

[文章编号] 1000-1182(2008)06-0622-04

# 前牙冠修复体色差容忍度的初步研究

葛起敏, 张富强

(上海交通大学医学院附属第九人民医院 口腔修复科, 上海 200011)

**[摘要]** 目的 通过研究前牙陶瓷冠修复体的色差容忍度, 为提高修复成功率提供有效配色方案。方法 选取30名口腔修复科临床患者的单侧上颌中切牙缺损的冠修复体与对侧天然上颌中切牙为实验对象, 使用数码相机在标准环境下分别采集单侧天然牙、修复体与天然牙的数码图像, 在对图像进行色彩校正后, 利用Photoshop识色软件进行色度分析。根据患者和医师对修复体颜色的满意度将修复体分成满意组和不满意组, 对2组的色差数据进行Wilcoxon检验。结果 颜色满意组修复体与天然牙的总色差 $\Delta E$ 为2.550 3, 颜色不满意组修复体与天然牙的总色差 $\Delta E$ 为4.077 2, 2组总色差的差异具有统计学意义( $P<0.01$ )。当修复体明度 $L^*$ 、 $b^*$ 、饱和度 $C^*$ 大于天然牙时, 颜色满意组与颜色不满意组间 $\Delta L^*$ 、 $\Delta b^*$ 、 $\Delta C^*$ 的差异无统计学意义( $P>0.05$ ); 当修复体明度 $L^*$ 、 $b^*$ 、饱和度 $C^*$ 小于天然牙时, 颜色满意组与颜色不满意组间 $\Delta L^*$ 、 $\Delta b^*$ 、 $\Delta C^*$ 的差异有统计学意义( $P<0.01$ )。颜色满意组与颜色不满意组间色度差 $\Delta a^*$ 和色相差 $\Delta H^\circ$ 间的差异均有统计学意义( $P<0.05$ ,  $P<0.01$ )。结论 控制口腔修复体与天然牙间的色差, 是配色成功的关键因素; 充分利用口腔修复体色差容忍度, 将在一定程度上有利于提高修复体的成功率。

**[关键词]** 色差; 配色; 颜色测量**[中图分类号]** R783.3 **[文献标识码]** A

**A primary study of color tolerance of anterior tooth crown prosthesis** GE Qi-min, ZHANG Fu-qiang. (Dept. of Prosthodontics, The Ninth People's Hospital, College of Stomatology, School of Medicine, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200011, China)

**[Abstract]** **Objective** To study the color tolerance of anterior ceramic crown and seek an effective approach for color-matching of oral prostheses. **Methods** 30 single maxillary incisor ceramic prostheses and the corresponding nature teeth were measured by a digital camera in a steady environment for image taking and color measurement, which based on the standard recommended by CIE. The color tolerance was analyzed in two groups based on satisfaction and dissatisfaction of prostheses color-matching. **Results** The  $\Delta E$  of satisfaction group was 2.550 3, while the  $\Delta E$  of dissatisfaction group was 4.077 2. There was significant difference between chromatic aberration of satisfaction group and dissatisfaction group( $P<0.01$ ). When the lightness and saturation of prosthesis were higher than nature teeth, there was no significant difference between  $\Delta L^*$ 、 $\Delta b^*$ 、 $\Delta C^*$  of satisfaction group and dissatisfaction group( $P>0.05$ ). When the lightness and saturation of prosthesis were smaller than nature teeth, there was significant difference between  $\Delta L^*$ 、 $\Delta b^*$ 、 $\Delta C^*$  of satisfaction group and dissatisfaction group( $P<0.01$ ). There was significant difference between  $\Delta a^*$ 、 $\Delta H^\circ$  of satisfaction group and dissatisfaction group( $P<0.05$ ,  $P<0.01$ ). **Conclusion** Control of color difference is the key for shade matching of anterior tooth prosthesis. Applying the color tolerance is beneficial to improving the prosthesis quality.

**[Key words]** color difference; color matching; color measurement

颜色的匹配是修复体获得理想效果的关键因素之一。目前, 用于制作烤瓷修复体的陶瓷材料, 其颜色表现是基于所属的比色系统, 例如以VITA 16色比色系统为基础的牙科瓷粉, 其所制作的修复体

能够表现或恢复的颜色就在这16个颜色范围之内<sup>[1]</sup>。已有一些研究提出, 目前使用的各种比色系统, 其颜色范围均存在着局限, 很多病例需要对修复体进行额外染色以达到与天然牙颜色的尽量接近<sup>[2-3]</sup>。

色差(color difference)是指用数值的方法表示两种颜色给人色彩感觉上的差别。有学者提出, 要使修复体颜色与天然牙作到完全没有色差的可能性非常小, 只能在最大程度内作近似模仿; 由于肉眼对

[收稿日期] 2008-02-17; [修回日期] 2008-05-10

[基金项目] 上海市重点学科(特色学科)建设资助项目(T0202)

[作者简介] 葛起敏(1977-), 女, 上海人, 主治医师, 博士

[通讯作者] 张富强, Tel: 021-63138341-5207

色差的分辨能力有一定的范围,只有色差大于某个特定数值,肉眼才能分辨出两种颜色有差别。这一颜色识别阈值,也称为视觉的色差容忍度(color-tolerance)<sup>[4]</sup>。在牙科配色中,只要将修复体与天然牙的色差控制在口腔色差容忍度内,就可以达到颜色匹配的目的,这在一定程度上对提高修复体的成功率非常有利<sup>[5]</sup>。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验对象

选取30名口腔修复科临床患者的单侧上颌中切牙缺损的冠修复体与对侧天然上颌中切牙为实验对象。30名患者均为亚裔人群;男性14名,女性16名;年龄18~30岁。纳入标准:1)单侧上颌中切牙缺损,行烤瓷或全瓷修复;2)对侧上颌中切牙为天然牙体,未行全冠、贴面修复,可作为比色标准。

### 1.2 仪器与设备

自制封闭式拍摄暗箱及可拆卸式牙体定位支架;单反式数码相机(型号Canon EOS D60)、微距镜头(型号EF100 mm,规格MACRO LENS 1:2.8)(日本Canon公司);18%灰卡(规格20 cm×25 cm、5 cm×11 cm,美国Eastman Kodak公司)。

### 1.3 临床比色

使用VITA 16色比色板进行临床比色,由医师和患者共同选择完成,记录色片号。

### 1.4 测试参数设置

使用封闭式拍摄暗箱(图1),箱体内部整体以黑色无反光专业摄影布料覆盖,确保拍摄环境色温的稳定;拍摄背景同样采用黑色无反光摄影布料,避免强烈的色彩对比;采用D65标准光源,双侧45°照明,与相机镜头组成d/0°(非球形漫射照明)观测方式。

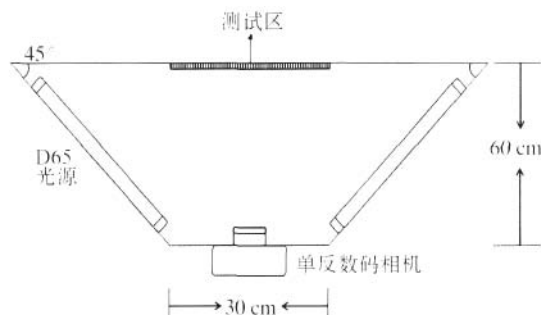


图1 拍摄暗箱平面示意图

Fig 1 Illustration of the sealed dark case

相机在程序自动模式下,使用18%灰卡(20 cm×25 cm)进行测光,确定曝光参数:光圈f/2.8,快门1/45 s。拍摄时,相机调整为手动曝光模式,感光度ISO100,图像格式RAW。

被拍摄牙体的位置由牙体定位支架决定,暗箱拍摄区有专门设计的牙体定位支架的插槽,将插杆插入固定槽内,此时支架平面与镜头垂直,顶端部分位于镜头中心,支架的外露部分以黑色无反光布遮盖。拍摄时牙体支架下方固定放置一张灰卡(5 cm×11 cm),与牙体同时摄入镜头,用作后期图像处理的白平衡参照物。

### 1.5 数码图像的采集

单侧天然牙数码图像的采集:未戴入修复体前,嘱患者张口,主动将无缺损侧上颌中切牙扣于定位支架上,此时支架顶端位于切牙乳头处,调整姿势使中切牙唇面正对镜头,腭侧面尽量紧贴支撑平面。在相机视窗内观察牙体位置,嘱患者作位置上的细微调整,被测牙体中央部分位于镜头中心,牙体的光线反射做到对称均匀;完成拍摄。

修复体与天然牙数码图像的采集:修复体制作完成后,临床作试戴调整,由医师与患者共同观察修复体颜色是否满意。如双方认为颜色满意,则固定修复体后,拍摄双侧上颌中切牙影像。如医生或患者中的任一方认为颜色不满意,需要进行外着色,则在染色前先拍摄双侧上颌中切牙影像,染色满意后再次拍摄。

### 1.6 数码图像的色彩校正

白平衡校正:每张照片内都有相同的灰卡作为白平衡参照物;在图像处理软件Photoshop的Camera RAW模块中,用白平衡吸管点击图像中灰卡部分,使R=G=B,完成白平衡校正。

色彩系数调整:色彩系数调整标准利用24色标准卡及其专设色彩倾向测试软件Imatest v2.0.7 Pro确立并储存(Red Saturation+10; Green Saturation+20; Blue Saturation-20),程序将自动对每张数码图像进行统一调整。

曝光补偿:在Photoshop软件中,通过曝光补偿(exposure)调整,使所有图像的灰卡部分色度参数R=G=B=118,统一所有图像的曝光系数。

不同图像内统一的色彩参照物经过以上3个程序的校正后达到数值上的一致,使所有图像色差达到最小。

### 1.7 修复体与天然牙颜色数据的获取

使用Photoshop软件的识色功能,从已完成校正的图像中,采集所有测试牙体颜色数据(RGB);采集部位以牙体中部为主,测量在该牙体上分布面积较大的颜色。经公式统一转换为CIE  $L^*a^*b^*/C^*H^\circ$ 色度参数。

### 1.8 修复体与天然牙色差计算

首先根据患者和医师对修复体颜色的满意度,

将修复体分成2组：1)不满意组：即需要进行染色处理的修复体；2)满意组：包括无需染色的以及染色后评价满意的修复体。

修复体与天然牙色差应用公式进行计算，获得颜色满意组和颜色不满意组的色差。其中总色差  $\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$ ，明度差  $\Delta L^* = L^*_{\text{修复体}} - L^*_{\text{天然牙}}$ ，色度差  $\Delta a^* = a^*_{\text{修复体}} - a^*_{\text{天然牙}}$ ， $\Delta b^* = b^*_{\text{修复体}} - b^*_{\text{天然牙}}$ ，饱和度差  $\Delta C^* = C^*_{\text{修复体}} - C^*_{\text{天然牙}}$ ，色相差  $\Delta H^\circ = \sqrt{\Delta E^2 - \Delta L^{*2} - \Delta C^{*2}}$ 。

1.9 统计分析

采用SAS 8.1统计软件对颜色满意组与颜色不满意组色差数据进行Wilcoxon检验。

2 结果

2.1 修复体与天然牙配色满意度分组

颜色不满意组15例，颜色不满意，需要外着色。颜色满意组30例，其中15例无需染色，15例染色后满意。

2.2 2组修复体与天然牙总色差的比较

颜色不满意组修复体与天然牙的总色差  $\Delta E$  为1.264 4~14.775 0，中位数为4.077 2；颜色满意组修复体与天然牙的总色差  $\Delta E$  为0.553 2~7.358 4，中位数为2.550 3。Wilcoxon检验分析表明，2组总色差的差异具有统计学意义( $P<0.01$ )。

2.3 2组修复体与天然牙各色差参数的比较

2组修复体与天然牙各色差参数的比较见表1。

表 1 2组修复体与天然牙各色差参数的比较与分析

Tab 1 Comparison and analysis of color difference for each parameter between prostheses and natural teeth

色差参数	颜色不满意组(中位数)	颜色满意组(中位数)	P值
$\Delta L^*$	0.278~14.180(2.273)	0.182~6.695(1.445)	**
	-1.328~-7.535(-4.008)	-0.013~-3.810(-0.822)	
$\Delta a^*$	0.903~2.222(1.562)	0.046~1.416(0.204)	*
	-0.156~-3.339(-1.092)	-0.010~-1.563(-0.728)	
$\Delta b^*$	0.221~10.980(2.499)	0.147~6.952(2.596)	**
	-1.358~-4.562(-3.776)	-0.013~-2.370(-0.662)	
$\Delta C^*$	0.219~11.000(2.469)	0.143~6.948(2.523)	**
	-1.360~-4.569(-3.778)	-0.012~-2.362(-0.657)	
$\Delta H^\circ$	0.431~3.641(1.226)	0.052~2.634(0.710)	**

注：\* $P<0.05$ ，\*\* $P<0.01$

从表1可见，1)当修复体明度 $L^*$ 、 $b^*$ 、饱和度 $C^*$ 大于天然牙时(色差参数表现为正值)，颜色满意组与颜色不满意组间 $\Delta L^*$ 、 $\Delta b^*$ 、 $\Delta C^*$ 的差异无统计

学意义( $P>0.05$ )；当修复体明度 $L^*$ 、 $b^*$ 、饱和度 $C^*$ 小于天然牙时(色差参数表现为负值)，颜色满意组与颜色不满意组间 $\Delta L^*$ 、 $\Delta b^*$ 、 $\Delta C^*$ 色差参数的差异有统计学意义( $P<0.01$ )。2)颜色满意组与颜色不满意组间色度差 $\Delta a^*$ 和色相差 $\Delta H^\circ$ 间的差异均有统计学意义( $P<0.05$ ， $P<0.01$ )。

3 讨论

3.1 口腔环境内牙体色差容忍度

肉眼对色差的分辨能力是有一定范围的，在视觉识别阈值内，2种颜色的 $\Delta E>0$ ，但肉眼认为它们是相同的。颜色匹配就是把2个颜色调整到视觉相同，因此在颜色的复制中，只要将色差控制在肉眼可分辨的色差阈值内，就可以达到匹配的目的。研究表明<sup>[6]</sup>，当总色差值为0~0.5时，色差感觉极微(微小色差)；总色差值为0.5~1.5时，色差感觉轻微(小色差)；总色差值为1.5~3时，色差感觉明显(较小色差)；总色差值为3~6时，色差感觉很明显(较大色差)；总色差值大于6时，色差感觉强烈(大色差)。本实验对30名接受单侧上颌中切牙冠修复的病例作了修复体与天然牙的色差比较，结果患者对修复体与天然牙的色差 $\Delta E$ 的最大接受范围达到了7.36，而中位值为2.55。

由于牙体颜色有其独特性(如光泽感、透明度等)，肉眼分辨牙体间色差的范围有其特殊性。Kuehni<sup>[4]</sup>研究认为色差 $\Delta E>1$ 时就可被肉眼察觉颜色差异；美国牙科协会(American Dental Association)则将比色板色片的色差容忍度标准定为 $\Delta E=2$ <sup>[7]</sup>，也就是说比色板的同名色片间肉眼可以分辨最大色差为 $\Delta E=2$ 。

进一步结合口腔环境的影响，牙体间颜色差异的视觉容忍度的范围又会有怎样的变化？许多学者也对口腔内的色差容忍范围进行了研究：Ragain等<sup>[8]</sup>认为牙科 $\Delta E$ 容忍度为2.75；而Ruyter等<sup>[9]</sup>研究认为 $\Delta E$ 容忍度可达3.3；Douglas等<sup>[10]</sup>研究认为 $\Delta E$ 容忍范围在2~4；本研究的结果 $\Delta E$ 容忍度为2.55，和以上研究是比较一致的。

修复体与天然牙间存在可察觉的颜色差异，并不一定是不可接受的。临床上常有这样的情况，尽管烤瓷修复体与天然牙颜色存在可以察觉的差异，但仍然被患者和医师认为是效果满意的。如果说察觉色差是生理感觉的话，那么对色差的接受则很大程度受到心理感受的影响<sup>[4]</sup>。这种对修复体颜色差异的容忍度，往往后牙要比前牙更大，原因就在于人们对后牙颜色匹配度的要求没有像前牙的要求那么高；前牙的颜色匹配则更多关系到对外貌美观的



影响,因此不同个体对外貌美观的要求程度也将影响到各自对修复体颜色差异的容忍度。也有研究发现,患者对由专业医师亲自制作的修复体的满意程度,比由实习医师制作的修复体要高很多<sup>[11]</sup>。Wee等<sup>[12]</sup>研究认为,患者亲自参与比色后对修复体颜色的满意程度,比由医师独立比色制作的修复体要更高;本实验结果中,患者对修复体色差的容忍度最大达到了7.36。可以认为,口腔内修复体与天然牙色差的容忍度比日常情况下的色差容忍度可能要更高些,这既有客观因素的影响,也很大程度上受患者的心理因素所影响。色差容忍度在一定程度上能够弥补比色板颜色差异大的不足,在选色时如能充分利用,对提高修复体的临床满意度非常有利。

### 3.2 牙体不同色度参数的色差容忍度

修复体配色可以利用色差容忍度来提高成功率,但人们对颜色的各个色度参数即明度、饱和度、色相差异的敏感和容忍程度也不同。有些研究认为,肉眼在分辨牙体色差时,对明度差异最敏感,其次是饱和度,最后才是色相<sup>[13]</sup>。另外一些研究则提出不同的观点,Barrett等<sup>[14]</sup>在研究目测选择比色板色片的准确程度时发现,肉眼对明度较高色片的混淆率比较大;Raigrodski等<sup>[15]</sup>则认为肉眼选择饱和度较高的色片的准确性比较好。

本实验在对30例前牙修复体颜色满意组和不满意组的各色差参数进行比较后发现,当修复体明度、饱和度高于天然牙时,患者对其色差的容忍度比较高,2组间色差没有显著差异;而当修复体的明度、饱和度低于天然牙时,患者的色差容忍度就比较低,2组显示了显著的差异。而当色相有差异,无论是什么色调上的改变,2组的差异都十分明显,因此认为患者的色相差容忍度在本实验中表现得最低。而根据 $a^*$ 、 $b^*$ 值的比较分析,对修复体红色调差异辨别度也比较高,对修复体黄色调高于天然牙的容忍度比黄色调低于天然牙要大;这可能与实验使用的VITA比色板在红色调上比较缺乏有一定关系。

国内学者刘峰<sup>[16]</sup>曾作过这样的研究,在不给任何指导、由患者自行对牙齿作选色的情况下,超过50%的患者会不顾自己天然牙的颜色而选择A1、B1这类明度偏高的颜色;“明眸皓齿”、“唇红齿白”是常用的形容美丽容貌的词语,这在一定程度上也反映了人们对牙齿颜色的审美倾向。结合本实验结果可以认为:色调接近,但比天然牙略显明亮的颜色更容易被接受;相反,比天然牙偏暗(明度低)、偏灰(饱和度低)的颜色接受度就较差。

### [参考文献]

- [1] Groh CL, O'Brien WJ, Boenke KM. Differences in color between fired porcelain and shade guides[J]. Int J Prosthodont, 1992, 5(6): 510-514.
- [2] Wee AG, Kang EY, Johnston WM, et al. Evaluating porcelain color match of different porcelain shade-matching systems[J]. J Esthet Dent, 2000, 12(5): 271-280.
- [3] Hasegawa A, Ikeda I, Kawaguchi S. Color and translucency of *in vivo* natural central incisors[J]. J Prosthet Dent, 2000, 83(4): 418-423.
- [4] Kuehni RG. Color-tolerance data and the tentative CIE 1976  $L^*a^*b^*$  formula[J]. J Opt Soc Am, 1976, 66(5): 497-500.
- [5] Rinke S, Hüls A, Kettler MJ. Colorimetric analysis as a means of quality control for dental ceramic materials[J]. Eur J Prosthodont Restor Dent, 1996, 4(3): 105-110.
- [6] 周世生. 印刷色彩学[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2005: 97-128.  
ZHOU Shi-sheng. Print chromatology[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2005: 97-128.
- [7] Analoui M, Papkosta E, Cochran M, et al. Designing visually optimal shade guides[J]. J Prosthet Dent, 2004, 92(4): 371-376.
- [8] Ragain JC Jr, Johnston WM. Minimum color differences for discriminating mismatch between composite and tooth color[J]. J Esthet Restor Dent, 2001, 13(1): 41-48.
- [9] Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers[J]. Dent Mater, 1987, 3(5): 246-251.
- [10] Douglas RD, Brewer JD. Acceptability of shade differences in metal ceramic crowns[J]. J Prosthet Dent, 1998, 79(3): 254-260.
- [11] Al-Wahadni A, Ajlouni R, Al-Omari Q, et al. Shade-match perception of porcelain-fused-to-metal restorations: A comparison between dentist and patient[J]. J Am Dent Assoc, 2002, 133(9): 1220-1225.
- [12] Wee AG, Kang EY, Jere D, et al. Clinical color match of porcelain visual shade-matching systems[J]. J Esthet Restor Dent, 2005, 17(6): 351-357.
- [13] Sproull RC. Color matching in dentistry. Part 1. Practical applications of the organization of color[J]. J Prosthet Dent, 2001, 86(5): 458-464.
- [14] Barrett AA, Grimaudo NJ, Anusavice KJ, et al. Influence of tab and disk design on shade matching of dental porcelain[J]. J Prosthet Dent, 2002, 88(6): 591-597.
- [15] Raigrodski AJ, Chiche GJ, Aoshima H, et al. Efficacy of a computerized shade selection system in matching the shade of anterior metal-ceramic crowns—a pilot study[J]. Quintessence Int, 2006, 37(10): 793-802.
- [16] 刘峰. 前牙列美学修复(二)——设计思路[J]. 口腔设备及材料, 2005, 8(2): 47-52.  
LIU Feng. Aesthetics prosthetics of anterior dentition(二)——design[J]. Dent Equipment Materials, 2005, 8(2): 47-52.

(本文编辑 李彩)