动计算出试样与 VITA16

色经典比色板 A2 色的 ΔE 值。颜色测量由一位操作者在一天内完成。



a: 光导纤维测量探头;b: 校准槽

A. VITA Easyshade® Advance 4.0



B. 试样复合体

图 2 电脑比色仪和试样复合体

1.4 统计分析

比色仪中已带有 VITA16 色经典比色板各比色片的颜色参数,可通过 CIE 色差公式自动计算出目标比色片与试样间的色差值 ΔE ^[11],因此通过“修复体颜色测量模式”测量得出的 ΔE 值表示树脂试样和 VITA16 色经典比色板 A2 色之间的色差值。 $3 \times 2 \times 5$ 的析因设计方差分析用于显示 3 个主要因素,即树脂品牌、配色方案及牙釉质树脂厚度对 ΔE 值的影响。Tukey's 多重检验评估 2 种配色方案下不同树脂品牌不同牙釉质树脂厚度间 ΔE 值的差异。数据采集和分析应用 SPSS 22.0 统计分析软件,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结 果

本实验测量数据 ΔE 值见表 2。析因设计方差分析结果显示 2 种配色方案下不同树脂品牌不同牙釉质树脂厚度间 ΔE 值均有统计学差异($P<0.05$),见表 3。

表 2 不同树脂品牌、配色方案、牙釉质树脂厚度试样的 ΔE 平均值

树脂品牌	配色方案	牙釉质厚度				
		0.0 mm	0.5 mm	1.0 mm	2.0 mm	3.0 mm
3M	方案一	2.90 ± 0.00	2.80 ± 0.32	4.38 ± 0.52	8.27 ± 0.65	10.30 ± 0.36
	方案二	5.90 ± 0.00	2.08 ± 0.37	4.62 ± 0.37	8.67 ± 0.48	10.58 ± 0.49
Coltene	方案一	9.00 ± 0.00	8.10 ± 0.14	7.43 ± 0.33	7.03 ± 0.84	6.35 ± 0.72
	方案二	8.40 ± 0.00	7.77 ± 0.18	7.42 ± 0.28	7.22 ± 0.81	6.43 ± 0.79
Kerr	方案一	2.80 ± 0.00	3.13 ± 0.91	4.18 ± 0.58	6.90 ± 0.68	8.05 ± 0.56
	方案二	5.90 ± 0.00	2.85 ± 0.48	4.30 ± 0.69	6.95 ± 0.51	8.10 ± 0.55

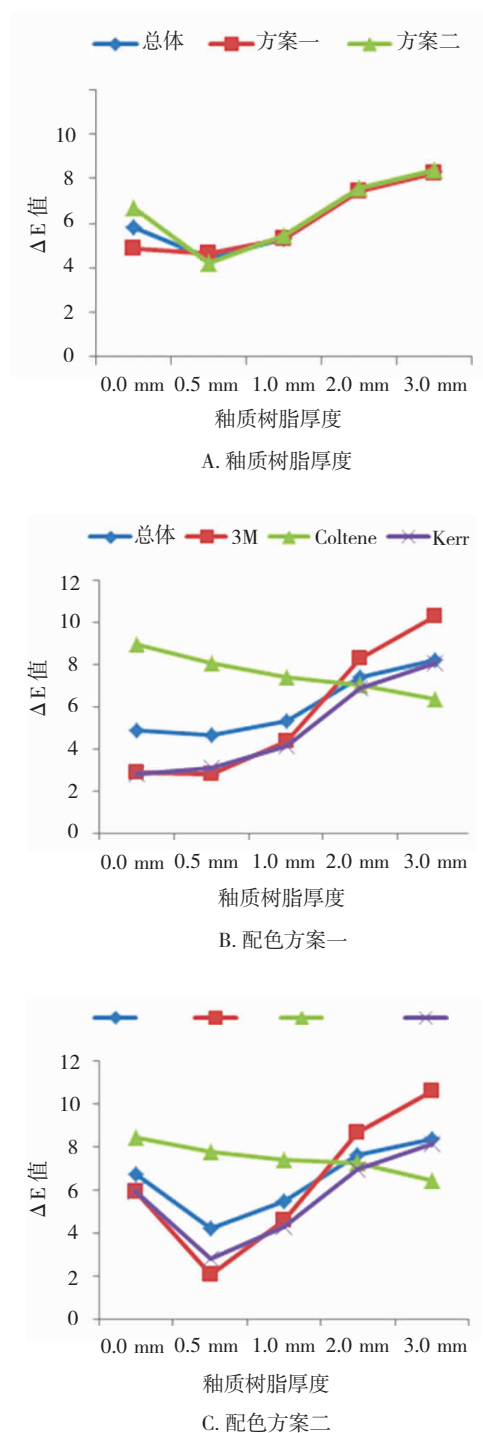
表 3 析因设计方差分析及交互效应结果

	df	均方	F 值	P 值
树脂品牌 (R)	2	75.167	296.152	0.000
配色方案 (C)	1	6.160	24.272	0.000
牙釉质树脂厚度 (T)	4	89.370	352.112	0.000
R × C	2	2.892	11.395	0.000
R × T	8	51.261	201.966	0.000
C × T	4	6.638	26.154	0.000
R × C × T	8	2.699	10.633	0.000

注: $P < 0.05$ 提示结果有统计学差异

析因设计方差分析显示 3 个主因素树脂品牌、配色方案、牙釉质树脂厚度的 ΔE 值均有统计学差异 ($P < 0.05$)。3 种树脂品牌的 ΔE 值 Kerr 最小 (5.32 ± 2.09), 3M 次之 (6.05 ± 3.07), Coltene 最大 (7.52 ± 0.93); 对于 2 种不同配色方案, 传统配色方案一的 ΔE 值 (6.12 ± 2.50) 小于牙本质比牙釉质深一个色号的方案二 (6.48 ± 2.26); 5 种牙釉质树脂厚度的 ΔE 值从小到大顺序为: $0.5 \text{ mm} < 1.0 \text{ mm} < 0.0 \text{ mm} < 2.0 \text{ mm} < 3.0 \text{ mm}$ 。析因设计方差分析同时显示 3 个主因素树脂品牌、配色方案、牙釉质树脂厚度间存在交互效应。考虑树脂品牌及配色方案时的 ΔE 值均有统计学差异 ($P < 0.05$), 方案一的 Kerr 最小 (5.01 ± 2.21); 考虑树脂品牌及牙釉质树脂厚度时的 ΔE 值均有统计学差异 ($P < 0.05$), 3M 牙釉质树脂为 0.5 mm 时最小 (2.44 ± 0.35); 考虑配色方案及牙釉质树脂厚度时的 ΔE 值均有统计学差异 ($P < 0.05$), 方案二下 0.5 mm 的牙釉质树脂最小 (4.23 ± 0.34)。综合考虑三因素交互的 ΔE 值均有统计学差异, 3M 品牌树脂在配色方案二下牙釉质树脂厚度为 0.5 mm 时最小 (2.08 ± 0.37)。

图 3 中, A 显示不同牙釉质树脂厚度之间 ΔE 值的差异, Tukey's 多重检验结果显示对于不同牙釉质树脂厚度的 ΔE 值均有统计学差异 ($P < 0.05$)。总体来看, ΔE 值从小到大顺序为: $0.5 \text{ mm} < 1.0 \text{ mm} < 0.0 \text{ mm} < 2.0 \text{ mm} < 3.0 \text{ mm}$; 单看配色方案二 ΔE 值顺序相同; 单看配色方案一, 除了 0.5 mm 与 0.0 mm 的 ΔE 值无统计学差异 ($P > 0.05$) 外, 其余顺序相同。B 和 C 分别显示在 2 种配色方案下不同树脂品牌不同牙釉质树脂厚度间 ΔE 值的差异, 对于配色方案一, 牙釉质树脂厚度为 0.5 mm 和 0.0 mm 时 ΔE 值最小, 超过 0.5 mm 后随着牙釉质树脂厚度增加 ΔE 值加大; 对于配色方案二, 牙釉质树脂厚度为 0.5 mm 时 ΔE 值最小, 超过 0.5 mm 后随着牙釉质树脂厚度增加 ΔE 值加大。品牌 Kerr、3M 与方案一、二总体规律相同; Coltene 的 ΔE 值在方案一中从小到大顺序为: $3.0 \text{ mm} < 2.0 \text{ mm} / 1.0 \text{ mm} < 0.5 \text{ mm} < 0.0 \text{ mm}$, 在方案二中从小到大顺序为: $3.0 \text{ mm} < 2.0 \text{ mm} / 1.0 \text{ mm} / 0.5 \text{ mm} < 0.0 \text{ mm}$, 并且随着牙釉质树脂厚度增加 ΔE 值减小, 提示与总体规律相反。

图 3 不同釉质树脂厚度的 ΔE 值

3 讨论

无效假设被拒绝, 析因设计方差分析及 Tukey's 多重检验结果显示在 2 种配色方案下 3 种树脂品牌及不同牙釉质树脂厚度的 ΔE 值均有统计学差异。

VITA Easyshade 属分光光度计型、点测量型电脑比色仪,与肉眼比色相比,能更客观数字化地反映牙体颜色^[12]。Yuan^[13]在研究中综合对比显示,VITA Easyshade 不管在任何条件下,均有较高的准确率,更适用于临床。使用过程中通过探头紧贴试样表面,使 ISO 标准光源、光谱仪发射的照明光纤直接照射到试样表面,可不受周围环境光线亮度的影响^[14]。VITA Easyshade 的探头直径为 6.0 mm^[15],产品配套说明指出,探头顶端应离开边缘至少 2.0 mm,因此本实验制作的试样为 10.0 mm,且为标准平面试样,可基本排除边缘漏光导致的测量误差。

本实验将牙本质树脂厚度控制在 4.0 mm,以防止测色过程中因树脂厚度不足造成背景透光影响测量结果。Hotta 等^[9]的研究表明,复合树脂的厚度不小于 4.0 mm 时,其颜色不受背景颜色影响。夏春明等通过测试 9 种光固化复合树脂得出,能够遮盖底色的无限光学厚度为 2.77~3.99 mm^[16]。

本实验结果显示,3 种树脂品牌的 ΔE 值 Kerr 最小,3M 次之,Coltene 最大。这与本实验小组前期实验结果相一致,其实验结果显示 3M 的 ΔE 值均小于 Coltene,提示 3M 树脂修复美学效果好于 Coltene^[17]。本实验结果与 Juliana 等的实验结果不一致,其结果显示 3M 的 ΔE 值均比 Kerr 小^[3]。可能是因为 Juliana 实验中牙本质树脂厚度仅 1.5 mm 未排除背景颜色的影响,而本实验中牙本质树脂厚度为 4.0 mm。因此,本实验研究认为对于复合树脂双层修复 A2 色而言,3 种树脂品牌中 Coltene 的颜色与比色板差异最大,美学修复效果最差。3M 次之,Kerr 的颜色与比色板最为接近,美学修复效果最佳。

在传统的树脂修复中,常规选用牙釉质和牙本质为同一色号的树脂进行修复^[18]。已有研究表明选用相同色号的牙釉质-牙本质树脂修复能获得较好的美学修复效果^[1]。本实验结果显示配色方案一的 ΔE 值小于方案二($P<0.05$),提示牙本质与牙釉质色号相同的配色方案一比牙本质较牙釉质深一个色号的方案二更接近比色板的颜色。这与本实验小组前期实验结果不一致,其结果显示配色方案一与方案二的 ΔE 值无统计学差异。可能由于前期实验所制备的试样已设定釉质层厚度 1.0 mm 的为牙形曲面制样,且在制样过程中无法精确控制试样的厚度^[7]。因此本研究认为对于复合树脂双层修复 A2 色而言,2 种不同配色方案之间有差异,方案一要优于

方案二。

本实验结果显示不同牙釉质树脂厚度 ΔE 值从小到大顺序为:0.5 mm<1.0 mm<2.0 mm<3.0 mm,无论方案一还是方案二,超过 0.5 mm 后随着厚度增加 ΔE 值加大。天然牙颜色是牙本质和牙釉质对光线吸收、散射、反射综合作用的结果,许多研究结果表明牙本质决定着天然牙基本的色相和饱和度,牙釉质决定着明度和半透明度^[19-20]。天然牙牙釉质由于釉柱的方向为非均质性,其光学性质会随着厚度的增加而导致半透明性的减弱^[21-22],因此牙本质的色度会由于厚的牙釉质变得不那么可见。牙科复合材料是等向性材料,这些材料厚度的增加会减少背景颜色的影响,并伴随着美学价值的降低和灰度的增加^[18]。而复合树脂牙釉质层模拟天然牙牙釉质的半透明度,其厚度极大地影响最终的修复效果^[23]。Lee 等^[24]的实验结果指出,表面覆盖层对多层树脂修复的最终颜色有显著影响。本实验结果提示对于与比色板颜色更接近的 Kerr 和 3M 树脂而言,0.5 mm 牙釉质树脂厚度最佳,超过 0.5 mm 后,牙釉质树脂厚度越大色差越大。提示临床使用 Kerr 及 3M 树脂进行 A2 色美学修复时,提示临床使用 Kerr 及 3M 树脂进行 A2 色美学修复时,牙釉质树脂厚度最好不超过 0.5 mm。本实验结果与 Naoko 等研究相似,其选用 GC 品牌的 Gradia Direct 树脂进行实验,在 3.0 mm 内随着牙釉质层树脂厚度的增加,其整体与基底层颜色的 ΔE 值增大^[8]。

综合考虑三因素交互成对比较得出,3M 品牌树脂在配色方案二下牙釉质树脂为 0.5 mm 更能模拟出比色板的颜色,提示在临床使用 3M 品牌树脂进行修复时,尽量采用牙本质色比牙釉质色深一个色号的配色方案,同时牙釉质树脂厚度不超过 1.0 mm 效果更佳。

天然牙和修复体的颜色主要由内在光学性质决定。然而,由于牙体具有一定的表面曲率,表面纹理也会潜在影响最终颜色^[25]。因此本实验为了排除临床实际修复体、比色板的唇面曲度等因素对最终测量结果的影响,制作的是圆盘形平面试样。同时由于比色仪测量曲面试样时存在较大的“边缘漏光”问题^[26-27],平面试样可以最大限度避免边缘漏光影响带来的误差。不同牙体组织表面曲率、表面纹理层等对最终颜色的影响尚需在以后的实验中进一步研究讨论。本实验选择临床前牙美学修复最常

用的 A2 颜色进行研究,是基于 A2 色为目前临床上亚洲人前牙美学修复中最常使用的颜色考虑。本实验小组前期实验也对 A1 色进行过研究,结果与本实验结果相似,牙釉质色与牙本质色一致的传统配色方案与比色板颜色最接近^[17]。A 色系其它颜色或 B、C、D 色系等尚需未来进一步实验研究讨论。

本研究即使使用了分层技术,复合树脂颜色与 VITA 比色板仍不能完全匹配^[3]。因为 VITA 比色板是为瓷修复体设计的,因此在今后的研究中应设计通用的树脂比色板以更好地指导临床树脂美学修复。

参 考 文 献

- [1] Dietschi D. Layering concepts in anterior composite restorations[J]. J Adhes Dent, 2001, 3(1): 71-80.
- [2] Kamishima N, Ikeda T, Sano H. Color and translucency of resin composites for layering techniques[J]. Dent Mater J, 2005, 24(3): 428-432.
- [3] Da CJ, Fox P, Ferracane J. Comparison of various resin composite shades and layering technique with a shade guide[J]. J Esthet Restor Dent, 2010, 22(2): 114-124.
- [4] Dias WR, Pereira PN, Swift EJ. Maximizing esthetic results in posterior restorations using composite opaques[J]. J Esthet Restor Dent, 2001, 13(4): 219-227.
- [5] Dietschi D. Free-hand composite resin restorations: a key to anterior aesthetics[J]. Pract Periodontics Aesthet Dent, 1995, 7(7): 15-25, 27.
- [6] Migliau G, Piccoli L, Besharat LK, et al. Benchmarking matching color in composite restorations[J]. Ann Stomatol (Roma), 2016, 7(1-2): 29-37.
- [7] Magne P, Bruzi G, Carvalho AO, et al. Evaluation of an anatomic dual-laminate composite resin shade guide[J]. J Dent, 2013, 41(S3): e80-86.
- [8] Kamishima N, Ikeda T, Sano H. Effect of enamel shades on color of layered resin composites[J]. Dent Mater J, 2006, 25(1): 26-31.
- [9] Hotta M, Yamamoto K, Hirukawa H, et al. Color change by thickness and background color on visible light-cured composite resins[J]. Gifu Shika Gakkai Zasshi, 1989, 16(2): 464-469.
- [10] Seghi RR, Hewlett ER, Kim J. Visual and instrumental colorimetric assessments of small color differences on translucent dental porcelain[J]. J Dent Res, 1989, 68(12): 1760-1764.
- [11] 陶 娴, 姚江武. 色差公式及其在口腔医学中的应用[J]. 口腔医学研究, 2013, 29(4): 378-380.
- [12] 邢亚菲, 周 秦. Vita Easyshade 电脑比色仪的临床应用及研究进展[J]. 临床口腔医学杂志, 2015, 31(10): 631-633.
- [13] Yuan K, Sun X, Wang F, et al. In vitro and in vivo evaluations of three computer-aided shade matching instruments[J]. Oper Dent, 2012, 37(3): 219-227.
- [14] 郭 航, 徐君伍. 色度学在牙科修复中的应用[J]. 国外医学(口腔医学分册), 1990, 17(5): 288-292.
- [15] 袁 坤, 王 辉, 张 凌, 等. 三种电脑比色仪比色准确性与可靠性的比较[J]. 临床口腔医学杂志, 2010, 26(3): 177-180.
- [16] 夏春明, 施长溪, 陈吉华, 等. 相同色号九种光固化复合树脂的无限光学厚度研究[J]. 上海口腔医学, 2002, 11(3): 219-221.
- [17] 刘洋阳, 韦家强, 王 璐, 等. 不同配色方案对复合树脂双层修复颜色的影响[J]. 口腔医学研究, 2016, 32(8): 836-839.
- [18] Khashayar G, Dozic A, Kleverlaan CJ, et al. The influence of varying layer thicknesses on the color predictability of two different composite layering concepts[J]. Dent Mater, 2014, 30(5): 493-498.
- [19] Duarte SJ, Perdigao J, Lopes M. Composite resin restorations—natural aesthetic and dynamics of light[J]. Pract Proced Aesthet Dent, 2003, 15(9): 657-664, 666.
- [20] Vichi A, Fraioli A, Davidson CL, et al. Influence of thickness on color in multi-layering technique[J]. Dent Mater, 2007, 23(12): 1584-1589.
- [21] Villarreal M, Fahl N, De Sousa AM, et al. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins[J]. J Esthet Restor Dent, 2011, 23(2): 73-87.
- [22] Kienle A, Forster FK, Diebold R, et al. Light propagation in dentin: influence of microstructure on anisotropy[J]. Phys Med Biol, 2003, 48(2): N7-14.
- [23] Dietschi D, Ardu S, Krejci I. A new shading concept based on natural tooth color applied to direct composite restorations[J]. Quintessence Int, 2006, 37(2): 91-102.
- [24] Lee YK, Powers JM. Calculation of colour resulting from composite/composer layering techniques[J]. J Oral Rehabil, 2004, 31(11): 1102-1108.
- [25] Reed TL. Techniques for porcelain shade consistency[J]. Quintessence Dent Technol, 1985, 9(1): 27-28.
- [26] MacEntee M, Lakowski R. Instrumental color measurement of vital and extracted human teeth[J]. Oral Rehabil, 1981, 8(3): 203-208.
- [27] Kobayashi I. A study of the esthetic coloring of teeth by spectroradiometry. Concerning the maxillary anterior teeth of the middle and old aged people[J]. Nihon Hotetsu Shika Gakkai Zasshi, 1988, 32(2): 439-448.

(责任编辑: 冉明会)