

复合树脂预热的研究现状和临床应用

薛晶 杨璧娜

口腔疾病研究国家重点实验室 国家口腔疾病临床医学研究中心

四川大学华西口腔医院牙体牙髓病科, 成都 610041

[摘要] 复合树脂作为临床常用牙科充填材料存在耐磨性差、聚合收缩大和牙本质边缘适应性不佳等问题。近年有研究发现预热可以改善复合树脂的性能, 本文就预热复合树脂对其单体转化率、边缘微渗漏、机械性能以及牙髓的影响等方面进行探讨, 以供临床参考。

[关键词] 复合树脂; 预热; 机械性能

[中图分类号] R 783.1 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2019.06.001



开放科学 (资源服务)
标识码 (OSID)

Effect of preheating on the properties of resin composite Xue Jing, Yang Bina. (State Key Laboratory of Oral Diseases & National Clinical Research Center for Oral Diseases & Dept. of Cariology and Endodontics, West China Hospital of Stomatology, Sichuan University, Chengdu 610041, China)

Correspondence: Xue Jing, E-mail: jing_xue_scu@163.com.

[Abstract] Resin composite, which is commonly used as a dental filling material, has some problems, such as poor wear resistance, polymerization shrinkage, and poor dentin marginal adaptability. Preheating of resin composite improves its properties. This paper reviewed the effects of resin composite preheating on its monomer conversion, marginal microleakage, mechanical properties, and irritation on dental pulp.

[Key words] resin composite; preheating; mechanical property

复合树脂与银汞合金等传统的修复材料相比, 具有美观性能佳、可操作性强、理化性能优等特点。但是, 临床常用的含有双甲基丙烯酸酯基类的复合树脂, 其固化过程发生聚合反应的同时总伴有不同程度的体积收缩 (2.7%~7.1%)^[1], 产生的应力可能导致粘接失败和一些其他不利的临床后果, 如釉质断裂、修复材料的微裂纹以及复合树脂和窝洞壁之间的间隙, 这可能导致继发龋和术后敏感, 从而影响远期充填修复效果。

临床常用的复合树脂为光固化树脂, 含光固化引发体系, 由光敏剂和促进剂组成。光固化复合树脂的聚合反应是通过光敏剂在一定波长的照射下分解成自由基, 自由基成为活性中心, 与单体作用并引发其形成新的自由基, 继而发生链式反应, 引发树脂基质和稀释剂聚合固化。近年来有研究^[2-3]发现, 预热树脂可降低树脂黏稠度、增加自由基的动度、增加未反应活性基团和自由基的碰撞频率, 从

而提高转化率。复合树脂单体转化率提高, 机械性能也会随之增加。复合树脂预热后由于分子运动增强, 膜厚明显降低, 流动性增强, 可提高材料与窝洞的适应性, 提高树脂与牙体组织之间的封闭性。另一方面, 虽然预热树脂可以增强其边缘适应性, 单体转化率亦提高, 但聚合收缩也随之增大, 会对微渗漏产生不利影响^[4]。因此, 研究预热对复合树脂的影响对其临床应用有重要指导意义。

1 复合树脂预热的固化机制

复合树脂聚合反应形成高度交联的网络, 在聚合物链之间具有共价键。光聚合后, 转化率和交联密度迅速增加, 形成无限网络, 导致系统黏度迅速增加, 从黏性液体到弹性凝胶为第一次变化, 称为凝胶化^[5]。

在凝胶点, 迁移率限制主要会影响位于大分子 (生长聚合物链) 上的自由基, 而小单体分子仍然可以容易地扩散。因此, 双分子终止显著减少, 而新的聚合延伸中心仍然可通过引发产生。因此, 自

[收稿日期] 2019-05-20; **[修回日期]** 2019-09-06

[作者简介] 薛晶, 副主任医师, 博士, E-mail: jing_xue_scu@163.com

[通信作者] 薛晶, 副主任医师, 博士, E-mail: jing_xue_scu@163.com

由基浓度增加,会导致聚合速率的快速增加(R_p , 每秒换算的双键分数,代表反应速度),称为自动加速^[6]。

随着反应的进行,黏度变得很高,即使对于单体分子也会限制扩散,导致自动加速的显著降低。这相当于第二次状态变化,从凝胶状到玻璃状,或玻璃化^[7]。玻璃化可防止任何进一步的广泛聚合反应,这解释了为什么即使在最佳照射条件下单体转化率也不能达到100%。

预热过程中由于温度升高,玻璃化过程推迟。因此,在较高的固化温度下,最终的单体转化率会提高,因为在玻璃化转变温度达到聚合反应温度之前,材料仍可以进一步聚合^[8]。

2 预热对复合树脂颜色的影响

复合树脂的颜色由下列因素决定:1)复合树脂的光吸收和内散射特性;2)复合树脂的厚度;3)背景材料的光反射性能。复合树脂的颜色是受内在或外在等多因素原因影响而变化的。

Mundim等^[9]研究预热对Tetric N Ceram纳米复合树脂转化率的影响,结果表明,尽管转化率有所提高,但预热对复合树脂的光学性能没有影响。而Abed Kahnemouei等^[10]研究发现,在40次预热循环后评估颜色变化,检测到有显著差异,但不清楚20和40次循环之间是否存在差异。从研究结果可见,重复的预热循环对复合树脂的颜色稳定性有负面影响,使用时建议避免反复加热树脂。

3 预热对复合树脂单体转化率的影响

光引发的双甲基丙烯酸酯基材料的聚合过程表现出双键转化不完全,留下相当大比例的未反应的甲基丙烯酸酯基团^[11]。该反应有自限性,因为随着反应进行,树脂黏度增加以及形成高度交联的聚合物网络导致自由基迁移率的急剧下降。而未聚合的残留单体对复合树脂的机械性能以及生物安全性均有直接影响,残留单体越多,复合树脂的机械强度越低,对牙髓的刺激性越大^[12-13]。

Daronch等^[14]发现,在光固化之前,预热复合树脂可以明显升高树脂样本顶部和底部表面的转化率。同时发现,预热后的复合树脂可以用更短的曝光时间实现等效转换,即减少50%至75%的曝光时间,仍然可以达到相同或更高的转化率。曝光量减少会形成更少的自由基,但温度的升高降低了复合树脂的黏度并增强了自由基的迁移率,从而导致额

外的聚合反应和更高的转化率^[15-16]。

在体外实验中证实,预加热的复合树脂在取用的转移过程中可能会使温度迅速下降,从而降低效果^[7]。但即使预热到54℃的复合树脂迅速冷却(可能会降到30℃或40℃),与室温下的复合树脂获得的效果相比,仍然有更高的转化率。如果复合树脂冷却至40℃,实验发现,通过10 s的曝光时间也可能比22℃下20 s曝光时间的复合树脂获得更高的转化率。体内实验中,无论所用的光源或复合树脂材料如何,在54.5℃的中等预热温度下光固化与室温下光固化相比有更高的即时和最终转化率^[17]。

4 预热对复合树脂流动性(成膜厚度)的影响

黏弹性材料如复合树脂在温度升高时黏度降低,流动性增加,在Rueggeburg的一项研究中,当树脂加热到54℃时,成膜厚度降低了30%。

室温下常规复合树脂的成膜厚度各不相同。预热常规复合树脂会使某些产品的成膜厚度降低,但并非所有预热产品的厚度都会减少。在加热装置的温度范围内,预热的常规复合树脂都不能达到与室温的流动树脂一样低的成膜厚度值。因此,预热的常规复合树脂不能替代流动树脂的应用。

实验发现,除SureFil和Filtek A110两种树脂外,加热会导致其他产品的成膜厚度显著降低,表示每种材料在54℃和60℃相对于其室温时的成膜厚度减少。基于这些观察结果,da Costa等^[18]推测临床上加热时复合材料的流动性会增加,并且成膜厚度会减少。

5 预热对复合树脂充填体边缘微渗漏的影响

复合树脂的聚合性收缩是导致边缘微渗漏的主要原因。复合树脂光固化后与粘接剂层形成良好的粘接,但由于复合树脂的聚合收缩有可能使粘接剂脱离牙体组织面,特别是破坏牙本质与粘接剂的粘接层,因此会导致复合树脂与牙体组织界面形成间隙。边缘微渗漏可能会导致充填后牙齿敏感,边缘着色,甚至引起继发龋和修复体的松动脱落等。Tantbirojn等^[19]发现,来自复合树脂的聚合收缩产生的应力可以使牙体组织或修复体发生形变,从而导致粘接失败,严重影响树脂充填修复的远期疗效。

复合树脂的聚合收缩和流动性是树脂修复体周围间隙形成的重要决定因素。与常用复合树脂相比,流动复合树脂通过减少填料含量和改变基质化学成分降低其黏度,使树脂更好地适应洞壁,但流动复

合树脂的聚合收缩率也较高。目前临床常用的复合树脂增加了填料含量,提高了机械性能,更加坚固耐用,然而材料本身的黏稠度也随之增高,流动性降低,边缘封闭能力也因此受到影响。

有研究^[16,20]发现,预热可增加复合树脂的流动性。Blalock等^[21]发现,通过预热复合树脂的方法,可以降低复合树脂黏稠度,提高复合树脂流动性,从而减少微渗漏。复合树脂在加热时黏稠度降低,其理论基础是热振动迫使树脂单体或低聚物进一步分开,使它们相互之间更容易滑动。预热复合树脂提高了复合树脂的流动性,增加了树脂与洞壁的适应性和树脂的边缘封闭性,从而减小了微渗漏。研究^[22]同时发现,预热复合树脂对于减少牙颈部边缘的微渗漏更明显。

在光固化之前就预热复合树脂时,单体转化率随着温度的升高而显著增加。但是,由于转化程度的提高,降低了高度交联的聚合物中的黏性流动和分子流动性,增加了收缩应力。聚合过程中产生的热量以及聚合物基体和填料之间的热膨胀系数不匹配会导致填料—基体界面产生应力,从而在填料周围产生内部“环向”应力^[2]。随着温度的升高,残余应力也大大增加。

6 预热对光固化复合树脂应力、固化深度的影响

研究发现,标准的2 mm厚度复合树脂在预热到40℃时相比室温(22℃)下的光固化时间可以缩短一半,并且不会影响其硬度特性。因此临床上通过预热复合树脂可以提高材料的固化深度,并将固化时间缩短50%^[23]。

对等温聚合的体外研究表明,当复合材料固化发生在室温以上时,转化程度显著提高,聚合速率和最大固化转化率也有所提高^[14]。然而,研究^[24-25]表明,提高聚合速率和转化率会增加聚合应力的发展。

在非等温条件下,当复合树脂最初在60℃下预热时,最大和最终应力值均显著高于室温下的复合树脂材料(均为 $P<0.05$)。当在聚合反应之前提高复合树脂温度时,系统黏度降低,导致额外的单体转化,并因此导致更高的聚合应力。

7 预热对复合树脂机械性能的影响

复合树脂充分光固化是获得良好机械性能的重要条件。光固化不全会导致复合树脂耐磨性差、牙髓细胞毒性增加^[26-27],充填体折裂及边缘破坏机会

增加^[28-29],硬度下降^[30-31],动态弹性模量减小^[32]等。研究表明,对于给定的单体组成,其聚合物的转化程度与几乎所有的物理性能和生物学特性之间有显著相关性。在基于双甲基丙烯酸酯的牙科修复树脂材料中,残余的甲基丙烯酸酯基团已证实与硬度降低^[12,33-35]、耐磨性改变^[29]、强度变化^[33,35]、颜色稳定性、断裂韧性和耐磨损性有关^[29]。研究^[21]发现,预热树脂可以提高树脂单体转化率和固化效率,影响其硬度、耐磨性等机械性能。

7.1 对复合树脂硬度的影响

Asmussen^[36]和Ferracane^[12]发现复合树脂表面硬度增加与树脂单体转化率增加之间存在相关性。随着复合树脂温度升高,无论用于材料聚合固化的光如何,样品的表面和底部的显微硬度都增加^[37]。室温(24℃)或冷却(5℃)环境下固化不会显著影响复合树脂表面或底部的显微硬度,预热树脂可以显著提高其表面硬度^[38]。研究^[14,39-40]发现,聚合反应的增加可能会使机械性能改善。

预热后光固化的复合树脂表面显微硬度和抗压强度均高于常温光固化复合树脂,这可能与预热后温度升高、系统黏度降低、自由基的浓度增加以及聚合和单体转化率升高有关^[16]。因此,通过使用预热后的复合树脂充填窝洞,可以提高充填物的表面硬度。

7.2 对复合树脂耐磨性的影响

复合树脂的耐磨性主要与填料的数量、大小、基质以及基质与填料间的黏合度有关^[41]。其中一个主要问题是适应性(窝洞内部和边缘)以及复合树脂与窝洞边缘的密封性。当放置和成形复合树脂时,因为膏体的高黏度导致临床医生常常难以将材料充分适应于预备好的窝洞。与银汞合金不同,高填料的复合树脂不能通过使用较大的充填力量来减少孔隙率或增强其适应性。有研究^[20]发现,可以通过预热复合树脂的方法提高复合树脂的流动性,使复合树脂更好地适应窝洞。随着温度的增加,自由基和增长的聚合物链流动性更强,这是由于降低黏度并且在更大程度上反应,导致更完全的聚合反应和更大的交联。有研究^[29]表明,通过提高牙科复合树脂转化程度可以提高其耐磨性。因此,临床上对于较小、较深的窝洞,可以通过对复合树脂预热来提高操作性及与窝洞的适合性和密封性。

7.3 对复合树脂黏弹性的影响

Mesquita等^[42]研究发现,复合树脂的黏弹性随着测试温度的升高而变化,与其化学成分和结构以及游离单体含量、内部塑化、水吸附和固化程度等有很大关系。尽管弹性模量下降并且黏性模量和损

耗角正切增加,但在口腔温度范围内没有观察到相变。因此,复合树脂在其临床应用中不会发生其机械性能的突然变化。

基于这些发现,可以说光固化的牙科复合树脂修复体在最初的几小时和几天内将包含一部分未固化的材料。然而,由于摄入热的食物和饮料,或者由于正常口腔温度和较高温度诱导,未反应的单体数量将随时间减少。换言之,复合树脂将在口腔温度作用下固化完全。这些结果的临床意义在于牙科树脂在初始光固化和口腔温度下聚合后将继续变硬,这会对复合树脂修复效果产生正面和负面影响,例如具有更大的刚性和额外的微渗漏。

7.4 对复合树脂总体机械性能的影响

Freedman等^[43]指出,预热复合树脂的使用将缩短聚合时间并提高转化率,提高最终修复体的物理性能。Lovell等^[16]发现增加复合树脂的单体转化率可以提高表面硬度、弯曲强度和弯曲模量、断裂韧性、径向拉伸强度和耐磨性。然而,机械性能非常依赖于树脂聚合物网络的形成,这不简单等同于转化率^[12]。网络形成发生在聚合物链增长过程中,并且包括线性、交联和缠结的互相贯穿链段的混合物,其整体决定了材料的性质。交联密度与增加的机械性能和稳定性有关。即使具有相似转化率的聚合物也可能具有不同的交联密度^[44]。因此,转化率本身不能作为复合树脂修复效果的预测指标。

复合树脂预热后流动性增加,黏性增加,给操作也会带来不便。由于在充填时,树脂材料黏附器械,会导致气泡排除困难,这可能是预热后复合树脂影响其机械性能的原因之一^[45]。

7.5 重复加热对复合树脂机械性能的影响

Daronch等^[46]研究测试了3种不同的商业复合树脂材料类型,发现重复加热或延长预加热时间都不影响复合树脂的单体转化率,其结果与室温条件下的一致。这表明复合树脂可聚合组分在加热时不会损失,在不同的加热处理过程中单体也没有发生任何降解,密封的树脂单体暴露于这种热条件下不会降低它们的聚合能力。因此,临床使用中重复加热对复合树脂的机械性能没有明显影响。

8 预热复合树脂对牙髓的影响

预热后复合树脂置入牙体窝洞时,会引起牙髓内温度变化。有研究^[47]表明,牙髓能耐受升高的温度在10℃以内,但临床上不推荐将复合树脂加热到60℃以上,因为当牙髓温度升高5.5℃时,可能会发生牙髓不可逆性损伤。

Freedman等^[43]发现,将54.5℃的复合树脂放置到残留1 mm厚牙本质的牙齿时,牙髓内温度仅增加了1.6℃。Rueggeberg等^[48]发现,当复合树脂加热至60℃时,牙髓内温度平均增加7.9℃。其他体外研究^[49-50]显示通过延长高强度光固化灯的聚合时间导致牙髓损伤的风险更高。而且在临床使用情况下,当复合树脂材料被预热时,复合树脂的温度可能影响牙髓组织的温度,但在从注射管挤出到放入牙体窝洞内之间有时间延迟,复合树脂温度可发生显著下降^[46]。Daronch等^[51]发现,在类似的修复阶段,室温或预热的复合树脂材料之间的牙髓内温度没有显著差异。因此,临床上预热复合树脂时建议不要超过60℃,以免刺激牙髓。

综上所述,临床上通过将复合树脂子弹装或注射管放置和存储到加热装置中来完成预热,常用的加热器是美国AdDent公司的Calset热辅助装置。在使用复合树脂前10 min将注射管放入加热器中,温度设定根据应用情况不同,常规的复合树脂堆塑成形建议设置温度为39~45℃,利用复合树脂做间接修复粘接或正畸托槽粘接建议设置温度为55~60℃。在一定温度范围内预热复合树脂有增加树脂的流动性、提高单体转化率、降低边缘微渗漏等作用。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

[参考文献]

- [1] González López S, Sanz Chinesta MV, Ceballos García L, et al. Influence of cavity type and size of composite restorations on cuspal flexure[J]. Med Oral Patol Oral Cir Bucal, 2006, 11(6): E536-E540.
- [2] Prasanna N, Pallavi Reddy Y, Kavitha S, et al. Degree of conversion and residual stress of preheated and room-temperature composites[J]. Indian J Dent Res, 2007, 18(4): 173-176.
- [3] Lucey S, Lynch CD, Ray NJ, et al. Effect of pre-heating on the viscosity and microhardness of a resin composite[J]. J Oral Rehabil, 2010, 37(4): 278-282.
- [4] Deb S, Di Silvio L, Mackler HE, et al. Pre-warming of dental composites[J]. Dent Mater, 2011, 27(4): E51-E59.
- [5] Cramer NB, Stansbury JW, Bowman CN. Recent advances and developments in composite dental restorative materials[J]. J Dent Res, 2011, 90(4): 402-416.
- [6] Anseth KS, Newman SM, Bowman CN. Polymeric dental composites: properties and reaction behavior of multi-methacrylate dental restorations[M]//Peppas NA, Langer RS. Biopolymers. Heidelberg: Springer, 1995: 177-217.

- [7] Lovell LG, Stansbury JW, Syrpes DC, et al. Effects of composition and reactivity on the reaction kinetics of dimethacrylate/dimethacrylate copolymerizations[J]. *Macromol*, 1999, 32(12): 3913-3921.
- [8] Cook WD, Simon GP, Burchill PJ, et al. Curing kinetics and thermal properties of vinyl ester resins[J]. *J Appl Polym Sci*, 1997, 64(4): 769-781.
- [9] Mundim FM, Garcia Lda F, Cruvinel DR, et al. Color stability, opacity and degree of conversion of pre-heated composites[J]. *J Dent*, 2011, 39(Suppl 1): e25-e29.
- [10] Abed Kahnamouei M, Gholizadeh S, Rikhtegaran S, et al. Effect of preheat repetition on color stability of methacrylate- and silorane-based composite resins[J]. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 2017, 11(4): 222-228.
- [11] Cook WD, Beech DR, Tyas MJ. Resin-based restorative materials—a review[J]. *Aust Dent J*, 1984, 29(5): 291-295.
- [12] Ferracane JL. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins[J]. *Dent mater*, 1985, 1(1): 11-14.
- [13] Watts DC. Kinetic mechanism of visible-light-cured resins and resin-composites[J]. *Trans Acad Dent Mater*, 1992, 5: 80-112.
- [14] Daronch M, Rueggeberg FA, De Goes MF. Monomer conversion of pre-heated composite[J]. *J Dent Res*, 2005, 84(7): 663-667.
- [15] Nie J, Lindén LA, Rabek JF, et al. A reappraisal of the photopolymerization kinetics of triethyleneglycol dimethacrylate initiated by camphorquinone-N, N-dimethyl-p-toluidine for dental purposes[J]. *Acta Polym*, 1998, 49(4): 145-161.
- [16] Lovell LG, Lu H, Elliott JE, et al. The effect of cure rate on the mechanical properties of dental resins[J]. *Dent Mater*, 2001, 17(6): 504-511.
- [17] Trujillo M, Newman SM, Stansbury JW. Use of near-IR to monitor the influence of external heating on dental composite photopolymerization[J]. *Dent Mater*, 2004, 20(8): 766-777.
- [18] da Costa J, McPharlin R, Hilton T, et al. Effect of heat on the flow of commercial composites[J]. *Am J Dent*, 2009, 22(2): 92-96.
- [19] Tanbirojn D, Versluis A, Pintado MR, et al. Tooth deformation patterns in molars after composite restoration[J]. *Dent Mater*, 2004, 20(6): 535-542.
- [20] Peutzfeldt A, Asmussen E. Determinants of *in vitro* gap formation of resin composites[J]. *J Dent*, 2004, 32(2): 109-115.
- [21] Blalock JS, Holmes RG, Rueggeberg FA. Effect of temperature on unpolymerized composite resin film thickness[J]. *J Prosthet Dent*, 2006, 96(6): 424-432.
- [22] Wagner WC, Asku MN, Neme AL, et al. Effect of pre-heating resin composite on restoration microleakage[J]. *Oper Dent*, 2008, 33(1): 72-78.
- [23] Bortolotto T, Krejci I. The effect of temperature on hardness of a light-curing composite[J]. *J Dent Res*, 2003, 82 (Special IssueA).
- [24] Braga RR, Ferracane JL. Contraction stress related to degree of conversion and reaction kinetics[J]. *J Dent Res*, 2002, 81(2): 114-118.
- [25] Lu H, Stansbury JW, Bowman CN. Impact of curing protocol on conversion and shrinkage stress[J]. *J Dent Res*, 2005, 84(9): 822-826.
- [26] Franz A, König F, Anglmayer M, et al. Cytotoxic effects of packable and nonpackable dental composites[J]. *Dent Mater*, 2003, 19(5): 382-392.
- [27] Chen RS, Lului CC, Tseng WY, et al. The effect of curing light intensity on the cytotoxicity of a dentin-bonding agent [J]. *Oper Dent*, 2001, 26(5): 505-510.
- [28] St-Georges AJ, Swift EJ Jr, Thompson JY, et al. Curing light intensity effects on wear resistance of two resin composites[J]. *Oper Dent*, 2002, 27(4): 410-417.
- [29] Ferracane JL, Mitchem JC, Condon JR, et al. Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure[J]. *J Dent Res*, 1997, 76(8): 1508-1516.
- [30] Price RB, Derand T, Loney RW, et al. Effect of light source and specimen thickness on the surface hardness of resin composite[J]. *Am J Dent*, 2002, 15(1): 47-53.
- [31] Sobrinho LC, Goes MF, Consani S, et al. Correlation between light intensity and exposure time on the hardness of composite resin[J]. *J Mater Sci Mater Med*, 2000, 11(6): 361-364.
- [32] Harris JS, Jacobsen PH, O'Doherty DM. The effect of curing light intensity and test temperature on the dynamic mechanical properties of two polymer composites[J]. *J Oral Rehabil*, 1999, 26(8): 635-639.
- [33] Asmussen E. Restorative resins: hardness and strength vs. quantity of remaining double bonds[J]. *Scand J Oral Sci*, 1982, 90(6): 484-489.
- [34] Ferracane JL, Greener EH. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical-properties of dental restorative resins[J]. *J Biomed Mater Res*, 1986, 20 (1): 121-131.
- [35] Baharav H, Brosh T, Pilo R, et al. Effect of irradiation time on tensile properties of stiffness and strength of composites

- [J]. J Prosthet Dent, 1997, 77(5): 471-474.
- [36] Asmussen E. Factors affecting the quantity of remaining double-bonds in restorative resin polymers[J]. Scand J Dent Res, 1982, 90(6): 490-496.
- [37] Awliya WY. The influence of temperature on the efficacy of polymerization of composite resin[J]. J Contemp Dent Pract, 2007, 8(6): 9-16.
- [38] Caneppele T, Torres C, Borges A, et al. Influence of pre-cure temperature on Vickers microhardness of resin composite[J]. Int J Contemp Dent, 2011, 2(3): 41-45.
- [39] Bagis YH, Rueggeberg FA. Effect of post-cure temperature and heat duration on monomer conversion of photo-activated dental resin composite[J]. Dent Mater, 1997, 13(4): 228-232.
- [40] Daronch M, Rueggeberg FA, De Goes MF, et al. Polymerization kinetics of pre-heated composite[J]. J Dent Res, 2006, 85(1): 38-43.
- [41] Heintze SD, Zellweger G, Cavalleri A, et al. Influence of the antagonist material on the wear of different composites using two different wear simulation methods[J]. Dent Mater, 2006, 22(2): 166-175.
- [42] Mesquita RV, Geis-Gerstorf J. Influence of temperature on the visco-elastic properties of direct and indirect dental composite resins[J]. Dent Mater, 2008, 24(5): 623-632.
- [43] Freedman G, Krejci I. Warming up to composites[J]. Compend Contin Educ Dent, 2004, 25(5): 371-378.
- [44] Peutzfeldt A. Investigations on polymer structure of dental resinous materials[J]. Trans Acad Dent Mater, 2004, 18: 81-104.
- [45] Fróes-Salgado NR, Silva LM, Kawano Y, et al. Composite pre-heating: effects on marginal adaptation, degree of conversion and mechanical properties[J]. Dent Mater, 2010, 26(9): 908-914.
- [46] Daronch M, Rueggeberg FA, Moss L, et al. Clinically relevant issues related to preheating composites[J]. J Esthet Restor Dent, 2006, 18(6): 340-350.
- [47] Zach L, Cohen G. Pulp response to externally applied heat[J]. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 1965, 19(4): 515-530.
- [48] Rueggeberg FA, Daronch M, Browning WD, et al. *In vivo* temperature measurement of pre-heated resin composite[J]. J Dent Res, 2005, 84(Special Issue A).
- [49] Cobb DS, Dederich DN, Gardner TV. *In vitro* temperature change at the dentin/pulpal interface by using conventional visible light versus argon laser[J]. Lasers Surg Med, 2000, 26(4): 386-397.
- [50] Bouillaguet S, Caillot G, Forchelet J, et al. Thermal risks from LED- and high-intensity QTH-curing units during polymerization of dental resins[J]. J Biomed Mater Res B Appl Biomater, 2005, 72(2): 260-267.
- [51] Daronch M, Rueggeberg FA, Hall G, et al. Effect of composite temperature on *in vitro* intrapulpal temperature rise[J]. Dent Mater, 2007, 23(10): 1283-1288.

(本文编辑 杜冰)

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,又包括现代高新技术;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。