

渗透树脂与前牙美学树脂颜色稳定性的比较研究

张润荃¹ 李大军^{1,2} 赵晓一¹

1.北京大学口腔医学院·口腔医院综合科 国家口腔疾病临床医学研究中心

口腔数字化医疗技术和材料国家工程实验室 口腔数字医学北京市重点实验室, 北京 100081;

2.裕华美诺口腔诊所, 石家庄 050000

[摘要] **目的** 通过分析不同树脂材料对饮料色素的着色效果, 比较渗透树脂与前牙美学树脂颜色稳定性的差异。**方法** 选择3种前牙美学树脂 (Filtek Z250、Filtek Z350 XT、Beautiful Flow Plus F00) 及人工早期龋渗透树脂 (Icon) 处理样本各20例, 不同树脂样本分别分为2组 (每组10例) 分别置于咖啡溶液及蒸馏水中浸泡1、2、3周。应用Crys-taleye分光光度计进行样本颜色分析。**结果** 人工早期龋渗透树脂处理表面的着色明显高于其他前牙美学树脂 ($P<0.05$)。所有实验树脂及渗透树脂处理表面的着色均随时间延长而增加, 但第1周的着色最为显著, 明显高于第2周及第3周的着色 ($P<0.05$)。**结论** 人工早期龋渗透树脂处理表面较前牙美学树脂更易发生颜色改变。

[关键词] 渗透树脂; 复合树脂; 颜色稳定性

[中图分类号] R 78 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2019.03.008



开放科学 (资源服务)
标识码 (OSID)

Evaluation of the color stability of infiltrant resin in comparison to aesthetic composite resins Zhang Runquan¹, Li Da-jun^{1,2}, Zhao Xiaoyi¹. (1. Dept. of General Dentistry, Peking University School and Hospital of Stomatology & National Clinical Research Center for Oral Diseases & National Engineering Laboratory for Digital and Material Technology of Stomatology & Beijing Key Laboratory of Digital Stomatology, Beijing 100081, China; 2. Yuhua Meinuo Dental Clinic, Shijiazhuang 050000, China)

Supported by: The Youth Fund Clinical Program of Peking University School of Stomatology (PKUSS20130203).

Correspondence: Zhao Xiaoyi, E-mail: xiaoyi_zhao@bjmu.edu.cn.

[Abstract] **Objective** To investigate the color stability of infiltrant resin together with three other composites exposed to staining solution. **Methods** Three types of anterior aesthetic composite resins (Filtek Z250, Filtek Z350 XT, and Beautiful Flow Plus F00) and artificial caries with Icon infiltrant resin were used. The samples were randomly divided into two groups (each contained 10 specimens): coffee solution and distilled water immersion for three weeks. Color parameters were determined with the Crystaleye spectrophotometer. **Results** Artificial caries lesions infiltrated by Icon showed much higher ΔE than those infiltrated by other aesthetic resins ($P<0.05$). The discoloration of all the experimental resins and the artificial caries infiltrated with Icon increased with time, but the discoloration on the 1st week was significantly higher than those on the 2nd and 3rd weeks. **Conclusion** Artificial caries infiltrated with Icon was more vulnerable and susceptible to food color than those infiltrated with other aesthetic composite resins.

[Key words] infiltrant resin; composite resin; color stability

随着科技发展, 口腔治疗领域也不断发生着进
展和革新, 其中之一便是保守性微创治疗理念的提

出和发展。渗透树脂正是以此为目标而诞生的新型
树脂材料。渗透树脂是一种低黏性、高渗透性的光
固化树脂材料, 能渗透进入早期釉质龋的微孔内,
起到封闭微孔, 控制病损进展, 增强剩余釉质强度
的作用^[1], 可以改善病损表面折光性, 恢复病损表
面色泽^[2]。发生在前牙光滑面的龋坏, 经常出现病
损程度不一致的状态, 表现为组织缺损区域周围伴

[收稿日期] 2018-12-12; **[修回日期]** 2019-03-22

[基金项目] 北京大学口腔医学院科研基金 (PKUSS20130203)

[作者简介] 张润荃, 主治医师, 学士, E-mail: rq_zhang@139.com

[通信作者] 赵晓一, 副主任医师, 博士, E-mail: xiaoyi_zhao@bjmu.edu.cn

有白斑或黄斑样脱矿。在去除病损组织时,为了减少损失健康牙体组织,临床医师探索性地将渗透树脂与前牙美学树脂联合应用于前牙龋病的治疗中,获得了良好的临床效果^[3]。

复合树脂颜色的长期稳定性,是临床评价树脂修复体使用寿命的一个重要标准。了解渗透树脂与前牙美学树脂颜色稳定性的差异,将有利于指导临床医师在治疗中对不同树脂联合应用时的把握和控制,提高临床疗效,获得更好的美学效果。本研究通过比较饮料色素对不同树脂的着色效果,探讨渗透树脂与前牙美学树脂颜色稳定性的差异。

1 材料和方法

1.1 实验材料

选择3种临床常用的前牙美学树脂与渗透树脂(Icon,德国DMG公司)进行比较。前牙美学树脂包括一种微混合填料树脂(Filtek Z250,美国3M

ESPE公司),一种纳米填料树脂(Filtek Z350 XT,美国3M ESPE公司),以及一种流动树脂(Beautiful Flow Plus F00,日本Shofu公司)。实验中前牙美学树脂均选择A3色。根据生产厂家所提供的材料信息,4种树脂材料的成分见表1。

1.2 样本制备

1.2.1 人工早期龋样本的制备 选择新鲜拔除的完整人第三磨牙20颗(本研究经北京大学口腔医院生物医学伦理委员会批准),切取牙冠,将颊面作为工作面,包埋于环氧树脂中。将包埋后的牙冠用碳化硅砂纸序列打磨,在其表面暴露约3 mm×3 mm釉质区作为实验区域。将釉质样本浸泡于人工龋脱矿液中脱矿2 d,制备人工早期龋样本。人工龋脱矿液^[4]的成分如下:每1 L脱矿液含有2.2 mmol·L⁻¹ Ca(NO₃)₂、2.2 mmol·L⁻¹ KH₂PO₄、50 mmol·L⁻¹ CH₃COOH、5.0 mmol·L⁻¹ NaN₃、0.5 mg·L⁻¹ NaF, pH=4.5。脱矿液保存在37 ℃恒温箱中,每天检测其pH值。釉质样本脱矿后可见明显的早期龋白斑样改变。

表 1 4种树脂材料的主要成分

Fig 1 Composition of four resin materials

实验树脂	生产厂家	有机基质	填料及其直径	填料质量比/体积比(%)
Icon	德国DMG公司	TEGDMA	-	-
Filtek Z250	美国3M ESPE公司	Bis-GMA; UDMA; Bis-EMA	氧化锆/二氧化硅(0.01~3.5 μm)	82/60
Filtek Z350XT	美国3M ESPE公司	Bis-GMA; UDMA; TEGDMA; PEGDMA; Bis-EMA	二氧化硅(20 nm); 氧化锆(4~11 nm); 二氧化硅/氧化锆颗粒团聚体(20 nm及4~11 nm)	78.5/63.3
Beautiful Flow Plus F00	日本Shofu公司	Bis-GMA; TEGDMA	氟铝硼硅酸盐玻璃和Al ₂ O ₃ (0.01~4.0 μm)	67.3/47.0

注:TEGDMA:二甲基丙烯酸三甘醇酯(triethylene glycol dimethacrylate); Bis-GMA:双酚A二缩水甘油基甲基丙烯酸酯(Bis-phenol A di-glycidyl methacrylate); UDMA:聚氨酯二甲基丙烯酸酯(urethane dimethacrylate); Bis-EMA:甲基丙烯酸双酚A二缩水甘油基乙氧基酯(Bis-phenol A di-glycidyl ethoxylate methacrylate); PEGDMA:聚乙二醇二甲基丙烯酸酯(polyethylene glycol dimethacrylate)。

1.2.2 渗透树脂处理人工早期龋样本 对人工早期龋样本进行Icon渗透树脂处理,具体处理方法如下:应用35%磷酸酸蚀病损区域牙面5 s^[5],三用枪加压冲洗30 s,Icon干燥剂作用30 s,吹干,Icon渗透树脂处理牙面3 min,光照40 s,Icon渗透树脂再次作用牙面1 min,光照40 s,树脂表面抛光。采用Sof-Lex细(fine)及超细(super-fine)抛光碟(3M ESPE公司,美国)抛光各20 s,抛光后的样本储存于蒸馏水中24 h。

1.2.3 前牙美学树脂样本的制备 利用金属模板,制备直径6 mm、厚度2 mm的圆形树脂样本,每种前牙树脂样本各20例。树脂样本每面光照20 s(总共照射40 s)。采用Sof-Lex抛光碟中的粗(course)及中

(middle)型号进行打磨,细(fine)及超细(super-fine)型号进行抛光,并储存于蒸馏水中24 h。

1.3 样本分组及染色

将人工早期龋渗透树脂处理样本及前牙美学树脂样本随机分为2组,每组各10例。组1:咖啡溶液浸泡。75 g速溶咖啡溶于750 mL沸水中制备咖啡溶液,静置至室温。将人工早期龋渗透树脂处理样本及前牙美学树脂样本浸泡于咖啡溶液中,咖啡溶液每日更换。组2:蒸馏水浸泡。将各样本浸泡于蒸馏水中,每日更换。

1.4 颜色测定

应用Crystaleye分光光度计(Olympus公司,日本)对样本的颜色进行分析。测量均在白色

背景下进行。表面颜色测定选取的时间点为：基线（t0），浸泡1周（t1），浸泡2周（t2），以及浸泡3周（t3）。测量时，流水轻轻冲洗样本表面30 s，用吸水纸干燥样本表面。每个时间点分别测量3次，取平均值作为测量结果。各个样本浸泡后颜色（t1、t2、t3）与基线颜色（t0）之间的色差用 ΔE 表示，其计算公式为 $\Delta E=[(\Delta L^*)^2+(\Delta a^*)^2+(\Delta b^*)^2]^{1/2}$ 。当颜色差异 ΔE 大于1.74，被认为是视觉可感知的色差；当 ΔE 大于3.48，被认为是临床不可接受的色差^[6]。

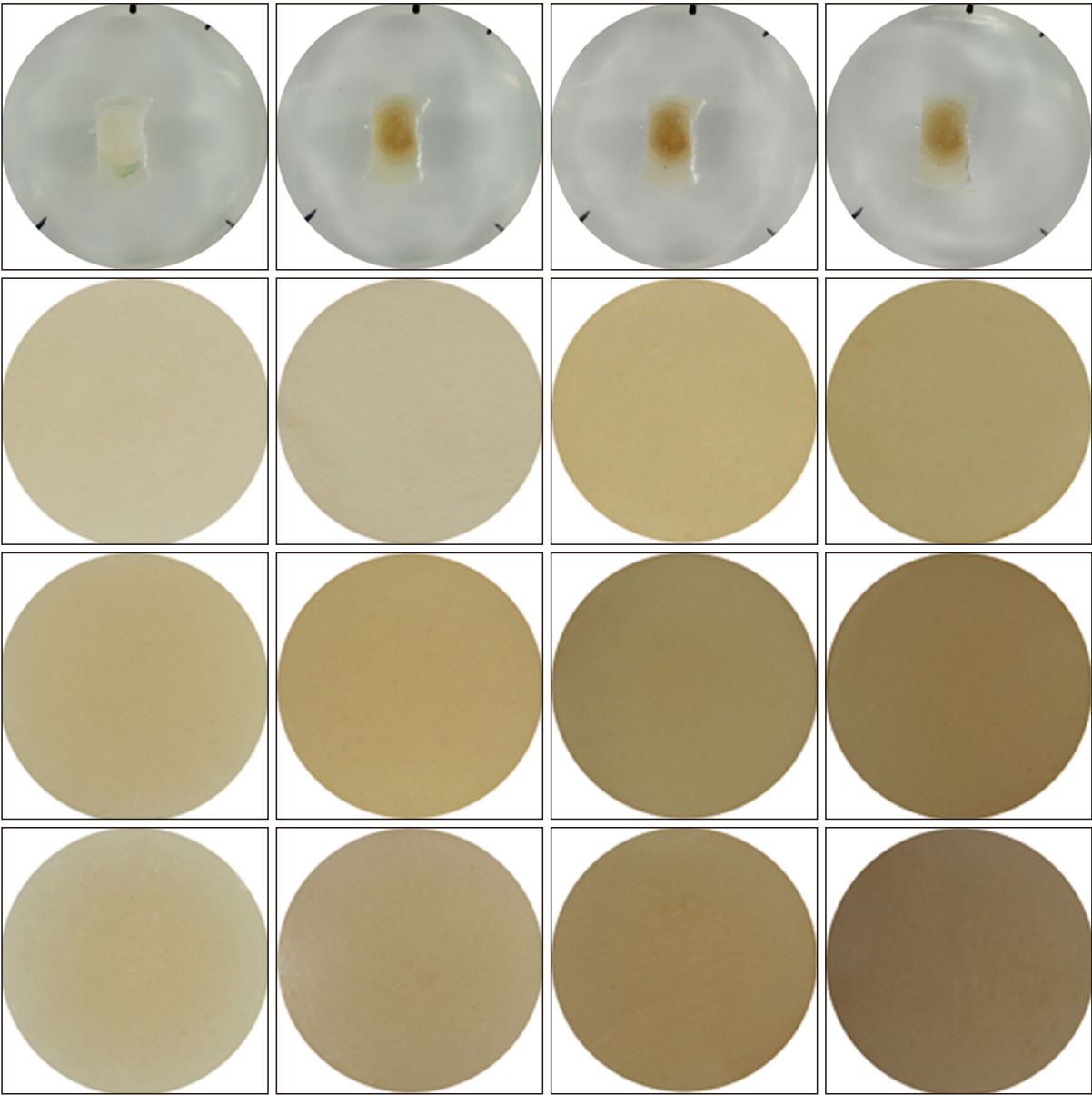
1.5 统计学分析

统计学分析应用 IBM SPSS Statistics 20软件

（IBM公司，美国）进行。组间差异应用方差分析进行分析，检验水准为双侧 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

各组样本经咖啡溶液浸泡后的肉眼观察见图1，经咖啡溶液（组1）及蒸馏水（组2）浸泡后各时间点的颜色变化（与基线颜色相比）见表2。分析图1和表2可见，咖啡溶液能够使所有实验树脂材料显著着色（图1）。



从上到下依次为Icon、Filtek Z250、Filtek Z350XT、Beautiful Flow Plus F00；从左到右依次为基线和咖啡溶液浸泡1、2、3周。

图 1 各组树脂经咖啡溶液浸泡后的颜色变化

Fig 1 Color change of different groups after soaking in coffee solution

浸泡1周后，所有的实验树脂均出现可视的颜色改变（ $\Delta E>1.74$ ）；除了Filteck Z250树脂外，其余的

树脂表面着色在浸泡第1周均超过临床可以接受范围（ $\Delta E>3.48$ ）。Filteck Z250树脂在咖啡溶液浸泡第2

周出现超过临床可接受范围的着色 ($\Delta E > 3.48$)。人工早期龋渗透树脂处理样本的表面着色明显高于其他前牙美学树脂 ($P < 0.05$)。所有的实验树脂样本表面着色均随时间延长而增加,但发生于第1周的着色最为显著,明显高于第2周以及第3周的着色变化 ($P < 0.05$)。蒸馏水浸泡后,各实验树脂表面均出现颜色变化,且各组树脂颜色变化随浸泡时间延长而增加,但其颜色变化程度明显小于咖啡浸泡后的颜色变化 ($P < 0.05$)。

表 2 各组树脂颜色较基线值的色差 ΔE

Tab 2 The chromatic aberration ΔE of different groups comparing with baseline

实验树脂	分组	1周	2周	3周
Icon	组1	11.8±3.5	13.1±3.8	14.4±4.1
	组2	1.7±0.4	2.6±0.4	3.1±0.3
Filtek Z250	组1	3.1±0.5	3.9±0.6	4.5±0.7
	组2	0.8±0.2	1.2±0.2	1.7±0.3
Filtek Z350XT	组1	3.8±0.5	4.9±0.7	5.8±0.4
	组2	1.2±0.3	1.7±0.4	2.1±0.4
Beautiful Flow Plus F00	组1	4.0±1.1	5.5±1.2	6.3±1.1
	组2	0.8±0.1	1.2±0.2	1.8±0.2

3 讨论

根据本研究的结果,经染色饮料浸泡后,人工早期龋渗透树脂处理的样本较前牙美学树脂更易发生颜色改变。

造成复合树脂颜色改变的原因,一方面是由于基质及填料内在因素引起的材料化学结构变化所导致,另一方面是由于外源性色素的吸附及附着等外在因素所造成^[7]。其中,吸附或者附着机制造成的外源性着色是导致复合树脂在口腔内发生颜色改变的主要原因。这种颜色的变化,受到多种因素的影响。例如基质成分的化学活性和吸水性,患者的日常饮食习惯,以及充填体本身的表面粗糙度等都会影响复合树脂美学效果。

由于丙烯酸酯聚合物具有吸水活性,能够造成树脂基质成分软化,因此能够降低树脂对着色的抵抗能力^[8]。一方面,树脂基质吸收水分时,溶解在水中的色素也同时被吸附进入树脂内;另一方面,树脂基质吸水能够使复合树脂膨胀,形成微隙。当色素进入到这些存在于基质和填料之间,或者基质与釉质之间的微隙中,就会造成复合树脂着色^[9]。Icon渗透树脂的主要成分是TEGDMA,该单体的相对分子质量较小,是一种低黏性、高流动性的单体,

能有效渗透进入多孔状的结构当中^[10];但TEGDMA的吸水性明显高于其他丙烯酸酯单体,如Bis-GMA和UDMA。从本研究结果可以看出,经渗透树脂处理的人工早期龋表面,咖啡溶液浸泡后着色程度明显高于其他前牙美学树脂。其部分原因可能就是由于渗透树脂中高达89.1%的TEGDMA成分的影响而造成的。

此外,本研究还发现,Filtek Z350XT和Beautiful Flow Plus F00经咖啡溶液浸泡后颜色变化程度高于Filtek Z250,其原因也可能与树脂基质中含有TEGDMA成分有关。

除了材料本身的影响,还能明显影响复合树脂外源性着色的另一重要因素是修复体最终修整完成后的表面粗糙度。无论修复体的位置和形态如何,最终的表面抛光都将是影响修复体美学效果及使用寿命的决定性步骤^[11]。在本实验中,为了模拟临床情况,选择了以氧化铝作为抛光颗粒的Sof-Lex抛光系统。

许多学者对渗透树脂处理早期釉质龋的表面粗糙度进行了广泛的研究。Mueller等^[12]研究发现,渗透树脂处理后的表面在未抛光的情况下,表面粗糙度为(230.9±138.3) nm,而抛光后表面粗糙度为(257.2±126.1) nm,均远远高于正常釉质的表面粗糙度(55.7±12.7) nm,且抛光表面与未抛光表面的表面粗糙度无明显差异。Ulrich等^[13]对恒牙ICDAS II (International Caries Detection and Assessment System, code 2)自然龋的渗透树脂治疗后表面粗糙度进行了研究,结果发现,渗透树脂处理早期釉质龋后其表面粗糙度为(2.59±0.89) μm ,明显高于未经处理的早期釉质龋表面(1.33±0.76) μm 。上述研究结果均说明,渗透树脂虽然能封闭早期龋病损体部的微孔结构,但由于去除了早期龋的表层硬化层,造成处理后表面粗糙度增加。

渗透树脂处理后的早期龋表面,表面粗糙度无法达到通常所界定的能够控制菌斑附着的修复体表面粗糙度0.2 μm 的要求。增大的表面粗糙度在相当程度上直接决定了渗透树脂处理后表面对外源性色素的敏感性,造成渗透树脂较其他前牙美学树脂在相同的条件下更易着色。这种由于表面粗糙而造成的附着性色素沉积,多发生于接触色素的早期,并能够被再次抛光所改善。

本研究结果证实,经渗透树脂处理的早期釉质龋,咖啡溶液浸泡后表面着色明显高于其他前牙美学树脂。因此,在渗透树脂临床应用,应考虑口腔内各种食物色素对渗透树脂的影响,采用序列精细抛光提高抛光效果,定期复诊增加抛光频率,加

强口腔卫生宣教,进行刷牙及饮食指导等方法,可以提高渗透树脂的临床治疗效果。

[参考文献]

- [1] Paris S, Meyer-Lueckel H. Infiltrants inhibit progression of natural caries lesions *in vitro*[J]. J Dent Res, 2010, 89(11): 1276-1280.
- [2] Meyer-Lueckel H, Bitter K, Paris S. Randomized controlled clinical trial on proximal caries infiltration: three-year follow-up[J]. Caries Res, 2012, 46(6): 544-548.
- [3] Torres C, Borges A. Color masking of developmental enamel defects: a case series[J]. Oper Dent, 2015, 40(1): 25-33.
- [4] 隋小玲, 刘源, 杨燃, 等. 奥乐V护牙剂对早期釉质龋再矿化作用的研究[J]. 华西口腔医学杂志, 2013, 31(2): 141-144, 149.
- Sui XL, Liu Y, Yang R, et al. Effect of OHOLV on the remineralization of early enamel caries[J]. West China J Stomatol, 2013, 31(2): 141-144, 149.
- [5] Gray GB, Shellis P. Infiltration of resin into white spot caries-like lesions of enamel: an *in vitro* study[J]. Eur J Prosthodont Restor Dent, 2002, 10(1): 27-32.
- [6] Ghinea R, Pérez MM, Herrera LJ, et al. Color difference thresholds in dental ceramics[J]. J Dent, 2010, 38(Suppl 2): e57-e64.
- [7] Yew HZ, Berekally TL, Richards LC. A laboratory investigation of colour changes in two contemporary resin composites on exposure to spices[J]. Aust Dent J, 2013, 58(4): 468-477.
- [8] Shah MB, Ferracane JL, Kruzic JJ. R-curve behavior and toughening mechanisms of resin-based dental composites: effects of hydration and post-cure heat treatment[J]. Dent Mater, 2009, 25(6): 760-770.
- [9] Mair LH. Staining of *in vivo* subsurface degradation in dental composites with silver nitrate[J]. J Dent Res, 1991, 70(3): 215-220.
- [10] Paris S, Hopfenmuller W, Meyer-Lueckel H. Resin infiltration of caries lesions: an efficacy randomized trial[J]. J Dent Res, 2010, 89(8): 823-826.
- [11] Venturini D, Cenci MS, Demarco FF, et al. Effect of polishing techniques and time on surface roughness, hardness and microleakage of resin composite restorations[J]. Oper Dent, 2006, 31(1): 11-17.
- [12] Mueller J, Yang F, Neumann K, et al. Surface tridimensional topography analysis of materials and finishing procedures after resinous infiltration of subsurface bovine enamel lesions [J]. Quintessence Int, 2011, 42(2): 135-147.
- [13] Ulrich I, Mueller J, Wolgin M, et al. Tridimensional surface roughness analysis after resin infiltration of (deproteinized) natural subsurface carious lesions[J]. Clin Oral Investig, 2015, 19(6): 1473-1483.

(本文编辑 吴爱华)

华西口腔医院医疗诊疗与操作常规系列丛书出版发行

华西口腔医院医疗诊疗与操作常规系列丛书由四川大学华西口腔医院专家团队编著出版,总主编为周学东教授,丛书包括以下分册:《牙体牙髓科诊疗与操作常规》、《牙周科诊疗与操作常规》、《口腔黏膜科诊疗与操作常规》、《口腔修复科诊疗与操作常规》、《口腔种植科诊疗与操作常规》、《口腔正畸科诊疗与操作常规》、《儿童口腔科诊疗与操作常规》、《口腔中医科诊疗与操作常规》、《口腔外科诊疗与操作常规》、《唇腭裂外科诊疗与操作常规》、《口腔颌面-头颈肿瘤外科诊疗与操作常规》、《口腔颌面创伤整形与美容外科诊疗与操作常规》、《正颌及关节外科诊疗与操作常规》、《口腔影像科诊疗与操作常规》、《口腔麻醉科诊疗与操作常规》、《口腔护理诊疗与操作常规》、《口腔急诊诊疗与操作常规》。

丛书特点:1)理论结合实际,既包括基础知识,又有现代高新技术;2)内容编排更贴近临床应用,理论分析深入浅出,工作流程清晰,操作步骤明确;3)体系完整,各分册既独立成书,又交叉协同,对临床上开展多学科会诊、多专业联动也有较强的指导性;4)内容周详,重点突出,文笔流畅;5)既能作为教材系统学习,又能作为工具书查阅,还能作为临床管理工具运用,具有非常强的可阅读性和可操作性。