

不同浸泡环境对复合树脂颜色影响的研究

吴圣状, 丁干, 姜诗琪, 于菲, 黄文韬*, 李罡*

杭州医学院存济口腔医学院, 浙江 杭州

收稿日期: 2024年3月17日; 录用日期: 2024年4月11日; 发布日期: 2024年4月16日

摘要

目的: 研究不同浸泡环境和时间对不同品牌复合树脂修复体的影响。方法: 制备多个同规格的3种品牌的树脂块, 并将其浸泡于5种浸泡液中, 得到15组样本。一定时间后分别测量各组样本的颜色、质量与体积, 进行统计分析。结果: 统计学分析表明, 浸泡4天后, 树脂块色差值(ΔE)即出现改变($p < 0.05$), 浸泡10天后, ΔE 出现较明显改变($p < 0.01$)。浸泡环境与浸泡时间对各组树脂间的体积和质量均无显著性差异($p > 0.05$)。3M唯美树脂和另外两种品牌树脂相比, ΔE 有显著性差异($p < 0.001$)。绿茶组、醋和小苏打水交替组 ΔE 分别与其他4组存在明显差异($p \leq 0.001$)。结论: 绿茶、醋和小苏打水交替浸泡与时间会对复合树脂块的颜色变化(ΔE)产生明显影响。3M唯美树脂相较于其他两种树脂颜色变化稳定。

关键词

复合树脂, 颜色, 浸泡环境, 口腔美学, 应用价值

Study on the Influence of Different Immersion Environments on the Color of Composite Resins

Shengzhuang Wu, Gan Ding, Shiqi Jiang, Fei Yu, Wentao Huang*, Gang Li*

Savaid Stomatology School, Hangzhou Medical College, Hangzhou Zhejiang

Received: Mar. 17th, 2024; accepted: Apr. 11th, 2024; published: Apr. 16th, 2024

Abstract

Objective: To study the effects of different immersion environments and time on different brands of composite resin restorations. **Methods:** A number of resin blocks of 3 brands of the same speci-

*通讯作者。

文章引用: 吴圣状, 丁干, 姜诗琪, 于菲, 黄文韬, 李罡. 不同浸泡环境对复合树脂颜色影响的研究[J]. 临床医学进展, 2024, 14(4): 1039-1052. DOI: 10.12677/acm.2024.1441124

fication were prepared and soaked in 5 kinds of soaking solutions to obtain 15 groups of samples. After a certain period of time, the color, mass and volume of each group of samples were measured separately for statistical analysis. Results: Statistical analysis showed that the color difference value (ΔE) of the resin block changed after 4 days of soaking ($p < 0.05$), and ΔE changed significantly after 10 days of soaking ($p < 0.01$). There was no significant difference in the volume and mass of the resin groups between the soaking environment and soaking time ($p > 0.05$). Compared with the other two brands of resins, there was a significant difference in ΔE between 3M Aesthetic Resin and the other two brands ($p < 0.001$). There were significant differences in ΔE between green tea group and vinegar and baking soda group and the other four groups ($p \leq 0.001$). Conclusion: Alternating soaking time of green tea, vinegar and baking soda has a significant effect on the color change (ΔE) of composite resin blocks. 3M Aesthetic resins are more stable in color than the other two resins.

Keywords

Composite Resin, Color, Immersion Environment, Oral Aesthetics, Application Value

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

口腔是存在于人体的一个复杂环境，用于口腔治疗的修复材料在口内受唾液、食物、温度变化等多种因素的长期影响而产生一定程度的颜色改变。颜色是决定修复体美观度的直观因素，随着大众对修复体的审美追求越来越高，人们希望其能达到与天然牙相近的颜色效果。在构成修复体美学效果的众多要素中，人工牙的颜色占有显著地位，能够直接影响修复体呈现的最终效果[1]。临床上决定患者修复体颜色的因素众多，如何将美观性优异的树脂与患者适配，对于修复表现和患者满意度十分关键。因此，我们决定研究在生活中常见的口腔生化环境对口腔修复体颜色变化的影响。

复合树脂是口腔临床修复中最常见的修复材料，因其优良的色泽、抛光性能、力学性能和耐磨性能，常用于牙体缺损修复中[2]。修复复合树脂在口腔咀嚼过程中，不可避免地受到酸、碱、酒精等溶剂的侵蚀，导致变色与损耗，最终影响人体面部前牙区的美观与口腔上下颌的正常咬合[3] [4] [5] [6]，所以针对不同口腔生化环境中复合树脂性能表现的研究引起众多研究人员的兴趣。

国内对于处于口腔生化环境中的复合树脂修复体缺少颜色的一致性观念，在口腔修复中多依据余留牙和比色板来确定修复体的颜色，而天然牙的颜色随年龄增长的变化规律已被较多讨论[7]。有关树脂人工牙受环境作用而产生色差的分析，至今已有全面研究。但用于修复牙体缺损的复合树脂，在不同生化环境影响下，产生的颜色变化、改变程度与环境有何联系，则参考资料较少[8]。王晓玲等人用过氧化脲漂白剂研究其对牙齿颜色影响的实验[9]，参数较为单一，且实验时间较短，可进行进一步的扩展研究。国外已有研究不同浸泡环境对人离体牙的外观颜色的实验研究[10] [11]，且有较为明确的实验操作方法，但缺少对口腔修复材料影响相关的报道，对牙膏活性生化成分作用于牙齿表面色素等的研究较多[12]-[17]。因此本研究比较了常见的不同浸泡环境及浸泡时间对不同种类复合树脂颜色的影响，以期临床口腔术后防控、预防适应征及降低浸泡环境对修复体效果的影响提供实验依据。

2. 材料与方法

2.1. 研究对象

2.1.1. 样品制备

复合树脂块样品制作采用 10 mm*10 mm*5 mm 的透明聚四氟乙烯管模具制备。将模具放置在玻璃载玻片上,将树脂基复合材料注入模具中,并使用透明的聚酯薄膜条和玻璃载玻片对顶部进行压缩,获得光滑的、临床相关的表面纹理。随后,根据制造商的说明,使用光固化装置对其固化,得到若干颗树脂块。

2.1.2. 浸泡溶液

农夫山泉矿泉水、绿茶溶液(12.5 g 干龙井茶叶/1 L 水)、6 度白醋、无糖小苏打水(0.5 g/L)、白醋与小苏打水交替浸泡。绿茶溶液用 95℃ 热水冲泡茶叶并静置 5 min 后,将所得绿茶溶液在流动水下冷却至常温后使用。白醋与小苏打水交替浸泡为每次更换保存液时,将复合树脂在流水下清洗并用棉球擦干后用白醋和小苏打水轮流交替浸泡。

2.2. 测量仪器

明哲牌尖头数显测厚仪、林上牌 LS171 色差仪、电子分析天平。

2.3. 测量方法

2.3.1. 颜色测量

控制测量时间在每日晚上 19 时~20 时(相同日光灯下),测量前用湿润棉球擦拭树脂块表面,以肉眼不见明显水痕为准,然后用色差仪进行测色。复合树脂块放置在自制测量支架上,测色在固定投射光源下进行,测色点位于树脂块正面中心,每次测量树脂块的 L、a、b 值(色差仪中,L 代表明度,范围 0~100,a 代表从绿色到红色的分量,取值为-128~127,b*表从蓝色到黄色的分量,取值为-128~127,连续测量 3 次,取算术平均值,记录初始树脂块的颜色。在 0、2、4、6、8、10、12、14、21、28、35、42、49、56、63 d 时,按上述方法测量树脂块颜色,每次测量树脂块颜色时,先用流水冲净浸泡液,然后用湿润棉球擦拭牙面达到不见水痕。测量方法与初次测量时相同。

2.3.2. 质量测量

完成颜色测量后立即用电子天平测量质量,连续测量 3 次,取算术平均值,记录树脂块的质量。在 0、2、4、6、8、10、12、14、21、28、35、42、49、56、63 d 时,按上述方法测量树脂块色度质量。

2.3.3. 体积测量

完成质量测量后立即用测厚仪测量复合树脂块长、宽、高,测量点位于树脂块上下方面中心点,以及各侧边中心点,连续测量 3 次,取算术平均值,记录初始复合树脂块的长、宽、高。测量完毕后,复合树脂块分别放入绿茶溶液、水、小苏打水、白醋、白醋与苏打水交替浸泡液 5 种浸泡液中。复合树脂块长、宽、高测量完毕后,将各复合树脂块分别放回原浸泡液中,计算得出各复合树脂块体积。在 0、2、4、6、8、10、12、14、21、28、35、42、49、56、63 d 时,按上述方法测量复合树脂块体积。

每次测数据时间不得多于 30 min。

2.4. 牙齿浸泡保存方法

将复合树脂块分别完全浸没于上述 5 种保存液中置于 37℃ 恒温箱中,密封、避光保存。每 2 天更换保存液 1 次,保持各保存液浓度不变。

2.5. 统计分析

对于每个分析参数, 计算平均值和标准差, 汇总各参数: 浸泡环境、浸泡时间、树脂品牌、质量、体积、L、a、b、 ΔE 。质量、体积变量数据的正态分布均通过 Shapiro-Wilk 检验验证。为了确定统计显著性, 通过正态分布的变量数据采用单因素方差分析(ANOVA), 不通过正态分布的变量数据采用两个与多个独立样本的秩和检验(Mann-Whitney 检验与 Kruskal-Wallis 检验)统计, 探讨不同变量之间的潜在关系。采用软件 SPSS24.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)和 GraphPad Prism 8 (GraphPad Software, Santiago, USA)进行数据统计分析与作图。显著性水平为 $p < 0.05$ 。

3. 研究结果

统计学分析显示, 经过浸泡各组复合树脂质量均未出现改变($p > 0.05$), 见表 1、表 2。浸泡 6 d 和浸泡 8 d 后显示复合树脂体积发生改变($p < 0.05$), 其余各组复合树脂体积均无发生变化颜色均未出现改变($p > 0.05$), 见表 3、表 4。经过浸泡各组复合树脂颜色发生改变(ΔE 值), 见表 5、图 1~3。卡玛斯瑞树脂、光固化登泰克通用树脂、3M 唯美树脂三种色度值(ΔE)存在差异($p < 0.001$), 见表 6。3M 唯美树脂和卡玛斯瑞树脂、光固化登泰克通用树脂相比, 色度值(ΔE)有明显差异($p < 0.01$), 见表 7。统计描述发现 3M 唯美树脂的 ΔE 的平均值 \pm 标准差最小, 见表 8。水、绿茶、醋、小苏打水、白醋与小苏打水交替五组之间 ΔE 存在显著差异($p < 0.001$), 见表 9。绿茶组、醋和小苏打水交替组与其他三组之间 ΔE 存在显著差异($p \leq 0.001$), 见表 10。统计描述发现绿茶组的 ΔE 的平均值 \pm 标准差最大, 醋和小苏打水混合组的 ΔE 的平均值 \pm 标准差最小, 见表 11。浸泡 2 d 组和浸泡 8 d 组不存在统计学差异($p > 0.05$), 与其他各组均存在统计学差异($p > 0.05$), 见表 12。统计描述发现, 随着浸泡时间的增加, 复合树脂的色度学改变(ΔE)逐渐增大, 见表 13。经过浸泡复合树脂色度学指标 L、a 和 b 值变化趋势见图 4~12。复合树脂在浸泡环境下, 绿茶组的各个色度指标变化都大于其他 4 组。经过浸泡, 色度学指标中, b 值变化最大, L 值次之, a 值再次之。

Table 1. Mean and standard deviation of volume and mass of composite resin under different immersion conditions ($\bar{X} \pm S$)

表 1. 不同浸泡环境下复合树脂体积、质量平均值与标准差($\bar{X} \pm S$)

平均值 \pm 标准差	体积	质量
水	497.714 \pm 2.710	0.717 \pm 0.013
绿茶	498.411 \pm 1.584	0.715 \pm 0.0152
醋	497.844 \pm 2.246	0.716 \pm 0.015
小苏打水	498.324 \pm 2.330	0.714 \pm 0.016
醋与小苏打水交替	498.447 \pm 2.188	0.716 \pm 0.014
总计	498.148 \pm 2.242	0.716 \pm 0.014

Table 2. ANOVA of volume and mass of composite resins under different immersion conditions

表 2. 不同浸泡环境下复合树脂体积与质量方差分析

(I)组别	(J)组别	体积		质量	
		齐性检验	值显著性	齐性检验	值显著性
水	绿茶		0.141		0.612
	醋		0.783		0.828
	小苏打水	0.058	0.197	0.233	0.425
	醋与小苏打水交替		0.122		0.664

续表

绿茶	水		0.141		0.612
	醋		0.231		0.772
	小苏打水		0.855		0.772
	醋与小苏打水交替		0.94		0.942
醋	水		0.783		0.828
	绿茶		0.231		0.772
	小苏打水		0.31		0.562
	醋与小苏打水交替	0.058	0.204	0.233	0.828
小苏打水	水		0.197		0.425
	绿茶		0.855		0.772
	醋		0.31		0.562
	醋与小苏打水交替		0.796		0.717
醋与小苏打水交替	水		0.122		0.664
	绿茶		0.94		0.942
	醋		0.204		0.828
	小苏打水		0.796		0.717

Table 3. Mean and standard deviation of volume and mass of composite resin under different immersion times ($\bar{X} \pm S$)

表 3. 不同浸泡时间下复合树脂体积、质量平均值与标准差($\bar{X} \pm S$)

平均值 \pm 标准差	体积	质量
浸泡 0 d	498.333 \pm 2.039	0.713 \pm 0.013
浸泡 2 d	497.303 \pm 1.807	0.717 \pm 0.016
浸泡 4 d	498.067 \pm 2.341	0.717 \pm 0.015
浸泡 6 d	496.303 \pm 1.517	0.716 \pm 0.011
浸泡 8 d	500.131 \pm 2.446	0.717 \pm 0.015
浸泡 10 d	497.201 \pm 1.495	0.715 \pm 0.016
浸泡 12 d	498.467 \pm 1.515	0.719 \pm 0.016
浸泡 14 d	499.700 \pm 1.897	0.716 \pm 0.015
浸泡 21 d	497.803 \pm 1.778	0.711 \pm 0.011
浸泡 28 d	498.997 \pm 2.138	0.716 \pm 0.017
浸泡 35 d	496.870 \pm 1.722	0.717 \pm 0.017
浸泡 42 d	497.605 \pm 2.712	0.713 \pm 0.017
浸泡 49 d	497.901 \pm 1.488	0.715 \pm 0.012
浸泡 56 d	499.267 \pm 2.560	0.717 \pm 0.014
浸泡 63 d	498.271 \pm 2.756	0.717 \pm 0.013
总计	498.148 \pm 2.242	0.716 \pm 0.014

Table 4. ANOVA of volume and mass of composite resins under different immersion times
表 4. 不同浸泡时间下复合树脂体积与质量方差分析

(I)组别	(J)组别	体积		质量	
		齐性检验	值显著性	齐性检验	值显著性
浸泡 0 d			0.173		0.459
	浸泡 4 d		0.725		0.459
	浸泡 6 d		0.008		0.621
	浸泡 8 d		0.018		0.537
	浸泡 10 d		0.134		0.805
	浸泡 12 d		0.859		0.324
	浸泡 14 d		0.071		0.621
	浸泡 21 d	0.158	0.482	0.598	0.711
	浸泡 28 d		0.379		0.621
	浸泡 35 d		0.053		0.537
	浸泡 42 d		0.335		10.000
	浸泡 49 d		0.567		0.805
	浸泡 56 d		0.216		0.537
	浸泡 63 d		0.934		0.537

Table 5. Changes in the color of different resin brands caused by different soaking times and immersion environments (ΔE)
表 5. 不同浸泡时间、浸泡环境引起不同树脂品牌颜色的改变(ΔE)

树脂 浸泡液 时间	卡玛斯瑞					光固化登泰克通用树脂 A2					3M 唯美树脂 A2				
	水	绿茶	醋	小苏打水	醋与小苏打水交替	水	绿茶	醋	小苏打水	醋与小苏打水交替	水	绿茶	醋	小苏打水	醋与小苏打水交替
2 d	1.85	1.86	0.73	0.49	1.37	1.42	1.79	1.39	0.50	1.87	0.67	2.85	1.44	1.96	0.43
4 d	1.62	1.47	2.00	1.67	1.41	3.08	4.59	2.36	1.89	1.52	1.11	3.03	2.15	1.92	1.26
6 d	2.43	1.43	1.51	2.42	2.25	3.21	4.43	2.81	3.28	0.85	0.98	3.57	2.56	1.37	1.13
8 d	2.57	2.32	0.75	6.16	1.69	5.32	5.92	1.17	2.27	0.87	1.05	3.69	1.65	1.99	0.94
10 d	2.71	2.16	2.09	6.67	1.85	5.52	8.45	1.51	2.39	2.14	1.68	2.93	1.98	1.64	1.46
12 d	2.63	2.77	1.21	6.77	1.43	4.84	8.54	1.60	2.18	1.95	1.90	4.43	1.76	1.68	1.39
14 d	2.62	2.15	2.05	6.72	1.52	5.64	8.41	2.05	3.35	1.78	1.52	2.64	2.36	1.56	1.81
21 d	2.66	3.33	2.08	5.98	1.77	3.25	9.39	1.59	1.25	1.55	2.26	4.47	2.10	1.92	1.74
28 d	2.53	4.17	0.94	6.18	2.00	4.43	12.74	2.31	1.80	1.46	1.20	5.12	2.36	1.49	2.25
35 d	1.77	9.89	1.84	6.21	2.21	4.03	14.00	2.82	2.85	1.49	1.31	5.74	0.96	1.91	1.47
42 d	2.27	9.13	2.99	6.95	1.36	4.20	13.10	2.15	1.46	1.49	1.86	7.19	1.45	1.13	1.02
49 d	2.10	10.15	2.81	6.21	0.79	4.97	13.32	2.58	2.28	1.45	0.94	12.61	2.80	0.57	1.34
56 d	1.49	9.40	3.44	6.16	1.71	4.14	13.33	3.91	2.50	1.53	1.09	12.96	2.28	0.66	1.30
63 d	2.60	9.31	3.56	6.07	1.85	6.53	13.73	2.09	1.00	2.08	1.34	13.32	2.15	1.16	1.68

Table 6. Kruskal-Wallis test of chromaticity values (ΔE) of different brands of composite resins**表 6.** 不同品牌复合树脂色度值(ΔE) Kruskal-Wallis 检验

检验统计 ^{a,b}	ΔE
卡方	15.823
自由度	2
渐近显著性	0.000

a. 克鲁斯卡尔 - 沃利斯检验; b. 分组变量: ^1。

Table 7. Mann-Whitney test of chromaticity values (ΔE) of different brands of composite resins**表 7.** 不同品牌复合树脂色度值(ΔE) Mann-Whitney 检验

组别	卡玛斯瑞树脂	光固化登泰克通用树脂	3M 唯美树脂
卡玛斯瑞树脂	/	0.468	0.002
光固化登泰克通用树脂	0.468	/	0.000
3M 唯美树脂	0.002	0.000	/

Table 8. Mean and standard deviation ($\bar{X} \pm S$) of chromaticity values (ΔE) of different brands of composite resins**表 8.** 不同品牌复合树脂色度值(ΔE)平均值与标准差($\bar{X} \pm S$)

组别	个案数	平均值 \pm 标准差
卡玛斯瑞树脂	70	3.247 \pm 2.464
光固化登泰克通用树脂	70	3.910 \pm 3.506
3M 唯美树脂	70	2.452 \pm 2.536
总计	210	3.203 \pm 2.923

Table 9. Kruskal-Wallis test of the chromaticity value (ΔE) of composite resin under different immersion conditions**表 9.** 不同浸泡环境下复合树脂色度值(ΔE) Kruskal-Wallis 检验

检验统计 ^{a,b}	ΔE
卡方	70.225
自由度	4
渐近显著性	0.000

a. 克鲁斯卡尔 - 沃利斯检验; b. 分组变量: 组别。

Table 10. Mann-Whitney test of the chromaticity value (ΔE) of composite resin under different immersion conditions**表 10.** 不同浸泡环境下复合树脂色度值(ΔE) Mann-Whitney 检验

组别	水	绿茶	醋	小苏打水	醋与小苏打水交替
水	/	0.000	0.174	0.890	0.000
绿茶	0.000	/	0.000	0.000	0.000
醋	0.174	0.000	/	0.477	0.000
小苏打水	0.890	0.000	0.477	/	0.001
醋与小苏打水交替	0.000	0.000	0.000	0.001	/

Table 11. Mean and standard deviation ($\bar{X} \pm S$) of composite resin chromaticity values (ΔE) under different immersion conditions**表 11.** 不同浸泡环境下复合树脂色度值(ΔE)平均值与标准差($\bar{X} \pm S$)

组别	个案数	平均值 \pm 标准差
水	42	2.651 \pm 1.499
绿茶	42	6.805 \pm 4.255
醋	42	2.056 \pm 0.727
小苏打水	42	2.967 \pm 2.152
醋与小苏打水交替	42	1.535 \pm 0.411
总计	210	3.203 \pm 2.923

Table 12. Mean and standard deviation ($\bar{X} \pm S$) of the chromaticity value (ΔE) of composite resin at different immersion times**表 12.** 不同浸泡时间下复合树脂色度值(ΔE)平均值与标准差($\bar{X} \pm S$)

ΔE 的组别	个案数	平均值 \pm 标准差
浸泡 2 d	15	1.375 \pm 0.695
浸泡 4 d	15	2.072 \pm 0.906
浸泡 6 d	15	2.282 \pm 1.061
浸泡 8 d	15	2.557 \pm 1.855
浸泡 10 d	15	3.012 \pm 2.118
浸泡 12 d	15	3.005 \pm 2.188
浸泡 14 d	15	3.079 \pm 2.116
浸泡 21 d	15	3.023 \pm 2.168
浸泡 28 d	15	3.399 \pm 3.009
浸泡 35 d	15	3.900 \pm 3.699
浸泡 42 d	15	3.850 \pm 3.616
浸泡 49 d	15	4.328 \pm 4.305
浸泡 56 d	15	4.393 \pm 4.217
浸泡 63 d	15	4.565 \pm 4.332
总计	210	3.203 \pm 2.923

Table 13. Mann-Whitney test of chromaticity values (ΔE) of composite resins at different immersion times**表 13.** 不同浸泡时间下复合树脂色度值(ΔE) Mann-Whitney 检验

ΔE 的组别	个案数	平均值 \pm 标准差
浸泡 2 d	15	1.375 \pm 0.695
浸泡 4 d	15	2.072 \pm 0.906
浸泡 6 d	15	2.282 \pm 1.061
浸泡 8 d	15	2.557 \pm 1.855

续表

浸泡 10 d	15	3.012 ± 2.118
浸泡 12 d	15	3.005 ± 2.188
浸泡 14 d	15	3.079 ± 2.116
浸泡 21 d	15	3.023 ± 2.168
浸泡 28 d	15	3.399 ± 3.009
浸泡 35 d	15	3.900 ± 3.699
浸泡 42 d	15	3.850 ± 3.616
浸泡 49 d	15	4.328 ± 4.305
浸泡 56 d	15	4.393 ± 4.217
浸泡 63 d	15	4.565 ± 4.332
总计	210	3.203 ± 2.923

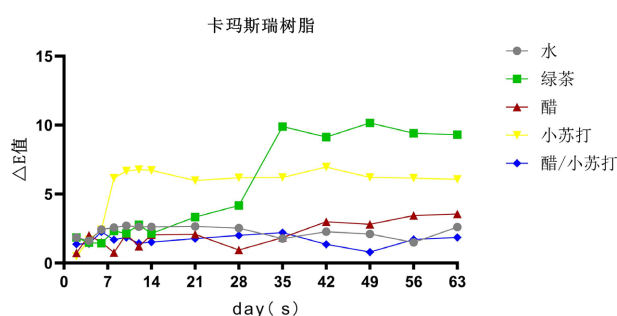


Figure 1. Line graph of ΔE change of Camasry Resin

图 1. 卡玛斯瑞树脂 ΔE 变化折线图

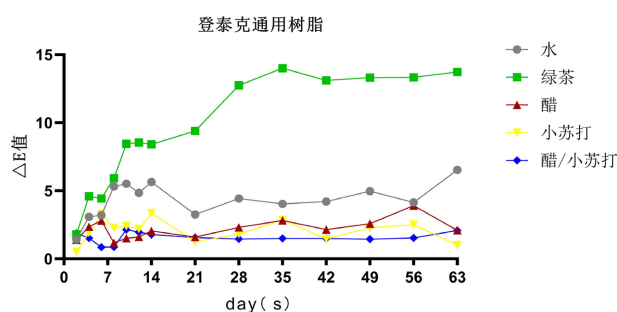


Figure 2. Line graph of ΔE change of Dentec General Resin

图 2. 登泰克通用树脂 ΔE 变化折线图

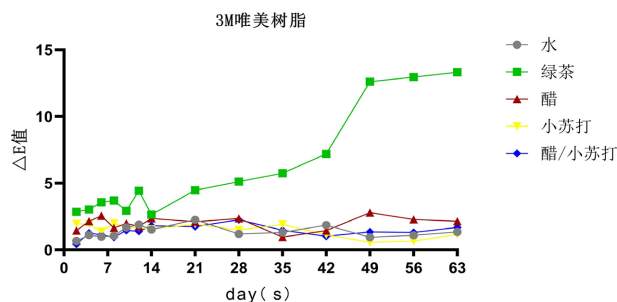


Figure 3. Line graph of ΔE change of 3M Aesthetic Resin

图 3. 3M 唯美树脂 ΔE 变化折线图

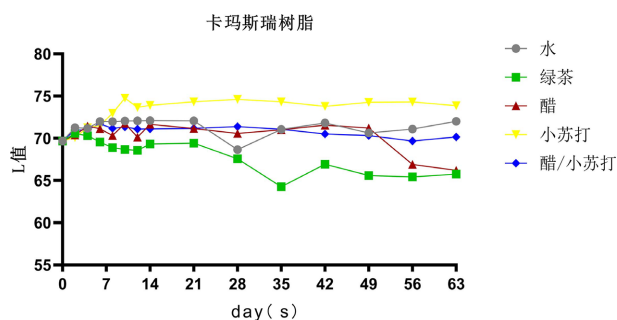


Figure 4. Line graph of changes in L value of Camasry Resin
图 4. 卡玛斯瑞树脂 L 值变化折线图

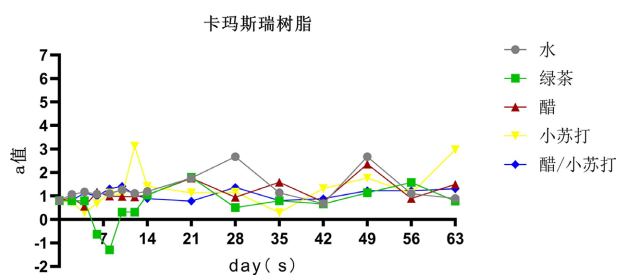


Figure 5. Line graph of changes in a value of Camasry Resin
图 5. 卡玛斯瑞树脂 a 值变化折线图

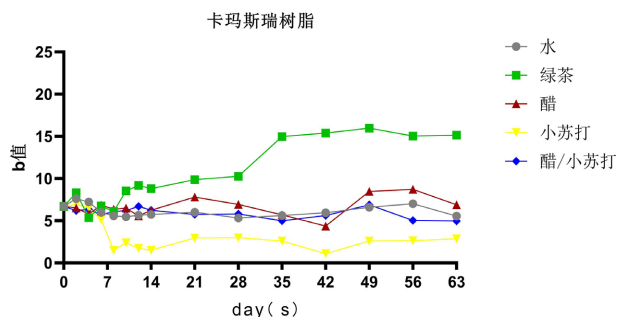


Figure 6. Line graph of changes in b value of Camasry Resin
图 6. 卡玛斯瑞树脂 b 值变化折线图

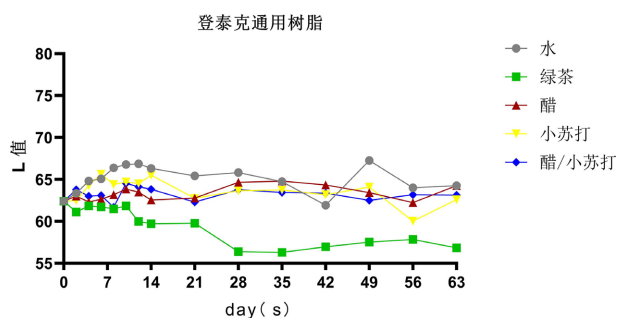


Figure 7. Line graph of changes in L value of Dentec General Resin
图 7. 登泰克通用树脂 L 值变化折线图

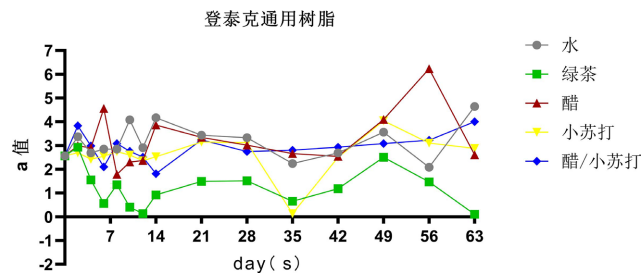


Figure 8. Line graph of changes in a value of Dentec General Resin
图 8. 登泰克通用树脂 a 值变化折线图

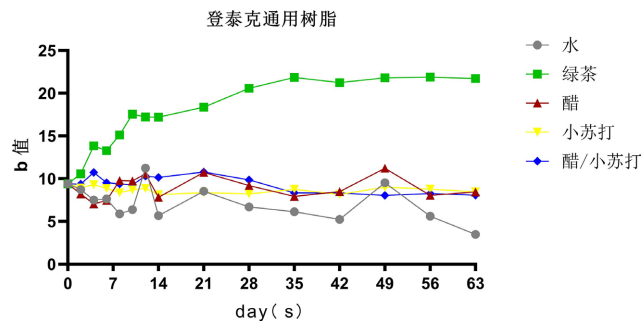


Figure 9. Line graph of changes in b value of Dentec General Resin
图 9. 登泰克通用树脂 b 值变化折线图

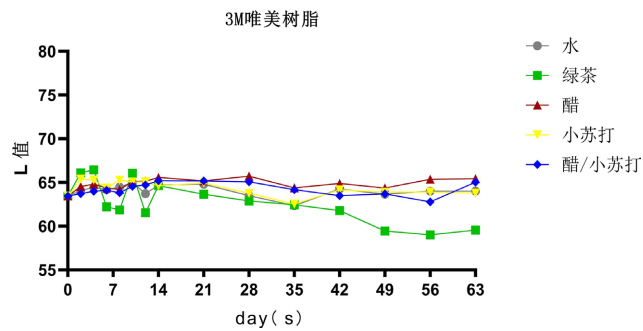


Figure 10. Line graph of changes in L value of 3M Aesthetic Resin
图 10. 3M 唯美树脂 L 值变化折线图

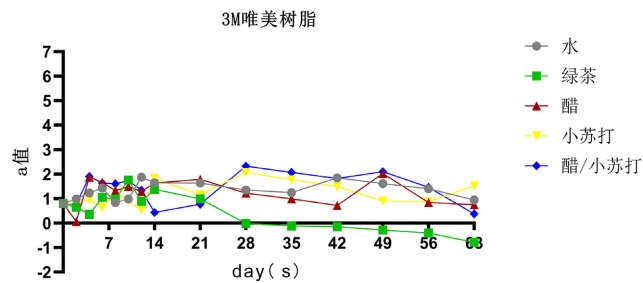


Figure 11. Line graph of changes in a value of 3M Aesthetic Resin
图 11. 3M 唯美树脂 a 值变化折线图

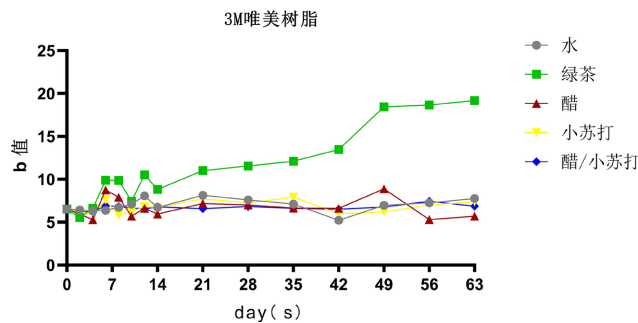


Figure 12. Line graph of changes in b value of 3M Aesthetic Resin
图 12. 3M 唯美树脂 b 值变化折线图

4. 研究讨论

为了排除复合树脂块的表面积对其质量体积变化以及变色速度的个体差异，本研究中复合树脂块均采用同一大小模具制作。同时，为了避免气温和光线的影响，并模拟正常口腔内温度，复合树脂块均避光放置在 37℃ 恒温箱中浸泡。

因受到被观测牙齿与修复体充填物周围的光源限制，光在被观测牙齿表面的窝、沟、点隙与龋洞中所产生的阴影引导，以及观测者在观测过程中的心理情绪变化，使得待修复的天然牙齿修复体的正确配色变得更加复杂，从而使人肉眼对复合树脂修复体颜色改变的识别与判定受到观测者对颜色的感知能力、环境光源的影响，存在较大的主观性及个体差异[18]。本研究以一种临床色差仪来测量复合树脂块的颜色变化，以最大程度消除肉眼对颜色判定的主观差异。以国际照明委员会(CIE)推荐的 Lab 体系来表示每颗复合树脂块的色度值。按照 CIE 标准色度体系，色差(ΔE)是用来表示颜色的改变量，数值越大表示颜色差异越明显。参考美国牙科协会(ADA)推荐的 CIE $L^*a^*b^*$ 系统，色差可感知阈值为 1.74，可接受阈值为 3.46 [19]。Douglas [20]等的研究则显示口内修复体的色差察觉度为 2.6，而色差接受度可达 5.5。Seghi 等 [21]认为 $\Delta E < 1$ 表示无肉眼可察觉的颜色差异； $\Delta E < 2$ 表示存在肉眼可察觉的色差，但在临床可接受的范围内； $\Delta E > 3.7$ 则表明出现口腔临床不可接受的色差。根据文献报道，口腔内仿牙色修复体的临床色差不容忍度大致范围在数值 2~4 之间[22] [23]。结合 ΔE 值及 Lab 值的改变趋势，可推断平均浸泡 4 d 复合树脂即出现临床可观察到的色差，平均浸泡 10 d 复合树脂即出现临床可观察到并不可接受的色差。随着浸泡时间的延长，复合树脂块的色度变化逐渐增大，浸泡 5~7 周以后复合树脂块的各个色度指标的改变都趋于恒定。这表明复合树脂块表面的色素附着和有机成分的变性已经趋于稳定，复合树脂块的颜色变化减小。本研究中色差最大为 14.00，出现在登泰克通用树脂中的绿茶组浸泡 5 周，这说明复合树脂块颜色已出现了极其明显的改变。在浸泡环境方面，绿茶组、醋与小苏打水交替组与其他三组之间均存在显著差异，同时绿茶组的 ΔE 平均值最大，醋和小苏打水交替浸泡组的 ΔE 平均值最小，猜测为，绿茶组中绿茶茶汤中色素更容易浸染复合树脂块，而醋和小苏打水交替浸泡时，可能推断为小苏打水与复合树脂表面反应，产生的复合物在醋浸泡时被醋酸蚀，而醋与复合树脂表面又反应产生复合物，后者再在小苏打水浸泡时被碱反应。由此交替进行，使树脂体表面色度变化较小。相关猜想有待进一步实验验证。在树脂品牌的色度学改变对比中，3M 唯美树脂与其他两种树脂的色度值改变均出现差异，同时 3M 唯美树脂的 ΔE 平均值最小，通过分析表格发现 3M 唯美树脂在水浸泡环境中初始值低且变化小。在相同的浸泡环境与浸泡时间下，3M 唯美树脂 ΔE 值产生近似变化所需要的相较其他两种树脂时间更长，表明 3M 唯美树脂更不容易受到浸泡环境的影响。另外，先前已有研究做出估计[24]，浸泡实验中一天的效果与真实情况下一月的效果相当。通过各组中浸泡环境为“水”组别的实验结果，可推测 3M 唯美树脂、卡玛斯瑞树脂在约五年内的色度值(ΔE)都基本保持恒定，这符合临床对复合树脂的质量需求，光固化登泰克通

用树脂质量稍差, 色度值在半年内即可发生比较明显的变化。

本研究对牙体缺损患者用复合树脂修复后的饮用水的选择可有一定的参考价值, 但本实验的实验设计仍存在一定的缺陷性, 如本实验的实验测量还存在一定的误差, 浸泡 6 d、浸泡 8 d 的体积值表现为显著性差异($p < 0.05$), 以及浸泡 8 d 的色度值无显著性差异($p > 0.05$), 应该为实验误差。在色度测量方面, 仅得出 ΔE 发生变化的平均起始点应在浸泡 4 d 内, 未能对 ΔE 变化发生的起始点进行精确定位, 这是由于前 96 h 没有对测量时间进行进一步更加细致的划分和测定, 导致相关数据缺失所致。此外, 本研究在体外进行, 不能完全模拟口内环境, 考虑到口腔微生物, 以及树脂与自然牙间的相互作用, 与真实情况仍存在些许出入, 也无法完全模拟临床中复合树脂材料接触的流动液体状态, 只能通过浸泡环境放大部分实验现象。最后, 本实验中颜色的变化情况无法模拟临床条件进行观察, 因此还需进一步开展临床调查与临床评价。

未来, 本研究小组将增加研究复合树脂的数量与种类, 包括不同品牌的化学固化树脂、光固化树脂、双重固化树脂, 不同大小填料粒子的超微填料复合树脂、混合填料复合树脂、纳米填料复合树脂等。在浸泡环境上, 采取人工唾液与其他溶液介质的冷热循环浸泡还原口腔环境, 并对复合树脂修复体表面结构开展微观观察研究, 以期探寻复合树脂颜色改变机制。

基金项目

浙江省大学生创新创业训练计划 S202313023076。

参考文献

- [1] 彭敏, 费伟, Mandana Hosseini 等. 小型分光光度计应用于天然牙及其牙龈的色彩评价研究[J]. 实用医院临床杂志, 2014, 11(2): 27-29.
- [2] Mai, S., Wei, X. and Ling, J.Q. (2021) [Development Strategies and Progress of Composite Resin Filling Material]. *Chinese Journal of Stomatology*, **56**, 51-56. (In Chinese)
- [3] 吴小芳, 段春红. 光固化复合树脂色泽稳定性影响因素的研究进展[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2022, 23(3): 235-240.
- [4] 罗文倩, 黄文凯, 徐明华, 等. 10 种复合树脂颜色稳定性与吸水溶解性研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2023, 41(1): 58-66.
- [5] 韩啸. pH 值对光固化复合树脂色泽稳定性的影响[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西医科大学, 2023.
- [6] 吴小芳. 乙醇对光固化复合树脂色泽稳定性的影响[D]: [硕士学位论文]. 太原: 山西医科大学, 2023.
- [7] 高清平, 巢永烈, 翦新春, 等. 离体天然牙颜色的色度学测量与分析[J]. 临床口腔医学杂志, 200, 23(5): 280-282.
- [8] 魏早, 尹崇志, 刘显洪, 等. 不同浸泡环境对树脂人工牙颜色的影响研究[J]. 中国美容医学, 2015, 24(14): 67-70.
- [9] 王晓玲, 马妍, 何惠明, 等. 过氧化脲漂白剂对牙齿颜色影响的实验研究[J]. 中国美容医学, 2009, 18(4): 527-530.
- [10] O'Brien, W.J., Hemmendinger, H., Boenke, K.M., Linger, J.B. and Groh, C.L. (1997) Color Distribution of Three Regions of Extracted Human Teeth. *Dental Materials*, **13**, 179-185. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(97\)80121-2](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(97)80121-2)
- [11] Warren, M.A., Wong, M. and Ingram III, T.A. (1990) *In Vitro* Comparison of Bleaching Agents on the Crowns and Roots of Discolored Teeth. *Journal of Endodontics*, **16**, 463-467. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(07\)80174-9](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(07)80174-9)
- [12] Grazioli, G., Valente, L.L., Isolani, C.P., Pinheiro, H.A., Duarte, C.G. and Münchow, E.A. (2018) Bleaching and Enamel Surface Interactions Resulting from the Use of Highly-Concentrated Bleaching Gels. *Archives of Oral Biology*, **87**, 157-162. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2017.12.026>
- [13] Vaz, V.T.P., Jubilato, D.P., Oliveira, M.R.M., Bortolato, J.F., Floros, M.C., Dantas, A.A.R. and Oliveira Junior, O.B. (2019) Whitening Toothpaste Containing Activated Charcoal, Blue Covarine, Hydrogen Peroxide or Microbeads: Which One Is the Most Effective? *Journal of Applied Oral Science*, **27**, e20180051. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2018-0051>
- [14] Zhao, X., Zanetti, F., Wang, L., Pan, J., Majeed, S., Malmstrom, H., Peitsch, M.C., Hoeng, J. and Ren, Y. (2019) Effects of Different Discoloration Challenges and Whitening Treatments on Dental Hard Tissues and Composite Resin

- Restorations. *Journal of Dentistry*, **89**, Article ID: 103182. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.103182>
- [15] Vertuan, M., de Souza, B.M., Machado, P.F., Mosquim, V. and Magalhães, A.C. (2020) The Effect of commercial Whitening Toothpastes on Erosive Dentin Wear *in Vitro*. *Archives of Oral Biology*, **109**, Article ID: 104580. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2019.104580>
- [16] Philpotts, C.J., Cariddi, E., Spradbery, P.S. and Joiner, A. (2017) *In Vitro* Evaluation of a Silica Whitening Toothpaste Containing Blue Covarine on the Colour of Teeth Containing Anterior Restoration Materials. *Journal of Dentistry*, **67**, S29-S33. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.08.007>
- [17] Mosquim, V., Martines Souza, B., Foratori Junior, G.A., Wang, L. and Magalhães, A.C. (2017) The Abrasive Effect of Commercial Whitening Toothpastes on Eroded Enamel. *American Journal of Dentistry*, **30**, 142-146.
- [18] Culpepper, W.D. (1970) A Comparative Study of Shade-Matching Procedures. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **24**, 166-173. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(70\)90140-X](https://doi.org/10.1016/0022-3913(70)90140-X)
- [19] Ghinea, R., Pérez, M.M., Herrera, L.J., Rivas, M.J., Yebra, A. and Paravina, R.D. (2010) Color Difference Thresholds in Dental Ceramics. *Journal of Dentistry*, **38**, e57-e64. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.07.008>
- [20] Douglas, R.D., Steinhauer, T.J. and Wee, A.G. (2007) Intraoral Determination of the Tolerance of Dentists for Perceptibility and Acceptability of Shade Mismatch. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **97**, 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2007.02.012>
- [21] Ishikawa-Nagai, S., Yoshida, A., Sakai, M., Kristiansen, J. and Da Silva, J.D. (2009) Clinical Evaluation of Perceptibility of Color Differences between Natural Teeth and All-Ceramic Crowns. *Journal of Dentistry*, **37**, e57-e63. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.04.004>
- [22] Douglas, R.D. and Brewer, J.D. (1998) Acceptability of Shade Differences in Metal Ceramic Crowns. *Journal of Prosthetic Dentistry*, **79**, 254-260. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(98\)70233-1](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(98)70233-1)
- [23] Ragain Jr., J.C. and Johnston, W.M. (2001) Minimum Color Differences for Discriminating Mismatch between Composite and Tooth Color. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, **13**, 41-48. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2001.tb00250.x>
- [24] Ertas, E., Güler, A.U., Yücel, A.C., Köprülü, H. and Güler, E. (2006) Color Stability of Resin Composites after Immersion in Different Drinks. *Dental Materials Journal*, **25**, 371-376. <https://doi.org/10.4012/dmj.25.371>