

[文章编号] 1000-1182(2009)04-0397-04

遮色瓷的不同表面粗糙度 对烤瓷熔附金属修复体明度和反射率的影响

王辉¹ 熊芳² 于海洋² 罗振华¹

(1.口腔疾病研究国家重点实验室, 四川大学; 2.四川大学华西口腔医学院 修复工艺学教研室, 四川 成都 610041)

[摘要] 目的 研究遮色瓷的表面粗糙度对烤瓷熔附金属修复体明度和反射率的影响。方法 铸造厚度1.0 mm、直径12.0 mm的镍铬合金试件48个, 平均分为A~F组, 每组8个, 用松风Halo A2色粉剂遮色瓷进行遮色(厚度0.3 mm)。A组不进行打磨, 作为对照; B、C、D、E、F组分别用200、400、600、800、1 000目的水砂纸打磨遮色瓷; 然后用表面粗糙度测试仪EX2154-13测量各组的表面粗糙度, 用PR-650型光谱扫描色度仪测量色度学参数(明度和反射率)。测量完成后, 各组试件上体瓷和釉质瓷, 再次测量色度学参数。测量结果由SPSS 13.0统计软件进行方差分析。结果 经200~1 000目水砂纸打磨后, 遮色瓷表面粗糙度由 (0.706 ± 0.082) μm 降低至 (0.226 ± 0.069) μm , 遮色瓷的反射率由 78.671 ± 3.408 降低至 72.386 ± 3.953 , 明度也由 93.496 ± 1.070 同时降低至 90.189 ± 1.200 ; 上体瓷和釉质瓷后, 随着表面粗糙度的降低, 反射率由 81.529 ± 4.028 降低至 76.301 ± 3.097 , 明度值则由 84.604 ± 2.964 降低至 80.694 ± 1.564 。随着表面粗糙度的降低, 反射率和明度值均呈递减趋势。结论 遮色瓷粗糙度对烤瓷熔附金属修复体的最终明度和反射率有影响, 在本实验范围内最佳遮色瓷粗糙度为 $0.23\sim0.50$ μm 。

[关键词] 遮色瓷; 粗糙度; 明度; 反射率

[中图分类号] R 783.2 **[文献标志码]** A

Influence of different surface roughness of opaque porcelain on reflectance and L^* value of porcelain fused to metal WANG Hui¹, XIONG Fang², YU Hai-yang², LUO Zhen-hua¹. (1. State Key Laboratory of Oral Diseases, Sichuan University, Chengdu 610041, China; 2. Dept. of Dental Technology, West China College of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

[Abstract] **Objective** The purpose of this study was to investigate how different surface roughness of opaque porcelain influence reflectance and CIE L^* value of porcelain fused to metal(PFM) restorations. **Methods** 48 casted Ni-Cr alloy metal specimens(12.0 mm×1.0 mm) were fabricated with ShoFu Vintage Halo porcelain and divided into six groups, eight pieces for each group. The specimens in the first group without polishing were used as control. Other groups were polished against 200-, 400-, 600-, 800-, and 1 000-grit sandpaper after sintered, respectively. Surface roughness and color parameters of the specimens were measured with a Surface Roughometer EX2154-13 and a spectrophotometer, respectively. Ra (arithmetical mean deviation of the profile) was the main standard value to describe the surface roughness of many kinds of metal or porcelain materials, and here we used it to express surface roughness of opaque porcelain. The data were statistically analyzed by one-way analysis of variance($\alpha=0.05$) in SPSS 13.0. **Results** The reflectance value increased from 72.386 ± 3.953 to 78.671 ± 3.408 , and CIE L^* value from 90.189 ± 1.200 to 93.496 ± 1.070 with the increasing of surface roughness(Ra) of opaque porcelain from (0.226 ± 0.069) μm to (0.706 ± 0.082) μm . The same magnitude were also observed after body porcelain and enamel porcelain were sintered on with reflectance increased from 76.301 ± 3.097 to 81.529 ± 4.028 , and CIE L^* value from 80.694 ± 1.564 to 84.604 ± 2.964 . **Conclusion** The surface roughness of opaque porcelain had effects on the reflectance and value of PFM restorations. Within the limitation of this study, the recommended Ra range of opaque porcelain was $0.23\sim0.50$ μm .

[Key words] opaque porcelain; roughness; L^* value; reflectance

[收稿日期] 2008-10-27; [修回日期] 2009-02-25

[基金项目] 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(004030-5102027)

[作者简介] 王辉(1982—), 男, 山东人, 硕士

[通讯作者] 熊芳, Tel: 028-61153466

天然牙由半透明的釉质和有一定半透性的牙本质组成。据报道^[1], 上颌中切牙的透射率为0.13~0.65, 因此天然牙在光线的照射下表现出反射、透射、散射和吸收的性能, 从而使天然牙整体出现丰富的立

体感和层次感。烤瓷修复体具有不透光的金属基底,颜色与天然牙差异很大,必须使用遮色瓷完全遮盖,因而遮色瓷对整个修复体的光学效果影响很大^[1-4]。在烤瓷修复体的制作中,一直强调遮色瓷烧结后表面要呈现蛋壳状,才能使最终完成的修复体得到美观的效果。遮色瓷的蛋壳状表面,实际上影响的是对光线的反射性能。在这方面虽然已经有实践经验,却缺乏理论基础,目前还不清楚究竟遮色瓷的表面粗糙度达到什么程度才能使修复体具有最佳的外观效果,在国内外也未见相关研究。以往的文献^[5]多数集中于对烤瓷修复体的表面粗糙度的研究,因为对同一材料的修复体,在同样的入射光条件下,修复体的颜色参数只与其表面粗糙度有关^[6]。本课题立足于研究烤瓷修复体内部界面结构的粗糙度,分析其反射、散射等性能对美观效果的影响,从制作工艺的角度寻找获得最佳修复体光学参数的方法。

1 材料和方法

1.1 制备金属试件

用自制不锈钢切片器切割厚度为1.0 mm、直径为12.0 mm的蜡片,稍压平,用直径1.5 mm的蜡线条安插铸道,除脂,干燥;高温牙科磷酸盐包埋,然后铸造。本实验使用普通镍铬烤瓷合金制作试件,经铸造、切割、喷砂、修整,保留长约4 mm的铸道,便于夹持和测量。烧结后选择无铸造缺陷、无弯曲变形及气泡凹陷、表面光滑平整的试件进行实验。共选择试件48个,平均分为A、B、C、D、E、F共6组,每组8个。

用慢速手机沿同一个方向粗打磨试件,去除金属基底两面的微小瘤结。然后用400目鹰牌耐水砂纸以恒定转速(500 r/min)在打磨抛光机上打磨,使试件两侧形成完全平面。打磨后的试件交技工室常规喷砂,使试件表面均匀一致。丙酮超声清洗10 min,然后蒸馏水超声清洗10 min,试件干燥后常规预氧化,用外径千分尺测量并记录每个试件的中心厚度^[7-8]。

1.2 上遮色瓷并测量粗糙度

按厂家建议的粉液比调拌Halo A2色粉剂遮色瓷(日本松风公司),采用二次法在自制的上瓷器内将遮色瓷涂布于6组金属试件表面并烧结。烧结后B、C、D、E、F组试件分别用200、400、600、800、1 000目的耐水砂纸打磨遮色瓷;A组不进行打磨,作为对照。打磨组要求注水条件下从粗到细依次手工打磨,每级砂纸打磨至消除前一级砂纸的纹理并且达到理想的厚度。外径千分尺控制并记录每

组试件金属基底加遮色瓷试件的中心厚度,控制瓷层厚度的精度为 ± 0.005 mm。根据Halo瓷粉的技术数据,瓷粉厚度达到0.3 mm时就能发挥最佳遮色效果。为补偿烧结后的收缩,同时给瓷层打磨提供足够厚度,本实验塑瓷时的遮色瓷厚度为0.35~0.50 mm,打磨后的所有遮色瓷厚度均为 (0.300 ± 0.005) mm^[8]。打磨完成后,所有试件用丙酮超声清洗10 min,然后蒸馏水超声清洗10 min,试件干燥备用^[7-9]。

使用表面粗糙度测试仪EX2154-13测量每个试件的表面粗糙度。根据粗糙度国家标准GB/T1031-1995^[10],设定取样长度0.8 mm和评定长度4.0 mm。将样本置于表面粗糙度检查仪的检测平台上,检测探针置于样本表面,检测时探针紧贴遮色瓷平面均匀滑行,随机在样本的3个不同方向上测轮廓算术平均偏差 Ra (arithmetical mean deviation of the profile),取3个读数的平均值。每个样本测量3次,取平均值作为该样本的表面粗糙度值,即 Ra 值。

1.3 测量遮色瓷的色度学参数

将测完粗糙度的金属遮色瓷试件再次用丙酮超声清洗10 min,然后蒸馏水超声清洗10 min,烘干备用。应用非接触式PR-650型光谱扫描色度仪测量试件的色度学参数,测量方法选择多点定量分析测量。由于PR-650型光谱扫描色度仪的测量孔径为1.5 mm,孔径离边缘至少为0.5 mm;为保证有足够的面积进行多点测量,同时为防止瓷层烧结后的收缩,本实验制作的试件直径为12 mm。

测量条件:光源为标准A光源(色温2 856 K),通过Photo Research颜色分析软件转换为D65光源(色温6 504 K);工作波段为380~760 nm,间隔4 nm扫描1次,照度为2 000 lx,10°视场;用探视头对要测定部位直径1.5 mm的黑色区域进行精确测量,工作距离95 mm,工作环境温度18~25℃,相对湿度50%~60%。为避免周围光源的影响,除标准光源外,测量在暗室内进行^[1]。

1.4 制作烤瓷熔附金属修复体并测量色度学参数

A~F组试件在完成上述测量后,在自制的上瓷器内,于遮色瓷表面涂布Halo A2色体瓷和釉质瓷(日本松风公司),制作完成烤瓷熔附金属修复体。上瓷时体瓷厚度为1.0 mm,釉质瓷为0.3 mm;由外径千分尺控制厚度。上瓷后进行烧结,然后常规水砂纸打磨,打磨后控制体瓷厚度为 (0.800 ± 0.005) mm,釉质瓷厚度为 (0.200 ± 0.005) mm。在自动可编程真空烤瓷炉(洛阳耐火材料研究院)内烧结,自身上釉,然后对试件中心区域进行色度学参数的测量。

1.5 测量松风A2比色片的色度学参数

取标准松风A2比色片(日本松风公司),选择正

中部的3个点,每个点中心大约相距1.5 mm,测量该点的色度学参数。每个点测量3次,计算每个点的平均值,共测得3个数值。取3组松风A2比色片,依次测量,得出色度学参数。

1.6 统计学分析

采用SPSS 13.0统计软件进行统计学分析,组间比较采用方差分析,并用LSD法进行两两比较。检验水准为双侧 $\alpha=0.05$ 。

表 1 遮色瓷的表面粗糙度及其CIE L^* 、 R 参数值($\bar{x}\pm s$)

Tab 1 Different surface roughness and CIE L^* , R value of opaque porcelain($\bar{x}\pm s$)

| 组别 | 粗糙度/ μm | 遮色瓷表面 | | 上体瓷和釉质瓷后 | |
|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | L^* | R | L^* | R |
| A | 1.595 \pm 0.133 | 91.091 \pm 2.355 | 73.914 \pm 4.070 | 86.941 \pm 3.023 | 83.057 \pm 4.209 |
| B | 0.706 \pm 0.082 | 93.496 \pm 1.070 | 78.671 \pm 3.408 | 84.604 \pm 2.964 | 81.529 \pm 4.028 |
| C | 0.495 \pm 0.083 | 91.558 \pm 1.463 | 74.429 \pm 5.157 | 81.841 \pm 2.224 | 78.900 \pm 4.192 |
| D | 0.411 \pm 0.098 | 90.844 \pm 1.922 | 73.700 \pm 6.136 | 81.304 \pm 3.168 | 77.457 \pm 3.096 |
| E | 0.303 \pm 0.083 | 90.633 \pm 2.179 | 73.371 \pm 5.364 | 80.859 \pm 3.260 | 76.621 \pm 3.065 |
| F | 0.226 \pm 0.069 | 90.189 \pm 1.200 | 72.386 \pm 3.953 | 80.694 \pm 1.564 | 76.301 \pm 3.097 |

2.2 不同表面粗糙度的遮色瓷的色度学参数

不同表面粗糙度的遮色瓷的明度参数(CIE L^* 值)和反射率参数 R 见表1。从表1可以看出,打磨组 L^* 值随粗糙度的增加而增加,最小 L^* 值为90.189,最大 L^* 值为93.496。在粗糙度为0.226~0.706 μm 时,随着粗糙度的增加, L^* 值逐渐增加。经方差分析和LSD法两两比较,B组 L^* 值与其余5组分别比较,其差异均有统计学意义($P<0.05$);而A、C、D、E、F组 L^* 值经两两比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。粗糙度为0.226~0.706 μm 时,随粗糙度的增加,遮色瓷表面的 R 值也呈递增趋势;A~F各组间最小 R 值为72.386,最大 R 值为78.671。经方差分析和LSD法两两比较,B组的 R 值与D、E、F组比较,均有统计学差异($P<0.05$);其他组别经两两比较其差异无统计学意义($P>0.05$)。

2.3 烤瓷熔附金属修复体的色度学参数

上体瓷和釉质瓷后,不同表面粗糙度的遮色瓷的明度参数(CIE L^* 值)和反射率参数 R 见表1。由表1可见,在粗糙度为0.226~0.706 μm 时,随粗糙度的增加,烤瓷熔附金属修复体的 L^* 值呈递增趋势;A~F各组间 L^* 值最小为80.694,最大为86.941。经方差分析和LSD法两两比较,对照组与C、D、E、F 4个组间的两两比较有统计学意义;B组与C~F 4个组间的两两比较也有统计学意义($P<0.05$);而C~F 4个组间经两两比较其差别无统计学意义($P>0.05$)。遮色瓷在上体瓷和釉质瓷后,打磨组与未打磨组的 L^* 值的差异有统计学意义;打磨组内粗糙度为0.706 μm

2 结果

2.1 遮色瓷的表面粗糙度

经过不同目数砂纸打磨后的遮色瓷,其粗糙度测试结果见表1。由表1可见,对照组遮色瓷的表面粗糙度(Ra)为(1.595 \pm 0.133) μm ;随着打磨精度的增加,遮色瓷表面 Ra 随之减小。各组间最小 Ra 值为0.226 μm ,最大 Ra 值为1.595 μm 。

时,与其余4组的 L^* 值的差异也有统计学意义。

由表1可见,在0.226~1.595 μm 间,随遮色瓷粗糙度的增加,烤瓷熔附金属修复体表面的 R 值基本呈增加趋势,各组间最小值为76.301,最大值为83.057。经方差分析和LSD法两两比较,对照组与C、D、E、F 4个组间的两两比较有统计学意义($P<0.05$);B组与D、E、F 3个组间的两两比较均有统计学意义($P<0.05$),D、E、F组间经两两比较无统计学意义($P>0.05$)。由此可见,不同粗糙度的遮色瓷表面上体瓷和釉质瓷后,非打磨组与打磨组的表面反射率有差异;而打磨组中,粗糙度为0.706 μm 又与0.226、0.303、0.411 μm 组间存在统计学差异。

2.4 松风A2比色片的色度学参数

标准松风A2比色片的明度和反射率参数分别为82.489 \pm 10.440和61.210 \pm 8.965。经统计学分析,上体瓷和釉质瓷后,C、D、E、F组的明度参数与标准比色片的差异无统计学意义($P>0.05$),可见模拟明度最佳的粗糙度为0.23~0.50 μm ;A~F组的反射率参数与标准比色片的差异均有统计学意义($P<0.05$),但在本实验范围内,粗糙度为0.23~0.50 μm 仍是最接近标准的数值。由于对烤瓷熔附金属修复体比色时最主要的选择标准是明度CIE L^* 值^[2],所以本实验的最佳粗糙度为0.23~0.50 μm 。

3 讨论

3.1 遮色瓷表面粗糙度与其明度和反射率的关系

MAKIKO等^[11-12]研究表明,金属材料经打磨后,

随表面粗糙度的降低,表面光洁度随之升高,同时明度参数CIE L^* 值随之降低。遮色瓷具有与某些金属表面打磨后相似的光学原理。本实验中,打磨组的表面粗糙度随打磨砂纸目数的升高不断降低,其表面的光洁度也随之升高,与最终的明度和反射率参数不断降低相吻合;这表明遮色瓷的某些光学性能具有与某些金属类似的特质^[2,11-13]。

从本研究结果可以看到,对照组的表面粗糙度较B、C组大,但是其明度和反射率参数却没有明显增大。笔者分析,其原因可以追溯到打磨组和未打磨组不同的反射方式。对照组表现为漫反射,漫反射对光线的反射过于分散,方向性差;打磨组为部分镜面反射或类镜面反射,光线集中,强度高。所以导致粗糙度较大的对照组的明度和反射率参数反而降低。无论是打磨组还是对照组,在对光线的反射中都是既包括了镜面反射又包括了漫反射,只是在粗糙度较大的试件中,漫反射的作用占优势。

表面粗糙度在0.226~0.495 μm 时,遮色瓷的 L^* 值和 R 值虽无明显差异,但均呈缓慢增加趋势。可能是由于气泡的影响导致粗糙度分布的均匀性受影响,特别是此时气泡的大小可能就介于几微米到十几微米之间甚至更小,所以很难改变气泡造成的明度的微小差别。同时由于此范围内的气泡已经超出肉眼分辨的极限,单纯的肉眼检查已很难观测到气泡的多少和数量,无法剔除不合格的试件。

3.2 遮色瓷的表面粗糙度与其上体瓷和釉质瓷后的明度和反射率的关系

本研究对体瓷厚度等实验条件作了很好的控制,所以遮色瓷的色度学参数表现出比较明显的变化趋势;但同时也发现,虽然对照组的表面粗糙度最大,但是最终明度和反射率却没有完全重复上体瓷和釉质瓷前的变化趋势。笔者分析认为,上完体瓷和釉质瓷后,由于二者的半透性,遮色瓷和体瓷间界面反射出的光线能够在体瓷和釉质瓷内进行较大的二次散射和透射,使得最终修复体最外层的明度和反射率都较打磨组有很大增加。

从本研究结果可以看到,明度和反射率的走向趋势基本接近,D、E组的 L^* 值没有统计学差异($P>0.05$)。笔者分析,由于在上瓷烧结时界面的融合反应非常难以控制,界面间融合交错的量没有明确地量化,还可能在界面间产生一些微气泡;同时由于回切体瓷时可造成体瓷表面粗糙度的变化,以及烧结后表面的弯曲变形等因素可造成烤瓷熔附金属修复体最终的明度和反射率有微小的差异。烤瓷内气泡产生的原因主要在于上瓷时候的手法,震荡频率,调拌的瓷粉的黏稠度、粉液比,升温速度等,

本实验均已作了严格控制。

3.3 试件粗糙度的测量

表面粗糙度的测量方法按照测量原理主要分为比较法、光切法、针描法、干涉法等。比较法精度不高;光切法主要适用于精度较高的试件测量且价格昂贵;干涉法等光学测量法在陶瓷表面存在反射,影响信息采集和精确度。本实验采用针描法,是相对精确的方法。评定表面粗糙度的方法很多,常用的方法是测量轮廓算术平均偏差(R_a), R_a 是表面轮廓在取样长度内各点的平均高度,反映了表面粗糙度的大小。

针描法采用一种特殊触针,其尖端在被测物体表面上垂直于加工纹理方向的截面上作水平移动,由于被测物体表面的微观不平引起触针的上下运动,并把触针移动的变量通过转换运算,由指示表指示出被测物体表面的粗糙度,是测量 R_a 值最常用的方法。针描法轮廓仪可按规定截面测量多项评定参数,如 R_a 、 R_y 、 R_z 、 R_q 等。该仪器操作简便,测量迅速;测量数值呈数字显示,测量精度较高;适用于金属和陶瓷等物体表面, R_a 值为0.02~5.0 μm 时的测量。本组遮色瓷的表面粗糙度均在其测量范围内^[10,14],精确度较高。

[参考文献]

- [1] Xiong F, Chao Y, Zhu Z. Translucency of newly extracted maxillary central incisors at nine locations[J]. J Prosthet Dent, 2008, 100(1): 11-17.
- [2] Fondriest J. Shade matching in restorative dentistry: The science and strategies[J]. Int J Periodontics Restorative Dent, 2003, 23(5): 467-479.
- [3] Joiner A. Tooth colour: A review of the literature[J]. J Dent, 2004, 32(Suppl 1): 3-12.
- [4] Brodbelt RH, O'Brien WJ, Fan PL. Translucency of dental porcelains[J]. J Dent Res, 1980, 59(1): 70-75.
- [5] al-Wahadni A, Martin DM. Glazing and finishing dental porcelain: A literature review[J]. J Can Dent Assoc, 1998, 64(8): 580-583.
- [6] 汤顺青. 色度学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1990: 97-105. TANG Shun-qing. Colorimetry[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 1990: 97-105.
- [7] 文志红, 杜传诗, 巢永烈, 等. 除气和预氧化对金-瓷结合强度的影响[J]. 华西口腔医学杂志, 1996, 14(1): 10-12. WEN Zhi-hong, DU Chuan-shi, CHAO Yong-lie, et al. The effect of degassing and preoxide on the bonding strength between metal and porcelain[J]. West China J Stomatol, 1996, 14(1): 10-12.
- [8] 裴延平, 陈吉华, 常青, 等. 不同金属基底和遮色瓷厚度对金瓷修复体色彩的影响[J]. 华西口腔医学杂志, 2005, 23(2): 133-135.

时,可认为材料完全不透明,比值为0时可认为材料完全透明,材料的不透光度由0至1逐渐增大。对于牙体缺损的牙色修复材料来讲,材料适当的不透光度意味着修复后的外观可以同时具有更好的遮色作用、层次感和通透性,达到良好的美学效果。不透光度过低,牙体内层变色组织的颜色会过多地透过修复体而影响最终的外观;不透光度过高,则修复后的颜色又会显得呆板,缺乏生动性和逼真度。虽然目前尚未对树脂材料不透光度的范围进行统一规定,但从本实验的结果来看,在紫外线老化前,Aelite Flo、Filtek Z350 Flowable、Clearfil AP-X、Z100及Dyract AP的不透光度间均无明显差别,而Durifill VS和Filtek Z350 Universal则分别显示了最低(0.75)和最高(0.82)的不透光度,这可能与材料的填料含量有关。根据厂家的资料,这7种材料填料的含量分别:Aelite Flo为40%~70%,Filtek Z350 Flowable为55%,Clearfil AP-X为71%,Dyract AP为56%,Z100为66%,Durifill VS为40%,Filtek Z350 Universal为79%。较高的填料含量对应较高的不透光度,反之,填料含量低则不透光度较低。然而,Durifill VS和Filtek Z350 Universal的不透光度虽然与其他材料间存在统计学差别,但就数值来看差别甚小。另外,本研究同时表明,随着紫外线照射时间的延长,7种材料的不透光度整体呈现上升趋势,这也是临床上树脂基充填材料使用一段较长时间后外观逐渐被患者不可接受的重要原因之一。

【参考文献】

- [1] Paravina RD, Ontiveros JC, Powers JM. Accelerated aging effects on color and translucency of bleaching-shade composites[J]. J Esthet Restor Dent, 2004, 16(2):117-127.
- [2] Asmussen E. Factors affecting the color stability of restorative resins[J]. Acta Odontol Scand, 1983, 41(1):11-18.
- [3] Gross MD, Moser JB. A colorimetric study of coffee and tea staining of four composite resins[J]. J Oral Rehabil, 1977, 4(4):311-322.
- [4] 章非敏, 赵云凤. Vita Mark 牙体修复材料遮色能力的研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2003, 21(6):454-456.
ZHANG Fei-min, ZHAO Yun-feng. Study on color masking ability of restoration material Vita Mark [J]. West China J Stomatol, 2003, 21(6):454-456.
- [5] Vichi A, Ferrari M, Davidson CL. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging[J]. Dent Mater, 2004, 20(6):530-534.
- [6] Kim HS, Um CM. Color differences between resin composites and shade guides[J]. Quintessence Int, 1996, 27(8):559-567.
- [7] Beun S, Glorieux T, Devaux J, et al. Characterization of nanofilled compared to universal and microfilled composites[J]. Dent Mater, 2007, 23(1):51-59.
- [8] Lee YK. Changes in the translucency of porcelain and repairing resin composite by the illumination[J]. Dent Mater, 2007, 23(4):492-497.
- [9] Inokoshi S, Burrow MF, Kataumi M, et al. Opacity and color changes of tooth-colored restorative materials[J]. Oper Dent, 1996, 21(2):73-80.

(本文编辑 李彩)

(上接第400页)

- PEI Yan-ping, CHEN Ji-hua, CHANG Qing, et al. Effects of varying the opaque thickness and the type of metal ceramic alloy on color[J]. West China J Stomatol, 2005, 23(2):133-135.
- [9] Ozcelik TB, Yilmaz B, Ozcan I, et al. Colorimetric analysis of opaque porcelain fired to different base metal alloys used in metal ceramic restorations[J]. J Prosthet Dent, 2008, 99(3):193-202.
- [10] 国家质量监督检验检疫总局. 表面粗糙度测量参数及其数值(GB/T 1031-1995)[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999 2-4.
State General Administration of the People's Republic of China for Quality Supervision. Surface roughness parameters and their values(GB/T 1031-1995)[S]. Beijing: Standards Press of China, 1999 2-4.
- [11] MAKIKO Yonehara, SUZUKI Keisuke, KIHARA Koichiro, et al. Effect of surface roughness on glossiness of a 5 052 aluminum alloy [J]. J Japan Institute Light Metals, 2003, 53(4):163-168.

- [12] MAKIKO Yonehara, TSUTOMU Matsui, KIHARA Koichiro, et al. Experimental relationships between surface roughness, glossiness and color of chromatic colored metals[J]. Materials Transactions, 2004, 45(4):1027-1032.
- [13] 姬爱平, 高承志, 片山伊九右卫门. 抛光过程中复合树脂表面粗糙和光泽度的变化[J]. 中华口腔医学杂志, 1999, 34(3):181-183.
JI Ai-ping, GAO Cheng-zhi, IKUEMON Katayama. Changes of surface roughness and glossiness of the composite resins during polishing[J]. Chin J Stomatol, 1999, 34(3):181-183.
- [14] 王伯平. 互换性与测量技术基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002:112-122.
WANG Bo-ping. Interchangeability and basic technical measuring[M]. Beijing: China Machine Press, 2002:112-122.

(本文编辑 吴爱华)