

大块充填树脂的临床应用影响因素

薛晶

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] 大块充填树脂与传统复合树脂相比有操作简单, 低聚合收缩, 微渗漏减少等优势。但在临床应用中受很多因素影响, 如材料本身性能、光照因素、充填方法、储存条件、热处理等。本文将就大块充填树脂的定义及分类、临床应用适应证、性能、临床应用影响因素等方面进行阐述和讨论, 为大块充填树脂的临床应用提供参考。

[关键词] 大块充填树脂; 复合树脂; 光固化; 聚合收缩

[中图分类号] R 781.05 **[文献标志码]** A **[doi]** 10.7518/hxkq.2020.03.001



开放科学(资源服务)
标识码(OSID)

Factors influencing clinical application of bulk-fill composite resin Xue Jing. (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] Bulk-fill composite resin are simple to operate, and they reduce polymerization shrinkage and microleakage compare to traditional resin-based composites. However, their clinical application could be affected by numerous factors, such as the material itself, light curing, placement techniques, storage condition, and preheating. This review aimed to summarize the definitions, classifications, indications, clinical properties, and influencing factors of the clinical application of bulk-fill resin-based composites and discuss the ways to improve their clinical effectiveness.

[Key words] bulk-fill composite resin; composite resin; light cure; polymerization shrinkage

在过去的几十年中, 复合树脂材料在临床上已经逐步成为主流, 得到了广泛的应用。随着复合树脂材料性能的不断改善, 复合树脂材料已经具有与银汞合金材料相似的临床成功率以及临床寿命, 并逐步取代银汞合金成为了牙体直接充填修复的主要材料^[1-2]。尽管复合树脂材料有很大优势, 但固化深度不足和聚合收缩仍然是其主要缺点。由于固化深度不足, 每次充填厚度不可超过2 mm, 对于较深较大缺损的修复来说十分复杂耗时^[3]。为了简化牙体修复步骤, 提高修复治疗效率, 减少椅旁时间, 各大牙科材料制造商开始开发大块充填树脂, 这种树脂可在聚合过程中产生较低的收缩应力, 增加固化深度, 缩短修复治疗的过程, 并提高修复治疗的效

果。本文就大块充填树脂的定义及分类、临床应用适应证、材料性能以及临床应用影响因素等方面进行讨论, 为大块充填树脂的临床应用提供参考。

1 大块充填树脂的定义及分类

大块充填树脂是临床上使用的一种可以一次性充填4~5 mm厚度, 且可一次固化的新型复合树脂材料^[4]。根据机械性能的不同, 大块充填树脂可以分为高黏型和低黏型。高黏型大块充填树脂机械性能较好, 流动性较差; 低黏型大块充填树脂流动性较好, 机械性能较差, 需要添加表面覆盖层来增加机械性能。表面覆盖层的增加可能使操作时间增加, 但为美学效果和使用调整提供了更多选择^[5-6]。根据固化方式的不同, 大块充填树脂可分为光固化型和双固化型。光固化型大块充填树脂完全由光照引发树脂聚合反应; 双固化型大块充填树脂利用光固化和化学固化2种方式引发聚合反应, 可以提高材料

[收稿日期] 2019-12-22; **[修回日期]** 2020-04-02

[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

的转化率,改善材料的机械性能。

2 大块充填树脂的临床应用适应证

大块充填树脂的充填和固化深度可超过4 mm^[7],因此主要用于较深窝洞(>3 mm)的修复,尤其适用于后牙的修复以及根管治疗后的牙体充填修复^[5]。而传统复合树脂主要用于较浅窝洞(≤2 mm)或较深窝洞分层(每层≤2 mm)的充填修复。

3 大块充填树脂的特点与优势

与银汞合金相比,大块充填树脂有较好的美学性能。使用大块充填树脂修复时,牙体预备较保守,可以减少对正常牙体组织的磨除,牙体预备通常仅限于龋坏的区域,龋坏的窝洞修整成一定的洞型即可,降低了牙体预备时的技术敏感性,也可以降低患者金属过敏的风险。传统复合树脂通常需分层充填,不同树脂层之间可能存在气泡,同时分层充填需要较长的时间完成。而大块充填树脂单次充填厚度的增加,可以减少牙尖变形、聚合收缩和收缩应力,增加牙体抗折裂性^[8],同时缩短椅旁操作时间,降低技术敏感性,提升操作效率,减轻患者的不适。此外,由于单层充填厚度增加,充填层数减少,大块充填树脂修复的微渗漏也比传统复合树脂材料修复明显更少^[9-10]。这避免了由于树脂材料微渗漏导致的术后敏感、继发龋等。

4 大块充填树脂的性能

在临床应用时,大块充填树脂的性能包括机械性能、转化率、聚合收缩、收缩应力、固化深度、美学性能以及生物学性能等。

4.1 机械性能

充填修复的重要作用之一为恢复患牙的咀嚼功能,因此大块充填树脂的机械性能十分重要,是衡量其临床应用性能的重要因素^[11]。大块充填树脂的机械性能包括硬度、强度、蠕变、弹性模量、黏弹性、弯曲性能等。机械性能应当尽量与牙体硬组织相同或相近,以便在受力时能与牙齿硬组织同步形变,减少修复体-牙体界面应力,以延长材料的使用寿命。复合树脂的机械性能与无机填料含量有关,填料比例越高,机械性能越好,目前临床上使用的各种大块充填树脂填料比例各不相同,对于低黏型大块充填树脂(填料比例64%~75%),建议用于充填窝洞内层,外层使用传统复合树脂覆盖,以获得

较好的机械性能;对于高黏型大块充填树脂(填料比例74%~87%)则可以同时充填内层和外层。

4.2 转化率

转化率对于复合树脂材料的机械性能以及生物相容性有重要影响^[12]。硬度、强度、溶解度都与单体的转化率有关。转化率的下降可能导致机械性能的降低和单体的增加^[13]。转化率通常取决于材料本身,可以随着不透明填料含量的增加而降低^[12]。研究^[14]表明,大块充填树脂的转化率与传统复合树脂相似。

4.3 聚合收缩

在进行大块充填树脂充填时,面临的一个重要问题是聚合收缩和聚合收缩引起材料固化过程中产生的收缩应力。收缩应变和应力间有强相关性^[15]。基于二甲基丙烯酸酯复合材料的聚合伴随着显著的体积收缩,由于共价键的形成导致单体分子之间距离的减小,因此在聚合过程中出现体积收缩,导致材料收缩应力的增加^[16]。聚合收缩以及收缩应力的增加可能影响修复体的边缘密合性,形成边缘微渗漏,导致继发龋的产生。树脂光固化过程中出现的聚合收缩与树脂材料性能和充填技术有关。另外,粘接强度过大也会造成牙尖的移位和釉质的微裂形成。

4.4 固化深度

固化深度是复合树脂的重要性能之一,是指临床充填的复合树脂仅在一定深度内可以聚合完全,固化深度常取决于材料的透光性^[17]。如果复合树脂固化深度不足,底部树脂的单体可能转化不足,从而导致术后敏感、边缘微渗漏和继发龋等。为了使复合树脂材料充分聚合,传统复合树脂通常需分层充填和固化。对于大块充填树脂,通过添加樟脑醌以外的光引发剂并对引发剂体系进行改性,使其充填厚度可以达到4 mm及以上,同时具有较低的收缩应力。在实际应用时,固化深度可随着复合树脂颜色和半透明度的改变而改变,半透明度越低,色调越深,固化深度越小^[5]。临床使用时,根据材料的使用说明,充填和固化厚度不超过其最大厚度值,目前市面上的大块充填树脂的充填和聚合最大厚度为4~6 mm,建议操作时不超过4 mm厚度以保证材料充分固化。

4.5 美学性能

在使用大块充填树脂修复牙体组织时,颜色的选择及稳定性、材料的透明度等都可能影响修复效果。由于大块充填树脂的填料含量较低,与传统混合填料的复合树脂相比,它们的美观性能较差,耐磨性较低,表面粗糙度增加,抛光性能较差。此外,

大块充填树脂的颜色也较少,通常为单一颜色或仅几种颜色可选,且大块充填树脂为了使光透照更深,较传统树脂相比更具半透性,因此,适合于中低美学要求的修复,对于高美学要求的修复,建议将大块充填树脂用于内层,外层使用传统复合树脂修复,以获得更好的颜色和抛光特性。

4.6 生物学性能

许多关于毒性和生物相容性的研究表明,树脂材料释放的一些成分可能具有细胞毒性、致突变性^[18]、致癌性、致畸形及遗传毒性等,这些成分可能会损害树脂材料的生物学性能。生物相容性好的材料与活组织共存而不会造成伤害。而非生物相容性或细胞有毒性的修复材料会引起短期和长期的不良组织反应,从术后敏感到不可逆转的牙髓损伤。目前市场上的大块充填树脂具有与传统复合树脂相近的生物相容性和细胞毒性。

5 大块充填树脂的临床应用影响因素

5.1 材料性能

大块充填树脂材料的选择可能对临床应用产生最主要的影响,如材料成分和填料负荷对大块充填树脂的机械性能产生主要影响^[4,19]。大块充填树脂材料的最大蠕变应变与填料负荷之间存在着显著的负相关性,即填料负荷增加,蠕变应变减小^[20]。大块充填树脂材料的转化率和维氏硬度值同样主要由材料本身决定^[3],无机填料的比例对大块充填树脂的维氏硬度有重要影响^[21]。

大块充填树脂的吸水性和溶解性取决于材料本身特性,并且受到填料负荷、性质以及树脂基质性质(如亲水性)的显著影响^[21]。以双酚A-甲基丙烯酸缩水甘油酯(bisphenol A-glycidyl methacrylate, BisGMA)和氨基甲酸酯二甲基丙烯酸酯-双酚A-甲基丙烯酸缩水甘油酯(urethane dimethacrylate-bisphenol A-glycidyl methacrylate, UDMA-BisGMA)为基质的树脂比以BisGMA为基质的树脂更加疏水,溶解性更低^[21-22]。

材料性能对大块充填树脂的聚合收缩和转化率也有很大的影响。一般来说,大块充填树脂通过用强效的光引发体系以及增加半透明性来提高固化深度^[20,23]。由于半透明性与填料负荷相关^[24],较低的填料负荷导致较高的透光性,从而使聚合效率更高。半透明度是影响深部固化效率的主要因素^[25]。因此半透明度高的材料聚合深度以及深部的聚合度更高。若复合树脂聚合不充分可能导致材料的机械性能、生物学性能等下降。低黏度的大块充填树脂材

料比高黏度的材料表现出更高的聚合收缩和更低的模量^[26]。然而大块充填树脂聚合过程中透光率的变化并不会影响材料的固化深度和聚合转化率,但在较深层中聚合较慢。

在大多数情况下,可流动性大块充填树脂显示出比修复性大块充填树脂更差的机械性能以及更高的转化率^[27]。修复性大块充填树脂在剪切模量和弯曲模量以及抗蠕变性方面与传统复合树脂相似,但固化效率没有达到大多数流动性大块充填树脂的水平^[27]。

大块充填树脂材料性能对颜色稳定性起着决定性作用。大块充填树脂具有不同的光学性能,大块充填树脂比传统的复合树脂材料更容易变色。复合树脂在聚合过程中的颜色变化一般与其具有较高漫反射的倾向有关,这是由于单体转化为聚合物时树脂相的折射率增加所致。樟脑醌的颜色变化会导致聚合后变色和折射率的变化。复合树脂基质的组成和填料颗粒的类型和大小也影响着复合树脂的颜色稳定性。在复合树脂聚合后,大块充填树脂的颜色变化较为显著^[28]。树脂基质的组成及填料的种类和尺寸影响了大块充填树脂的颜色稳定性,树脂基质可能是大块充填树脂变色的决定性因素^[28]。所有树脂组成性质,如树脂单体的化学差异、活化剂、引发剂和抑制剂的浓度和/或类型,以及未反应单体的氧化,都会影响复合树脂的变色潜力。树脂单体的亲水性和吸水率有助于颜色稳定性,吸水率较高的树脂比疏水树脂的变色程度更大。另一方面,在树脂聚合的过程中,常有未聚合的单体残留物和添加剂释放到口腔环境中,导致大块充填树脂的生物学性能下降。所有大块充填树脂在任何时间段内都有残余单体产生,且洗脱单体的量随着时间的增加而增加^[13]。尽管充填厚度增加,但是大块充填树脂的单体洗脱与传统复合树脂相当^[29]。因此在临床工作中使用大块充填树脂比色应慎重,通过未聚合的复合树脂颜色作为修复的最终颜色可能会误导临床医生,导致聚合后出现颜色不匹配的情况。

5.2 光照对大块充填树脂材料的影响

光固化时间对大块充填树脂的聚合性能(如转化率、显微硬度、聚合收缩、收缩应力等)有显著影响。为使大块充填树脂材料充分聚合,光固化装置必须具备3个特性:足够的光强输出、适宜的光波长范围和充分的光照时间^[30]。光照时间较短(10 s)时,大块充填树脂的转化率和显微硬度较低^[31]。随着光照时间的延长,大块充填树脂的转化率和显微硬度均升高^[31],因此,延长光固化时间对聚合收缩以及收缩应力有积极影响^[32]。研究^[31-32]发现,大块

充填树脂的光照时间最好不少于30 s。光照波长、光照面积等也可影响大块充填树脂的聚合性能,如使用较宽的光固化灯引导头以及向材料整个表面照射均匀的辐照度和波长的光,可使大块充填树脂材料的聚合性能更好^[33]。

Daugherty等^[34]研究了3个相关但独立的基本光固化因素:辐照曝光、辐照度和光照时间对大块充填树脂固化深度和聚合度的影响。在高辐照曝光的条件下,大块充填树脂的固化深度和聚合度更多地取决于材料本身。通常,辐照曝光越高,固化深度或聚合度的变化速率越快。但在高辐照曝光下,大块充填树脂固化深度和聚合度的变化速率随着时间的增加趋于平稳。因此,用高辐照度加短/超短曝光时间固化的大块充填树脂可能不能提供足够的固化深度和聚合度。通过低辐照度和长光照时间可使大块充填树脂产生最大的固化深度,并产生较低的聚合收缩及获得较高的硬度,即更好的机械性能^[35]。同时,均匀的光照可以改善大块充填树脂的机械性能^[19],从而改善大块充填树脂的临床应用效果。因此,可通过影响光照的辐照度来影响树脂材料的临床性能。Ilie等^[36]比较了3种光固化模式:标准功率模式、高功率模式、等离子体模式的最大平均辐照度。发现等离子模式光照的平均辐照度最大,高功率模式次之,标准功率模式的平均辐照度最小。而中等辐照度有利于大块充填树脂材料的机械性能和固化深度。因此,在大块充填树脂进行光固化时,建议选择标准功率、中等辐照度和延长光照时间的模式,以获得最佳的树脂性能。

5.3 充填方式

大块充填树脂的充填方式可以分为大块充填、分层充填以及混合充填等。大块充填是指一次充填4 mm或以上大块充填树脂,一次性固化。分层充填是指仍按传统复合树脂的分层充填方式,每次不超过2 mm厚度分次充填。混合充填是指在可流动大块充填树脂上层加盖一层传统复合树脂^[27,37],完成充填。

与修复性大块充填树脂相比,可流动大块充填树脂+咬合面覆盖传统树脂的修复方式的平均总牙尖偏转以及伴随的颈部微渗漏评分明显降低^[37]。因此,可以通过覆盖传统复合树脂来降低大块充填树脂的微渗漏。

充填厚度对大块充填树脂的生物学性能有一定影响。Rothmund等^[38]对大块充填树脂材料洗脱成分的研究显示,与2 mm厚度相比,4、6 mm厚度的大块充填树脂材料的一些洗脱成分更多。这可能导致大块充填树脂释放的单体更多,生物学性能更差。

因此应遵循制造商说明,不能随意增加充填厚度。

研究^[39]发现,不论使用何种充填方式,大块充填树脂材料的转化率都比传统分层充填的转化率更低。而无论用任何充填方式,大块充填树脂材料的微渗漏与分层充填相比都没有明显差别。大块充填树脂充填后的边缘完整性也不受充填方式的影响^[40]。

与传统分层修复相比,大块充填修复的牙尖偏转明显更低^[9]或与其相似^[41]。Politi等^[9]发现,与传统的Ⅱ类洞修复技术相比,当采用改进的大块充填修复方式时,树脂材料的微渗漏显著降低。而Rengo等^[10]研究发现,大块充填树脂材料在Ⅱ类洞修复时表现出的边缘微渗漏与传统分层技术相似。总之,通过大块充填方式获得的时间节省和操作简化不会对界面封闭质量产生负面影响。

然而,分层充填的传统复合树脂比大块充填树脂显示出更高的维氏硬度值^[3]。并且随着厚度的增加,大块充填树脂的转化率显著降低^[31],而充填厚度的增加对大块充填树脂的显微硬度和牙本质粘接强度均无明显影响^[42]。

总之,充填方式对大块充填树脂的临床应用影响较小,体现了大块充填树脂技术敏感性低,效率高,便于操作的优点。

5.4 储存条件和外界环境对大块充填树脂的影响

储存条件会对大块充填树脂的物理、机械性能产生影响^[43]。大块充填树脂材料的蠕变随着储存湿度的增加而增加。El-Safty等^[20]将大块充填树脂材料在干燥环境和水中保存24 h后测试蠕变应变。研究的所有材料在湿性实验中的蠕变应变、永久变形都高于干性实验,蠕变恢复都低于干性实验。Papadogiannis等^[27]在研究大块充填树脂在不同条件下的黏弹性和蠕变行为时发现,温度升高和水的存在都会使大块充填树脂的剪切模量和弯曲模量下降。外界环境对大块充填树脂也会影响,Borges等^[43]使用酸性饮料(巴西莓果汁、红酒和可口可乐)测量了其对大块充填树脂表面形貌和机械性能的影响。在测试中,所有大块充填树脂的表面形貌参数在酸性饮料作用后都显著增加,并且可口可乐增加最多;所有大块充填树脂的弹性模量、维氏硬度和径向拉伸强度均显著降低。这表明酸性饮料对传统复合树脂和大块充填树脂的物理和机械性能都会产生负面影响。Eweis等^[44]研究了食物模拟液体对大块充填树脂黏弹性以及弯曲性能(包括弯曲强度和模量)的影响,发现影响的主要因素在于材料和条件介质。因此在使用大块充填树脂时应注意严格隔湿,以免唾液污染导致树脂性能的降低。在比较大块充填树脂在水和人工唾液中储存1年后吸水性的试验中,没有

发现水和人工唾液的明显区别,因此唾液环境不会影响大块充填树脂的吸水性^[22]。同时,龋损也不会影响大块充填树脂的生物学行为^[45]。但在临床充填时仍应注意去除所有龋坏组织,以免继发龋的产生导致修复失败。

复合树脂接触环境还可影响大块充填树脂的颜色稳定性^[28,43]。Barutçigil等^[28,46]比较了在蒸馏水、红酒和咖啡中,大块充填树脂的颜色改变。他们发现在蒸馏水中,少部分大块充填树脂的颜色有明显变化;而在红酒和咖啡中,测试的所有大块充填树脂都产生了明显的颜色变化,并且颜色的改变随着时间的增加而增加。

因此,储存大块充填树脂时应尽量避免潮湿的环境,使用大块充填树脂进行充填修复时,应该注意树脂材料固化前后的颜色变化。对有频繁饮用咖啡、红酒、饮料等习惯的患者,应注意材料染色的风险。在充填修复时应充分隔湿,以避免龋变变形导致的微渗漏和继发龋。

5.5 热处理

在充填前的热处理可能会提升大块充填树脂的临床性能。Villacís等^[47]评估了热处理对大块充填树脂弯曲强度的影响,发现热处理可以增加大块充填树脂的弯曲强度。Warmling等^[48]发现对大块充填树脂预热会对材料底部的显微硬度产生积极影响。Tauböck等^[49]研究发现预热可显著提高某些大块充填树脂的转化率,经过预热的材料产生的收缩应力显著低于室温下的材料。因此,临床使用中,如果有条件,可以对大块充填树脂预热后使用,提高其性能。

6 大块充填树脂的发展前景与展望

大块充填树脂在临床操作上有着明显的优势,一次可充填4 mm及以下的深度不仅能明显减少椅旁操作时间,提高操作效率,而且可降低树脂材料的聚合收缩,减少微渗漏,明显减少继发龋的产生,从而提高复合树脂充填修复的成功率。同时,大块充填树脂表现出了良好的耐久性^[50]。

然而,在机械性能等方面,与传统复合树脂材料相比,大块充填树脂仍存在一些不足。在受力较大的后牙,大块充填树脂填充后有时仍需使用传统复合树脂覆盖,来提高树脂材料的机械性能,防止树脂材料折裂,边缘间隙的形成等^[27,37]。同时,在美学性能方面,大块充填树脂目前仍不够理想,大块充填树脂材料比传统复合树脂材料更易变色,且颜色改变随着时间的增加而增加^[28],目前可供选择的颜色也有限,不能满足高美学要求的患者。

未来大块充填树脂的发展应着力改善材料的机械性能,同时保证材料的聚合性能、美学性能、生物学性能等,全面提升大块充填树脂的临床效果,有望逐渐替代传统复合树脂材料,实现真正的一次充填、固化。研发出集简便、美观、使用寿命长、临床性能佳、生物安全性强于一身的新型大块充填树脂。

致谢:四川大学华西口腔医院蓝健元同学在本文文献检索和撰写中给予了帮助,特此感谢!

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

[参考文献]

- [1] Lempel E, Tóth Á, Fábrián T, et al. Retrospective evaluation of posterior direct composite restorations: 10-year findings [J]. Dent Mater, 2015, 31(2): 115-122.
- [2] Borgia E, Baron R, Borgia JL. Quality and survival of direct light-activated composite resin restorations in posterior teeth: a 5- to 20-year retrospective longitudinal study[J]. J Prosthodont, 2019, 28(1): e195-e203.
- [3] Abed YA, Sabry HA, Alrobeigy NA. Degree of conversion and surface hardness of bulk-fill composite versus incremental-fill composite[J]. Tanta Dent J, 2015, 12(2): 71-80.
- [4] Ilie N, Kessler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites[J]. J Dent, 2013, 41(8): 695-702.
- [5] Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, et al. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review[J]. Br Dent J, 2017, 222(5): 337-344.
- [6] Ilie N. Impact of light transmittance mode on polymerisation kinetics in bulk-fill resin-based composites[J]. J Dent, 2017, 63: 51-59.
- [7] Finan L, Palin WM, Moskwa N, et al. The influence of irradiation potential on the degree of conversion and mechanical properties of two bulk-fill flowable RBC base materials[J]. Dent Mater, 2013, 29(8): 906-912.
- [8] Rosatto CM, Bicalho AA, Verissimo C, et al. Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique[J]. J Dent, 2015, 43(12): 1519-1528.
- [9] Politi I, McHugh LEJ, Al-Fodeh RS, et al. Modification of the restoration protocol for resin-based composite (RBC) restoratives (conventional and bulk fill) on cuspal movement and microleakage score in molar teeth[J]. Dent Mater, 2018, 34(9): 1271-1277.

- [10] Rengo C, Spagnuolo G, Ametrano G, et al. Marginal leakage of bulk fill composites in Class II restorations: a microCT and digital microscope analysis[J]. *Int J Adhesion Adhesives*, 2015, 60: 123-129.
- [11] Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, et al. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites[J]. *J Dent*, 2014, 42(8): 993-1000.
- [12] Amirouche-Korichi A, Mouzali M, Watts DC. Effects of monomer ratios and highly radiopaque fillers on degree of conversion and shrinkage-strain of dental resin composites [J]. *Dent Mater*, 2009, 25(11): 1411-1418.
- [13] Cebe MA, Cebe F, Cengiz MF, et al. Elution of monomer from different bulk fill dental composite resins[J]. *Dent Mater*, 2015, 31(7): e141-e149.
- [14] Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Degree of conversion of bulk-fill compared to conventional resin-composites at two time intervals[J]. *Dent Mater*, 2013, 29(9): e213-e217.
- [15] Jang JH, Park SH, Hwang IN. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin[J]. *Oper Dent*, 2015, 40(2): 172-180.
- [16] El-Damanhoury HM, Platt J. Polymerization shrinkage stress kinetics and related properties of bulk-fill resin composites [J]. *Oper Dent*, 2014, 39(4): 374-382.
- [17] Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites[J]. *Dent Mater*, 2014, 30(2): 149-154.
- [18] Schweikl H, Schmalz G. Triethylene glycol dimethacrylate induces large deletions in the hprt gene of V79 cells[J]. *Mutat Res*, 1999, 438(1): 71-78.
- [19] Issa Y, Watts DC, Boyd D, et al. Effect of curing light emission spectrum on the nanohardness and elastic modulus of two bulk-fill resin composites[J]. *Denta Mater*, 2016, 32(4): 535-550.
- [20] El-Safty S, Silikas N, Watts DC. Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement [J]. *Dent Mater*, 2012, 28(8): 928-935.
- [21] Tekin TH, Kantürk Figen A, Yilmaz Atali P, et al. Full *in-vitro* analyses of new-generation bulk fill dental composites cured by halogen light[J]. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*, 2017, 77: 436-445.
- [22] Alshali RZ, Salim NA, Satterthwaite JD, et al. Long-term sorption and solubility of bulk-fill and conventional resin-composites in water and artificial saliva[J]. *J Dent*, 2015, 43(12): 1511-1518.
- [23] Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, et al. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials[J]. *Dent Mater*, 2012, 28(5): 521-528.
- [24] Lee YK. Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites[J]. *Dent Mater*, 2008, 24(9): 1243-1247.
- [25] Li X, Pongprueksa P, Van Meerbeek B, et al. Curing profile of bulk-fill resin-based composites[J]. *J Dent*, 2015, 43(6): 664-672.
- [26] Kim RJ, Kim YJ, Choi NS, et al. Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites [J]. *J Dent*, 2015, 43(4): 430-439.
- [27] Papadogiannis D, Tolidis K, Gerasimou P, et al. Viscoelastic properties, creep behavior and degree of conversion of bulk fill composite resins[J]. *Dent Mater*, 2015, 31(12): 1533-1541.
- [28] Barutçigil Ç, Barutçigil K, Özarslan MM, et al. Color of bulk-fill composite resin restorative materials[J]. *J Esthet Restor Dent*, 2018, 30(2): E3-E8.
- [29] Alshali RZ, Salim NA, Sung R, et al. Analysis of long-term monomer elution from bulk-fill and conventional resin-composites using high performance liquid chromatography [J]. *Dent Mater*, 2015, 31(12): 1587-1598.
- [30] Knežević A, Tarle Z, Meniga A, et al. Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes[J]. *J Oral Rehabil*, 2001, 28(6): 586-591.
- [31] Tarle Z, Attin T, Marovic D, et al. Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites[J]. *Clin Oral Investig*, 2015, 19(4): 831-840.
- [32] Zorzin J, Maier E, Harre S, et al. Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing[J]. *Dent Mater*, 2015, 31(3): 293-301.
- [33] Shimokawa CAK, Turbino ML, Giannini M, et al. Effect of light curing units on the polymerization of bulk fill resin-based composites[J]. *Dent Mater*, 2018, 34(8): 1211-1221.
- [34] Daugherty MM, Lien W, Mansell MR, et al. Effect of high-intensity curing lights on the polymerization of bulk-fill composites[J]. *Dent Mater*, 2018, 34(10): 1531-1541.
- [35] Besegato JF, Jussiani EI, Andrelo AC, et al. Effect of light-curing protocols on the mechanical behavior of bulk-fill resin composites[J]. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2019, 90: 381-387.
- [36] Ilie N, Stark K. Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites[J]. *J Dent*, 2014, 42(8): 977-985.

- [37] Tomaszewska IM, Kearns JO, Ilie N, et al. Bulk fill restoratives: to cap or not to cap—that is the question[J]. J Dent, 2015, 43(3): 309-316.
- [38] Rothmund L, Reichl FX, Hickel R, et al. Effect of layer thickness on the elution of bulk-fill composite components [J]. Dent Mater, 2017, 33(1): 54-62.
- [39] Habib ANA, Waly GH. The degree of conversion and class II cavity microleakage of different bulk fill composites placed with different restorative techniques[J]. Future Dent J, 2018, 4(2): 231-238.
- [40] Furness A, Tadros MY, Looney SW, et al. Effect of bulk/incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites[J]. J Dent, 2014, 42(4): 439-449.
- [41] Tsujimoto A, Nagura Y, Barkmeier WW, et al. Simulated cuspal deflection and flexural properties of high viscosity bulk-fill and conventional resin composites[J]. J Mech Behav Biomed Mater, 2018, 87: 111-118.
- [42] Flury S, Peutzfeldt A, Lussi A. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites[J]. Dent Mater, 2014, 30(10): 1104-1112.
- [43] Borges MG, Soares CJ, Maia TS, et al. Effect of acidic drinks on shade matching, surface topography, and mechanical properties of conventional and bulk-fill composite resins [J]. J Prosthet Dent, 2019, 121(5): 868.e1-868.e8.
- [44] Eweis AH, Yap AU, Yahya NA. Impact of dietary solvents on flexural properties of bulk-fill composites[J]. Saudi Dent J, 2018, 30(3): 232-239.
- [45] Silva PFD, Oliveira LRS, Braga SSL, et al. Effect of selective carious tissue removal on biomechanical behavior of class II bulk-fill dental composite restorations[J]. Dent Mater, 2018, 34(9): 1289-1298.
- [46] Barutçigil Ç, Barutçigil K, Özarslan MM, et al. Color stability of novel bulk-fill composites[J]. Dent Mater, 2016, 32: e29-e30.
- [47] Villacis IA, Marcelo CC, Rodrigues-Filho LE. Bulk-fill composites: effect of technique and heat-treatment strength [J]. Dent Mater, 2018, 34: e126-e127.
- [48] Warmling PG, Wolff FS, Guerra L, et al. Influence of pre-heating in microhardness of bulk fill composite resins[J]. Dent Mater, 2018, 34: e20-e21.
- [49] Tauböck TT, Tarle Z, Marovic D, et al. Pre-heating of high-viscosity bulk-fill resin composites: effects on shrinkage force and monomer conversion[J]. J Dent, 2015, 43(11): 1358-1364.
- [50] van Dijken JW, Pallesen U. Posterior bulk-filled resin composite restorations: a 5-year randomized controlled clinical study[J]. J Dent, 2016, 51: 29-35.

(本文编辑 杜冰)

《华西口腔医学杂志》投稿须知

1. 文稿包括专家论坛、基础研究、临床研究、专栏论著、调查报告、方法介绍、病例报告等。具体要求详见《华西口腔医学杂志》稿约。
2. 请提供全部作者的中英文单位名称（须具体到科室）。
3. 基金项目须双语注录。
4. 作者在投稿时须注明涉及利益冲突的内容：①与研究工作相关的直接或间接的资金支持，即作者是否接受除工作单位之外任何第三方提供的资金；②在研究内容的直接或间接相关领域内，是否与任何商业机构有利益关系；③是否与研究内容存在非经济利益关系（个人的、职业的、政治的、单位的、宗教的等）。
5. 文后参考文献为中文时须双语著录，中文著录在前，英文著录在后。作者姓名的英译文采用汉语拼音形式表示，姓的首字母大写，名按音节首字母大写的缩写形式。中文刊名使用其刊名的规范英文简称，不能使用汉语拼音名称。
6. 因本刊采用双盲审稿，请在投稿时将所有作者的姓名、学历、职称、联系电话、E-mail、地址、单位信息、利益冲突等内容另页附于正文前。
7. 本刊投稿网址：www.hxkqyxzz.net，从“作者登录”进入，注册后投稿，请勿从其他途径投稿。
8. 本刊官网：www.hxkqyxzz.net；官方微信：[hxkqyxzz](https://www.hxkqyxzz.net)。
9. 本刊不收取审稿费。