

钻针类型对自酸蚀牙本质粘接强度的影响

张玉玮 王文洁 栗 智 李冬雪 伍小臻

摘 要 **目的** 研究 3 种不同类型钻针牙体预备对自酸蚀牙本质粘接强度的影响。**方法** 选用新鲜拔除的人第三磨牙,去除面釉质及浅层牙本质,暴露中层牙本质,制得牙本质平面试件。采用随机数字表法将试件分为 3 组,分别使用牙体预备用金刚砂钻针、磨光用金刚砂钻针和牙体预备用钨钢钻针进行牙本质表面预备,3 种钻针的形态、直径和尖端设计相同。分别使用自酸蚀树脂粘接水门汀和自粘接树脂粘接水门汀进行粘接,测量牙本质粘接强度,观察其断裂模式。**结果** 钨钢钻针组牙本质粘接强度($13.06 \pm 1.35\text{MPa}$)最高,两种金刚砂钻针组之间牙本质粘接强度比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 两种金刚砂钻针比较,钨钢钻针预备的牙本质表面与自酸蚀类树脂粘接水门汀的粘接强度更高。

关键词 牙本质 金刚砂 钨钢 粘接强度

中图分类号 R78 **文献标识码** A **DOI** 10.11969/j.issn.1673-548X.2023.01.028

Effect of Bur Type on Dentin Bond Strength of Self-etching Adhesive Systems. ZHANG Yuwei, WANG Wenjie, LI Zhi, et al. Department of Stomatology, Aerospace Center Hospital, Beijing 100049, China

Abstract Objective To explore the effect of three different types of dental rotary instruments on the immediate bonding strength and the aging adhesive strength of dentin. **Methods** Freshly extracted human third molars with complete dentin crowns were selected by inclusion criteria in this study. The occlusal enamel was removed to expose the surface of middle dentin. The teeth were assigned to three groups according to random number table method: preparation - diamond group, finishing - diamond group and preparation - carbide group. The three rotary burs chosen for the tooth preparations have similar configurations in terms of taper, diameter, and tip shape. The operator prepared the dentin surfaces, and then cement the self-etching resin adhesive cement and the self-adhesive resin cement with the prepared dentin surface respectively, measure the adhesive strength, and observe the fracture mode. **Results** The bonding strength ($13.06 \pm 1.35\text{MPa}$) was the highest in the group of the preparation - carbide group. There was no statistically significant difference between the dentin bonding strength between the preparation - diamond group and the finishing - diamond group ($P > 0.05$). **Conclusion** Compared with the two kinds of diamond burs, the dentin surface prepared by the carbide burs has higher adhesive strength with self-etching resin cements.

Key words Dentin; Diamond; Carbide; Bonding strength

全冠、嵌体等各类固定修复体的最终目标是在修复体和牙体预备体之间建立一个长久的粘接固位。牙体预备的器械对牙本质的表面特性发挥重要作用,进而对修复体的粘接固位产生影响^[1]。随着材料与技术的发展,用于牙体预备的钻针类型越来越多。临床上常用的钻针类型分为钨钢钻针和金刚砂钻针^[2]。当使用钻针进行牙体预备时,牙本质表面通过研磨作用产生粗糙的碎片,形成玷污层^[3]。使用各种仪器预备牙本质表面产生厚度和性质不同的玷污层^[4]。本课题组既往研究证实,比较金刚砂钻针预备牙本质,钨钢钻针预备后的牙本质表面润湿性更

强,观察到更均匀的玷污层和更少的玷污层碎片^[5]。

全酸蚀粘接系统去除玷污层和玷污层碎片,而自酸蚀系统侵蚀性弱,使玷污层部分脱矿并使其残留物并入混合层^[6]。在牙本质自酸蚀粘接系统中,薄的玷污层表面比厚的玷污层表现出了更强的树脂渗透^[7]。自酸蚀粘接的有效性可能受到玷污层的厚度、密度或质量的影响^[8]。因此推测,牙本质自酸蚀粘接强度可能会受到钻针类型的影响。

本研究选择 3 种涡轮钻针在制备的牙本质表面模拟牙体预备,分别测量自酸蚀树脂粘接水门汀和自粘接树脂水门汀与牙本质表面的粘接强度。探讨牙体预备钻针类型对牙本质粘接性能的影响,以期为临床提供参考。

材料与方法

1. 牙本质表面试件制备:离体牙的选择:新鲜拔

基金项目:航天中心医院青年创新基金资助项目(2022QN05)

作者单位:100049 北京,航天中心医院口腔科

通信作者:伍小臻,电子信箱:wuyumo@hotmail.com

除的牙冠完整、无龋坏、无修复体、无明显磨耗及牙本质裂纹的人第三磨牙 30 颗,浸泡于含 0.02% (质量分数)叠氮化钠的 0.9% 氯化钠溶液中 4℃ 保存,拔除后 1 个月内使用。

2. 离体牙的包埋与去釉:将离体牙用红色打样膏(中国上海荣祥齿科材料有限公司)包埋,使用低速精密切割机(Isomet,美国 Buehler 公司),在 25℃ 水冷却下去除釉面釉质,暴露浅层牙本质。

3. 实验分组:采用随机数字表法将 30 颗离体牙试件分为 3 组(表 1):牙体预备用钨钢钻针组、磨光用金刚砂钻针组、牙体预备用金刚砂钻针组,每组各

10 颗(图 1)。同一操作者使用电动手机(Optima MCX-LED,瑞士 Bien-Air 公司),相同转速(150000r/min)、相似轻压力的条件下,沿同一个方向磨除釉面牙本质,重复 20 次,每预备一颗牙使用 1 个新的钻针。预备完成后,将离体牙试件在低速精密切割机下纵切+横切,切得 1mm 厚度的半圆形牙本质片。1 颗离体牙可制得 2 片牙本质试件,分别使用自酸蚀粘接水门汀 Panavia F2.0(日本 Kuraray 公司)或自粘结树脂水门汀 SAC(日本 Kuraray 公司)完成粘接,试件共分为 6 组,每组 10 个试件,具体分组详见表 2。

表 1 牙体预备的钻针类型

钻针类型	描述	型号	制造商
牙体预备用钨钢钻针	16 刃柱状圆头	H881U.314.014	高峰医疗器械(无锡)有限公司
磨光用金刚砂钻针	柱状圆头,颗粒尺寸:47μm	8881.314.014	瑞士康特齿科集团
牙体预备用金刚砂钻针	柱状圆头,颗粒尺寸:107μm	881.314.014	瑞士康特齿科集团

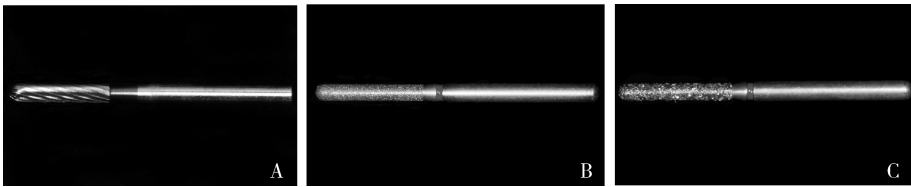


图 1 本研究选择的 3 种钻针

A. 牙体预备用钨钢钻针;B. 磨光用金刚砂钻针;C. 牙体预备用金刚砂钻针

表 2 粘接实验分组(n)

钻针类型	树脂粘接水门汀类型	试件个数
牙体预备用钨钢钻针	Panavia F2.0	10
	SAC	10
磨光用金刚砂钻针	Panavia F2.0	10
	SAC	10
牙体预备用金刚砂钻针	Panavia F2.0	10
	SAC	10

4. 粘接步骤:(1)制作树脂试件:使用 3mm × 5mm 的聚四氟乙烯管制作成内径 3mm、高度 3mm 的模具,将树脂材料(日本 Kuraray 公司)填入聚四氟乙烯模具中压实,并用光固化灯(美国 3M 公司)固化,得到直径 3mm、高度 3mm 的圆柱形树脂试件,其中一端喷砂处理,无水乙醇和去离子水分别超声清洗 5min,气枪吹干备用。(2)自酸蚀树脂水门汀 Panavia F2.0 粘接过程:各取 1 滴 A 液和 B 液在混合调合板上混合,并用小刷头涂布于牙本质面,放置 30s 后吹干,将调合好的复合树脂 A、B 膏涂布于树脂试件的喷砂面,轻轻将树脂试件放在牙本质粘接面上,使牙

本质试件的中心与树脂试件中心相对,再用 1 个 500g 的砝码压在树脂试件上,并让砝码的重心尽可能通过树脂试件的重心。去除多余的水门汀,光固化灯均匀照射 20s。将已经制作好的试件放置于 37℃ 恒温去离子水中保存 24h。(3)自粘接树脂水门汀 SAC 粘接过程:将调合好的复合树脂 A、B 糊剂涂布于树脂试件的喷砂面,轻轻将树脂试件放在牙本质粘接面上,让树脂试件的中心与牙本质试件中心相对,再用 1 个 500g 的砝码慢慢压在树脂试件上,并让砝码的重心尽可能通过树脂试件的重心。去除多余的水门汀,LED 光固化灯均匀照射 20s。将已经制作好的试件放置于 37℃ 恒温去离子水中保存 24h。

5. 剪切粘接强度实验:将试件固定于特制的剪切强度测试夹具上,再将夹具固定于万能力学试验机(日本 Shimadzu 公司)上(图 2),剪切应力的加载速度为 1mm/min,试件断裂的载荷记为最大载荷(F)。剪切粘接强度(shear bond strength, SBS)计算为最大载荷除以树脂试件的横截面积(S): $SBS = F(N)/S(mm^2)$,单位为兆帕(MPa)。

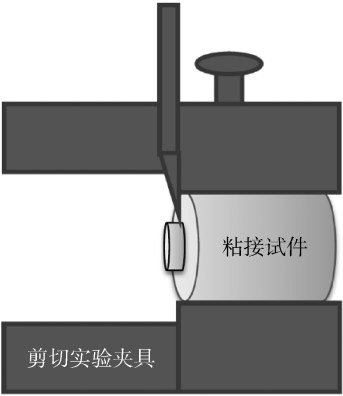


图 2 剪切粘接强度实验模式图

6. 断裂模式观察:使用体视显微镜(日本 Nikon 公司)观察断裂模式。断裂模式有如下 3 类:①粘接断裂:断裂发生在粘接界面;②树脂内聚断裂:断裂发生在复合树脂或粘接树脂内;③混合断裂:断裂部分发生在界面、部分发生在树脂或者牙本质。

7. 统计学方法:应用 SPSS 20.0 统计学软件对数据进行统计分析。计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较采用独立样本 t 检验,多组间比较采用单因素方差分析分别比较钻针类型和粘接水门汀对粘接强度的影响,采用双因素方差分析来比较钻针类型和树脂粘接水门汀双重因素对于粘接强度的影响,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 不同钻针组粘接强度差异:将试件按不同钻针类型分为 3 组,牙体预备用钨钢钻针组的牙本质表面粘接强度为 $13.06 \pm 1.35\text{MPa}$,磨光用金刚砂钻针组的牙本质表面粘接强度为 $10.45 \pm 1.69\text{MPa}$,牙体预备用金刚砂钻针组的牙本质表面粘接强度为 $10.36 \pm 1.35\text{MPa}$ 。经过单因素方差分析,3 组之间整体比较差异有统计学意义($F = 19.63, P < 0.001$)。经组间两两比较,钨钢钻针组的牙本质表面粘接强度与两金刚砂钻针组之间比较差异有统计学意义,但金刚砂两组之间牙本质表面粘接强度比较差异无统计学意义($P > 0.05$),牙体预备用钨钢钻针组的牙本质粘接强度大于磨光用金刚砂钻针组和牙体预备用金刚砂钻针组。

2. 不同树脂粘接水门汀组粘接强度差异:将试件按不同树脂粘接水门汀分为两组,Panavia F2.0 组试件的牙本质表面粘接强度为 $11.48 \pm 2.09\text{MPa}$,SAC 组的牙本质表面粘接强度为 $11.09 \pm 1.75\text{MPa}$ 。经过独立样本 t 检验,两组之间整体比较差异无统计

学意义($t = 0.748, P > 0.05$)。

3. 钻针类型和树脂粘接水门汀双因素分析:6 组牙本质表面粘接强度详见图 3。经过双因素方差分析,不同钻针类型之间粘接强度整体比较差异有统计学意义($P < 0.05$),不同树脂粘接水门汀之间粘接强度整体比较,差异无统计学意义($P > 0.05$,表 3)。

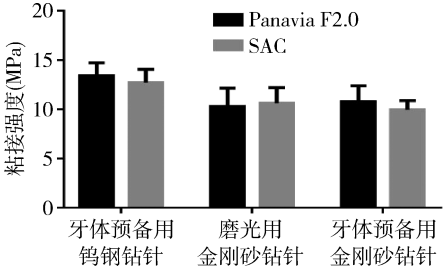


图 3 不同组牙本质剪切粘接强度

表 3 双因素方差分析结果

项目	自由度	均方	F	P
钻针类型	2	42.42	19.61	<0.001
树脂粘接水门汀	1	2.08	0.96	0.3320

4. 断裂模式结果:6 组试件的断裂模式情况详见图 4。各组主要断裂模式均为粘接断裂,其次为混合断裂,少部分为树脂内聚断裂。

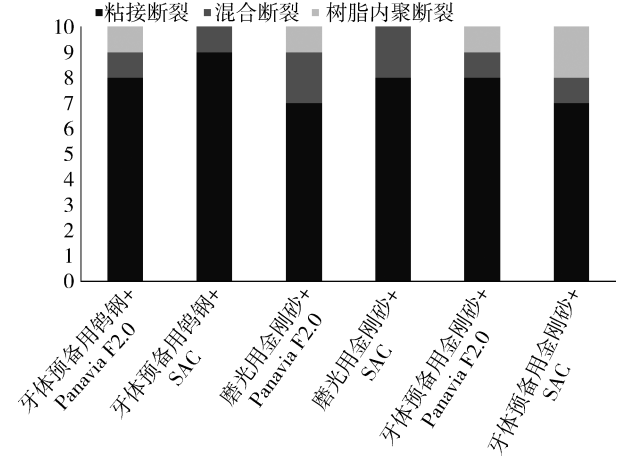


图 4 断裂模式分布图

讨 论

在临床上,牙本质表面的特征外观影响因素较多,比如牙体预备的步骤、牙体组织的硬度、使用的涡轮手机及其转速、钻针类型和冷却水的强度等^[9]。本研究在处理牙本质的过程中,控制了预备步骤,涡轮手机及转速和 25℃ 水冷却等因素,同一操作者使用不同类型但直径、锥度和尖端设计相同的钻针,测量操作者进行牙本质预备过程中牙本质殆面受到的

压力。在牙体预备精修过程中,钻针对牙体组织殆面施加的适宜压力为 $0.20 \sim 0.40\text{N}^{[10]}$ 。

金刚砂钻针研磨牙本质在表面产生细槽,钨钢钻针对牙本质表面发挥切割作用。当使用钻针进行牙体预备时,切削牙体组织产生的热使有机质变性,变性的有机质和切削出的牙体组织粉末与牙本质小管溢出液、唾液和细菌等,覆盖在牙本质表面形成玷污层^[11]。研究者发现,比较磨光用金刚砂钻针及牙体预备用金刚砂钻针,牙体预备用钨钢钻针预备的牙本质表面玷污层更薄、更均匀光滑、玷污层碎片更少,由此推测使用不同类型钻针进行牙体预备会影响自酸蚀牙本质粘接强度,这也与本试验研究得到的结果一致。

本研究将离体牙试件一分为二制得的2个半圆形中层牙本质试件,粘接过程中尽量使树脂试件的中心与牙本质试件的中心相对,以保证同一颗牙粘接部位一致,可以减少牙本质本身性质引起的误差,并且在实验过程中采用自身对照的方法将同一颗牙分别与两种自酸蚀树脂水门汀粘接,最大程度上减小了离体牙本身对实验结果的影响。粘接系统对牙本质的粘接机制是微机械的,通过单体浸润和聚合进入表面,形成树脂-牙本质混合层^[12]。实验中选择的粘接水门汀为自酸蚀树脂粘接水门汀和自粘结树脂粘接水门汀^[13]。Panavia F2.0 属于两步法自酸蚀、双重固化型树脂粘接水门汀。SAC 属于一步法自酸蚀粘接树脂水门汀,又可以称为自粘接树脂粘接水门汀,可将酸蚀、牙本质处理、粘接一步完成,简化了操作步骤,并且方便临床使用。

在当前条件下,剪切和拉伸实验测试得出的对应剪切粘接强度和拉伸粘接强度在一定程度上均可以较好地反映粘接强度的情况^[14]。本部分实验选择剪切强度测试而没有选择微拉伸强度测试的原因为对于粘接树脂水门汀,剪切强度测试是用于评价粘接树脂水门汀粘接性能的常用方式,其优点为操作简单、技术敏感度小、测试结果可靠,并且微拉伸强度测试的步骤较多,导致在实验过程中可能造成偏移的因素增多,技术敏感度高,测试结果误差可靠性略差。在剪切粘接实验中,万能力学试验机的加载速度将会影响测量得到的粘接强度数值,测定牙本质粘接试件时,加载速度过小或者过大都会明显降低剪切粘接强度^[15]。本实验选择了普遍使用的加载速度 1.0mm/min ,并且在实验设计过程中,使加载头尽量接近粘接界面,减小扭矩,使结果能更真实地反映出 SBS。

完成实验分组、操作、测量后,在对结果进行数据

分析的过程中,本研究首先将结果按照不同钻针类型分为3组,统计使用不同类型钻针牙体预备对于即刻粘接强度的影响,然后将数据结果按不同树脂水门汀分为两组,统计不同树脂粘接水门汀对于即刻粘接强度的影响,最后对不同钻针和不同粘接水门汀两个因素进行6组间比较,使用双因素方差分析方法,结果表明,当控制树脂粘接水门汀因素时,钻针类型对即刻自酸蚀粘接强度的影响差异有统计学意义;而当控制钻针类型因素时,两种树脂粘接水门汀对即刻粘接强度的影响差异无统计学意义。无论使用 Panavia F2.0 自酸蚀树脂水门汀还是 SAC 自粘接树脂水门汀,牙体预备用钨钢钻针组的即刻粘接强度均大于牙体预备用金刚砂钻针组和磨光用金刚砂钻针组。

粘接性能的评价指标除了粘接强度外,还有断裂模式。本研究出现的断裂模式有:粘接断裂、混合断裂和树脂内聚断裂。树脂内聚断裂代表断裂的区域位于树脂水门汀内部,此时树脂柱和牙本质表面均可以观察到残留的树脂水门汀,此时测得的粘接强度取决于树脂内聚强度的大小,并不能代表真实的粘接强度。混合断裂表示断裂的位置部分在粘接界面,部分在树脂水门汀内部,可能是由于粘接界面中存在着不同的应力,产生应力不平衡,从而呈现出混合断裂的结果。粘接断裂表示断裂的区域在粘接界面。严格地说,树脂牙本质界面发生粘接断裂时测得的粘接强度最真实。本实验中每组最主要的断裂方式均为粘接断裂模式,说明本部分实验的结果接近真正的即刻剪切粘接强度,可靠性较强。

综上所述,在本实验的条件下,比较两种金刚砂钻针,钨钢钻针预备的牙本质表面与自酸蚀类树脂粘接水门汀的粘接强度更高。

参考文献

- 1 Ayad MF. Effects of tooth preparation burs and luting cement types on the marginal fit of extracoronal restorations[J]. J Prosthodont, 2009, 18(2): 145-151
- 2 Ayad MF, Johnston WM, Rosenstiel SF. Influence of dental rotary instruments on the roughness and wettability of human dentin surfaces[J]. J Prosthet Dent, 2009, 102(2): 81-88
- 3 方玲,朱艳莉. 扫描电镜观察不同方法去腐后牙本质玷污层的形态变化[J]. 中国组织工程研究, 2013, 17(38): 6725-6732
- 4 Rirattanapong P, Senawongse P, Harnirattasil C, et al. Effect of smear layers created by different burs on durability of self-etching adhesive bond to dentin of primary teeth[J]. J Clin Pediatr Dent, 2015, 39(3): 224-230
- 5 张玉玮,朱晓鸣,张皓羽,等. 不同钻针牙体预备对牙本质表面特性的影响[J]. 口腔颌面修复学杂志, 2017, 18(6): 321-325
- 6 Barros JA, Myaki SI, Nör JE, et al. Effect of bur type and condition-

ing on the surface and interface of dentine[J]. J Oral Rehabil, 2005, 32(11): 849–856

7 Akter RS, Ahmed Z, Yamauti M, *et al.* Effects of remaining dentin thickness, smear layer and aging on the bond strengths of self-etch adhesives to dentin[J]. Dent Mater J, 2021, 40(2): 538–546

8 Saikaew P, Chowdhury A, Sattabanasuk V, *et al.* Bonding performance of self-etching adhesives to bur-cut dentin with active application mode[J]. J Adhes Dent, 2021, 23(4): 357–365

9 Alessandro G, Tamer AA, Carlo E, *et al.* Influence of oscillating and rotary cutting instruments with electric and turbine handpieces on tooth preparation surfaces[J]. J Prosthet Dent, 2014, 112(1): 51–58

10 郝晋, 王勇, 吕培军, 等. 应用三维力学传感器测量全冠牙体预备过程中的切削力[J]. 中华口腔医学杂志, 2006, 41(8): 488–491

11 Ayad MF. Effects of rotary instrumentation and different etchants on removal of smear layer on human dentin[J]. J Prosthet Dent, 2001,

85(1): 67–72

12 Bortolotto T, Ferrari M, Susin A, *et al.* Morphology of the smear layer after the application of simplified self-etch adhesives on enamel and dentin surfaces created with different preparation methods[J]. Clin Oral Investig, 2009, 13(4): 409–417

13 Inukai T, Abe T, Ito Y, *et al.* Adhesion of indirect MOD resin composite inlays luted with self-adhesive and self-etching resin cements[J]. Oper Dent, 2012, 37(5): 474–484

14 Armstrong S, Geraldini S, Maia R, *et al.* Adhesion to tooth structure: a critical review of "micro" bond strength test methods[J]. Dent Mater, 2010, 26(2): e50–e62

15 Placido E, Meira JB, Lima RG, *et al.* Shear versus micro-shear bond strength test: a finite element stress analysis[J]. Dent Mater, 2007, 23(9): 1086–1092

(收稿日期: 2022–03–03)

(修回日期: 2022–03–27)

(上接第 124 页)

8 Deretic V, Saitoh T, Akira S, *et al.* Autophagy in infection, inflammation and immunity[J]. Nat Rev Immunol, 2013, 13(10): 722–737

9 Matsuzawa-Ishimoto Y, Hwang S, Cadwell K. Autophagy and inflammation[J]. Annu Rev Immunol, 2018, 36: 73–101

10 《中国心血管健康与疾病报告 2020》编写组. 《中国心血管健康与疾病报告 2020》概述[J]. 中国心血管病研究, 2021, 19(7): 582–590

11 王存, 袁瑞敏, 张子谦, 等. 2002—2018 年中国城乡居民急性心肌梗死死亡趋势分析[J]. 现代养生: 下半月版, 2021, 21(8): 80–83

12 牛文豪, 赵馨娜, 伍锋, 等. 青年急性心肌梗死病人发病节律及机制探讨[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2021, 19(6): 903–908

13 Bazinet RP, Laye S. Polyunsaturated fatty acids and their metabolites in brain function and disease[J]. Nat Rev Neurosci, 2014, 15(12): 771–785

14 Levine B, Yuan JY. Autophagy in cell death: an innocent evic? [J]. J Clin Invest, 2005, 115(10): 2679–2688

15 曾晶, 戢颖瑞, 蓝东明, 等. 反式 EPA/DHA 的来源、检测技术与生理功能研究进展[J]. 中国油脂, 2022, 47(1): 53–59

16 陈彦捷, 唐嘉诚, 宫莹, 等. 鱼油提取、多不饱和脂肪酸富集及 EPA 和 DHA 的应用研究进展[J]. 食品与机械, 2021, 37(11): 205–210, 220

17 Kielar ML, Jeyarajah DR, Zhou XJ. Docosahexaenoic acid ameliorates murine ischemic acute renal failure and prevents increases in mRNA abundance for both TNF- α and inducible nitric oxide synthase[J]. J Am Soc Nephrol, 2003, 14(2): 389–396

18 Zhang M, Wang S, Mao L, *et al.* Omega-3 fatty acids protect the brain against ischemic injury by activating Nrf2 and upregulating heme oxygenase 1[J]. J Neurosci, 2014, 34(5): 1903–1915

19 Wang EY, Biala AK, Gordon JW, *et al.* Autophagy in the heart: too much of a good thing? [J]. Cardiovasc Pharmacol, 2012, 60(2): 110–117

20 Matsui YH, Takagi X, Qu M, *et al.* Distinct roles of autophagy in the heart during ischemia and reperfusion: roles of AMP-activated protein kinase and Beclin 1 in mediating autophagy[J]. Circ Res, 2007, 100(6): 914–922

21 Ma XH, Liu SR, Foyil RJ, *et al.* Impaired autophagosome clearance contributes to cardiomyocyte death in ischemia/reperfusion injury[J]. Circulation, 2012, 125(25): 3170–3181

22 Mizushima N, Levine B, Cuervo AM, *et al.* Autophagy fights disease through cellular self-digestion[J]. Nature, 2008, 451(7182): 1069–1075

23 Kabeya Y, Mizushima N, Ueno T, *et al.* LC3, a mammalian homologue of yeast Apg8p, is localized in autophagosome membranes after processing[J]. EMBO, 2000, 19(21): 5720–5728

24 Cherra SJ, Kulich SM, Uechi G, *et al.* Regulation of the autophagy protein LC3 by phosphorylation[J]. J Cell Biol, 2010, 190(4): 533–539

25 刘春蕾, 何云云, 李鑫, 等. 选择性自噬的研究进展[J]. 中华医学杂志, 2014, 94(20): 1590–1593

26 Zeng X, Overmeyer JH, Maltese WA. Functional specificity of the mammalian Beclin-Vps34 PI3-kinase complex in macroautophagy versus endocytosis and lysosomal enzyme trafficking[J]. J Cell Sci, 2006, 119(Part2): 259–270

27 Luo T, Liu G, Ma H, *et al.* Inhibition of autophagy via activation of PI3K/Akt pathway contributes to the protection of ginsenoside Rb1 against neuronal death caused by ischemic insults[J]. Int J Mol Sci, 2014, 15(9): 15426–15442

28 Klionsky DJ, Abdelmohsen K, Abe A, *et al.* Guidelines for the use and interpretation of assays for monitoring autophagy (3rd edition) [J]. Autophagy, 2016, 12(1): 1–222

29 Meijer AJ, Codogno P. Signalling and autophagy regulation in health, aging and disease[J]. Mol Aspects Med, 2006, 27(5–6): 411–425

(收稿日期: 2022–01–24)

(修回日期: 2022–03–25)