

doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2018.06.07

View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1000-4432.2018.06.07>

## 硅油对眼球组织影响机制的研究进展

邓轩<sup>1</sup> 综述 张静琳<sup>1,2</sup> 审校

(1. 中南大学爱尔眼科学院, 长沙 410012; 2. 广州爱尔眼科医院眼底科, 广州 510045)

**[摘要]** 硅油是最常用的眼内填充物之一, 在现代玻璃体视网膜手术中具有无可替代的地位。然而由于硅油的理化特性, 其在眼内使用3个月至1年后会不可避免地影响眼球各组织的结构和功能, 可导致角膜变性、继发性青光眼、并发性白内障、视网膜前膜等一系列并发症。

**[关键词]** 硅油; 玻璃体切除术; 机制; 并发症; 填充

## Research progress on the effect mechanism of silicone oil on eyeball tissue

DENG Xuan<sup>1</sup>, ZHANG Jinglin<sup>2</sup>

(1. Aier School of Ophthalmology of Central South University School, Changsha 410012;

2. Department of Retinal Branch, Guangzhou Aier Eye Hospital, Guangzhou 510045, China)

**Abstract** Silicone oil is one of the most common intraocular fillers. It has an irreplaceable position in the modern vitreoretinal surgery. However, due to the physicochemical properties of silicone oil, it will inevitably affect the structure and function of eyeball tissues from 3 months to 1 year after intraocular use, which can lead to a series of complications, such as corneal degeneration, secondary glaucoma, complicated cataract and retinal membrane.

**Keywords** silicone oil; vitrectomy; mechanism; complication; fill

硅油是一种安全有效的眼内填充物<sup>[1]</sup>, 对合并有严重增殖性玻璃体视网膜病变(proliferative vitreoretinopathy, PVR)、巨大裂孔性视网膜脱离的复杂性视网膜脱离具有显著疗效<sup>[2]</sup>。近年来国内缺乏合法的惰性气体, 临床中硅油应用量大幅度增长, 硅油填充术已成为视网膜疾病的主流术式。但国内外研究<sup>[3-4]</sup>表明: 硅油填充后对眼内各

个组织结构存在影响, 长期的眼内填充将导致一系列眼部并发症, 如硅油造成角膜营养不足引起角膜变性、眼内压改变导致继发性青光眼等。因此, 本文将从分子生物学机制和组织结构的微观改变等方面就硅油对眼球组织的相关影响作一简要综述。

收稿日期 (Date of reception): 2018-05-14

通信作者 (Corresponding author): 张静琳, Email: zhjinglin@126.com

基金项目 (Foundation item): 爱尔眼科医院集团科研基金 (AF2018002)。This study was supported by Science Research Foundation of Aier Eye Hospital Group, China (AF2018002).

## 1 硅油的临床应用

硅油是一种短链聚合物, 其理化性质稳定, 目前临床应用的常规硅油密度小于1.0, 其作为眼内填充物具有一定的局限性, 如无法对下方脱离的视网膜或裂孔产生有效顶压、术后要求特殊体位等, 这些局限可能导致硅油填充术后疗效不佳及预后不良, 因此相关人员研究出另一种安全有效的新型硅油——重硅油, 其密度大于水, 生物相容性良好, 可对下方脱离的视网膜或裂孔提供有效顶压, 术后对体位无特殊要求, 可很大程度上缓解患者的不适性。但有关学者<sup>[5-6]</sup>提出重硅油对复杂性视网膜脱离的疗效与常规硅油并无不同, 特别是下方PVR术后的解剖复位成功率与常规硅油基本无异。此外, 重硅油的应用并没有减少并发症的发生, 尤其是眼内炎症反应与眼压升高<sup>[7-8]</sup>。

不管是应用重硅油还是常规硅油, 填充后都会对眼内组织结构产生影响, 长期填充都将导致一系列眼部并发症的发生。其中硅油乳化是最为重要和常见的一种并发症。硅油乳化出现的时间存在较大的个体差异, Schwarzer等<sup>[9]</sup>的研究中发现患者在术后第6周左右出现硅油乳化, 并且发生术后第二次眼压升高, 认为这可能与硅油乳化减少房水循环有关; Odrobina等<sup>[10]</sup>则在受试者硅油填充术后3个月内发现其眼内开始产生乳化的硅油小滴; 此外, Toklu等<sup>[11]</sup>发现硅油开始发生乳化的时间为5个月至1年, 2例患者在1年内未观察到乳化的硅油, 但这并不能排除此后更长时间内出现硅油乳化的可能, 总体而言硅油乳化的难易程度与时间长短呈正相关, 长期持续填充是硅油乳化最主要的影响因素; 另外, 硅油乳化的速度与硅油的分子量及黏度呈正相关, 而血清、纤维蛋白、纤维蛋白原和低密度脂蛋白等表面活性剂的存在也将大幅度增加硅油乳化的发生<sup>[12]</sup>; 有学者<sup>[13]</sup>通过实验证实眼球的运动可改变硅油与玻璃体液之间的剪切力, 将极易产生硅油乳化。这很好地解释了临床上为何在硅油填充量不满的患者中硅油乳化现象发生得更早。

## 2 硅油对眼球各组织的影响及机制

### 2.1 角膜

角膜作为眼的重要屈光介质, 存在于眼球前

部中央, 其透光性良好, 同时存在自我保护和修复的能力。相关研究<sup>[14-15]</sup>阐明: 术后硅油可从玻璃体腔内向前房转移, 其转移机制可能与虹膜周切口关闭、未能建立正常的房水循环途径等因素有关, 也有学者<sup>[16-17]</sup>提出18个月后硅油由于本身特性可形成硅油小泡, 硅油小泡突破硅油与玻璃体液之间的表面张力进入前房, 积聚于角膜后膜中, 但此机制还有待进一步研究。硅油进入前房后影响房水代谢, 造成房水代谢失衡, 导致角膜与房水无法进行正常的物质交换, 引起角膜营养不足, 间接引起角膜变性<sup>[18]</sup>, 导致角膜性疾病。此外, 由于硅油对角膜黏附性较大, 进入前房的硅油小滴可直接与角膜内皮接触并吸附于其表面形成机械屏障, 阻碍房水对角膜内皮的营养, 对角膜基质细胞与内皮细胞的数量及功能产生显著影响, 造成角膜失代偿, 引起角膜变性, 导致角膜性疾病<sup>[19-20]</sup>; 而当硅油从前房取出时存在导致角膜后弹力层脱离<sup>[21]</sup>的可能, 造成患者视力下降; 同时, 硅油对角膜内皮存在直接细胞毒性作用, 并且与硅油黏度有关<sup>[20]</sup>; 另外, 硅油的流动可造成角膜内皮细胞磨损及其亲脂细胞膜溶解, 导致角膜内皮脱落<sup>[22]</sup>; 近期, Kymionis等<sup>[23]</sup>实验后提出术后7~10 d, 硅油在角膜基质内形成硅胶层, 可消除损伤或病变的内皮细胞, 明显缓解角膜水肿, 促使前角膜表面的快速恢复, 并明显减轻大泡性角膜病变的症状, 但大部分学者认为该观点机制阐述并不确切。此外, 相关人士<sup>[24]</sup>提出波士顿型人工角膜可用于治疗硅油填充术后造成角膜失代偿引起的视力下降, 但多数学者认为疗效并不明确, 有待进一步研究探讨。

### 2.2 房角与房水

当硅油填充术后, 硅油可通过巨噬细胞介导转运眼内各个组织中<sup>[25]</sup>, 含硅油的巨噬细胞转运至前房时可聚集在小梁网间隙, 约于术后12个月在小梁网内首次发现<sup>[16]</sup>, 诱导小梁网内皮细胞增强吞噬活性, 长期的吞噬作用使小梁网内皮细胞的形态和大小发生改变<sup>[16,26]</sup>, 同时对小梁网细胞产生毒性作用并阻塞小梁网, 造成滤过功能受损, 致使房水流出受阻, 引起眼内压持续升高导致继发性青光的发生; 不仅如此, 眼球的运动会使硅油本身的稳定性与溶解度发生改变, 极易导致硅油乳化<sup>[13]</sup>, 而乳化的硅油小滴在转移过程中可堵塞房角, 引起眼压的改变, 导致继发性青光

眼的发生, 因此, 硅油对术后引起继发性青光眼存在间接影响。此外, Pavlidis等<sup>[27]</sup>认为硅油眼发生继发性青光眼可能与重硅油进入前房导致的瞳孔阻滞有关, 具体发生机制还有待进一步阐明; 近年来国内学者<sup>[28-29]</sup>发现硅油填充术后继发性青光眼的发生与硅油进入前房后引起房水中TNF- $\alpha$ 与白细胞介素-6的显著表达关系密切。另外, 硅油侵入周边眼球组织的过程中, 存在渗透并损伤睫状体的可能, 这将对房水的分泌及血-房水屏障产生影响; 郑辛<sup>[18]</sup>试验发现硅油可影响房水代谢, 尤其影响前房中血-房水屏障对Ca<sup>2+</sup>的通透性, 造成房水中Ca<sup>2+</sup>代谢失衡, 导致角膜与房水无法进行正常的物质交换, 引起角膜营养不足, 间接引起角膜变性, 而国外目前对此类基础研究报道甚少。

### 2.3 晶状体

填充相关性白内障是眼内填充硅油后的常见并发症之一<sup>[30]</sup>, 其发病机制目前尚不明确, Saika等<sup>[31]</sup>认为可能与硅油小泡直接接触晶状体, 损害晶状体后囊或干扰晶状体营养代谢有关, Duan等<sup>[32]</sup>则补充说明还可能与以下两种现象有关: 1)乳化的硅油小滴附着在晶状体后的透明质膜上, 形成了一种难以去除的不透明膜; 2)手术时间相对较长, 在手术过程中产生过多的组织和细胞碎片, 干扰晶状体的新陈代谢。近期, 相关学者<sup>[33]</sup>表示硅油术后并发白内障可能是由于硅油填充后激活Bax, Bcl-2, 对半胱天冬酶-3进行调节修饰, 从而诱导晶状体上皮细胞凋亡导致。此外, 有关研究<sup>[34]</sup>报道眼内的原始成纤维细胞生长因子(bFGF)、TGF- $\beta$ 2、细胞间黏附分子-1(ICAM-1)浓度在硅油填充状态下将明显升高, 认为这是导致晶状体上皮过度增殖, 加速填充相关性白内障发生发展的原因之一。另外, Yesilirmak等<sup>[35]</sup>在实验中发现硅油去除术后5个月左右眼内残留硅油引起晶状体后囊粘连的现象, 但具体机制尚无法阐明。

### 2.4 视网膜

临床中发现硅油应用3个月后, 迁移细胞开始吞噬附着于视网膜内膜上的硅油小滴, 并且在术后12~18个月, 附着于视网膜内膜上的硅油小滴将突破视网膜内膜, 被Müller细胞与视网膜色素上皮细胞(retinal pigment epithelial cell, RPEC)

吞噬<sup>[16,36]</sup>, 阻碍RPEC迁移, 引起术后RPEC的有丝分裂活性明显增强<sup>[37]</sup>, 导致RPEC显著增殖。同时, Denion等<sup>[38]</sup>还发现通过硅油与房水的交界面下方, RPEC可向边缘迁移并增殖; 而在运用曲安奈德进行治疗硅油术后的炎症和增殖过程中, 硅油将曲安奈德聚集在硅油泡下的一个环形视网膜区域内, 与该区域的视网膜直接接触并产生毒性作用, 造成细胞膜破坏<sup>[39]</sup>。此外, 硅油除可通过血源性巨噬细胞介导引起视网膜长期显著炎症反应, 还会引起RPEC的增殖与迁移, 两者均可导致视网膜前膜的产生<sup>[37,40]</sup>。近期, Odrobina等<sup>[41]</sup>发现硅油存在对Müller细胞的毒性作用, 可在术后3个月左右引起钾离子的吸收障碍, 阻碍视网膜及视网膜上皮细胞与脉络膜之间的离子-水循环, 导致脉络膜厚度显著减少, 硅油填充术后引起的缺血缺氧也是重要原因之一。

### 2.5 其他

硅油除影响眼球组织以外, 对眼部其他组织及周边组织均存在一定程度的影响。硅油填充术后可由于各种原因导致硅油渗漏至眼表组织, 引起结膜下、眼眶硅油肉芽肿<sup>[42]</sup>、上睑下垂<sup>[43]</sup>等; 临床中还可见硅油的颅内转移<sup>[44-47]</sup>, 其转移机制尚不明确, 大多数研究者仅阐明了硅油是通过视神经进行转移, 而Chang等<sup>[45]</sup>则在其案例报告中详细提出一种硅油颅内转移的假设: 硅油首先通过伪施纳贝尔海绵变性机制进入视神经, 即硅油在玻璃体内通过筛板进入视神经, 随后由于眼压的持续增加导致硅油迁移至视神经周围的蛛网膜下腔, 最终通过第四脑室正中孔和第四脑室外侧孔转移到脑室系统。虽然此假设还需进一步证实, 但却为之后的此类研究指明了一个方向。同时, 硅油的颅内转移十分罕见, 需要注意与颅内肿瘤及出血相鉴别<sup>[46-47]</sup>。

## 3 结语

硅油是一种安全有效且常用的眼内填充物, 但由于其本身对眼球组织的相关影响, 常常会在硅油填充术后3个月至1年导致一系列并发症, 影响患者手术疗效及预后, 因此临床中常在患者眼底条件允许的情况下建议患者3个月后取出硅油, 以确保硅油的疗效并且最大程度减少并发症的发生。目前相关人员正在尝试研究巯基交联透明质

酸凝胶来作为玻璃体替代物<sup>[48]</sup>, 并且提出双硅油填塞<sup>[49]</sup>、重硅油中加入高分子量聚合物<sup>[50]</sup>等方法以求克服硅油填充所带来的问题。此外, 目前对于硅油影响眼球组织的相关研究多局限于临床结论, 而其影响机制及基础研究甚少, 大力开展关于硅油眼内填充的相关基础研究才能为进一步减少硅油的并发症、改良硅油提供科学依据。

## 参考文献

- Hutton WL, Azen SP, Blumenkranz MS, et al. The effects of silicone oil removal. Silicone Study Report 6[J]. Arch Ophthalmol, 1994, 112(6): 778-785.
- Heimann H. Alternative indications for the use of heavy silicone oil tamponades[J]. Klin Monbl Augenheilkd, 2009, 226(9): 713-717.
- Kim RW, Bauman C. Anterior segment complications related to vitreous substitutes[J]. Ophthalmol Clin North Am, 2004, 17(4): 569-576.
- 钟秀风, 李永平, 林健贤, 等. 眼内硅油填充术后硅油相关并发症的组织病理及超微结构观察[J]. 中华眼科杂志, 2005, 41(1): 31-36.  
ZHONG Xiufeng, LI Yongping, LIN Jianxian, et al. Histopathological and ultrastructural characteristics of oil-associated complications in silicone oil-filled human eyes[J]. Chinese Journal of Ophthalmology, 2005, 41(1): 31-36.
- Joussen AM, Rizzo S, Kirchhof B, et al. Heavy silicone oil versus standard silicone oil in as vitreous tamponade in inferior PVR (HSO Study): interim analysis[J]. Acta Ophthalmol, 2011, 89(6): e483-e489.
- Schwartz SG, Flynn HW Jr, Lee WH, et al. Tamponade in surgery for retinal detachment associated with proliferative vitreoretinopathy[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2014(2): CD006126.
- Brunner M, Lang C, Valmaggia C. Heavy tamponade in complicated inferior retinal detachment[J]. Klin Monbl Augenheilkd, 2012, 229(4): 407-410.
- Russo A, Morescalchi F, Donati S, et al. Heavy and standard silicone oil: intraocular inflammation[J]. Int Ophthalmol, 2018, 38(2): 855-867.
- Schwarzer H, Mazinani B, Plange N, et al. Clinical observations and occurrence of complications following heavy silicone oil surgery[J]. Biomed Res Int, 2014, 2014: 706809.
- Odrobina D, Ludańska-Olszewska I. Analysis of the time and location of the silicone oil emulsification by spectral-domain optical coherence tomography after silicone oil tamponade[J]. Biomed Res Int, 2014, 2014: 372045.
- Toklu Y, Cakmak HB, Ergun SB, et al. Time course of silicone oil emulsification[J]. Retina, 2012, 32(10): 2039-2044.
- Joussen AM, Wong D. The concept of heavy tamponades-chances and limitations[J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2008, 246(9): 1217-1224.
- Chan YK, Williams RL, Wong D. Flow behavior of heavy silicone oil during eye movements[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014, 55(12): 8453-8457.
- 包菁, 吕志刚. 无晶体眼硅油进入前房的原因及处理[J]. 中国现代医生, 2012, 50(13): 131-133.  
BAO Jing, LÜ Zhiqiang. Causes and treatment of silicone oil migration the anterior chamber in aphakic eyes[J]. Modern Chinese Doctor, 2012, 50(13): 131-133.
- 张志, 马利波, 徐明杰. 玻璃体切除术后无晶状体眼硅油进入前房的原因及处理[J]. 眼科, 2011, 20(2): 109-112.  
ZHANG Zhi, MA Libo, XU Mingjie. Causes and treatment of silicone oil migration the anterior chamber in aphakic eyes after vitrectomy[J]. Ophthalmology in China, 2011, 20(2): 109-112.
- Suzuki M, Okada T, Takeuchi S, et al. Effect of silicone oil on ocular tissues[J]. Jpn J Ophthalmol, 1991, 35(3): 282-291.
- Knorr HL, Seltsam A, Holbach L, et al. Intraocular silicone oil tamponade. A clinico-pathologic study of 36 enucleated eyes[J]. Ophthalmologie, 1996, 93(2): 130-138.
- 郑辛. 注硅油眼药水主要生化指标的变化及其与角膜病变的关系[D]. 上海: 复旦大学, 2001.  
ZHENG Xin. Changes of main biochemical indexes in aqueous humor after silicone oil injection and relationship with keratopathy as a common complication[D]. Shanghai: Fudan University, 2001.
- Sternberg P Jr, Hatchell DL, Foulks GN, et al. The effect of silicone oil on the cornea[J]. Arch Ophthalmol, 1985, 103(1): 90-94.
- Yang CS, Chen KH, Hsu WM, et al. Cytotoxicity of silicone oil on cultivated human corneal endothelium[J]. Eye (Lond), 2008, 22(2): 282-288.
- Kymionis GD, Tsoularas KI, Xanthopoulou NA, et al. Descemet membrane detachment after heavy silicone oil removal from the anterior chamber[J]. Cornea, 2014, 33(3): 317-318.
- Ivatinovic D, Saliba S, Ardjomand N, et al. Evaluation of limbal and pars plana silicone oil removal in aphakic eyes[J]. Acta Ophthalmol, 2011, 89(5): e417-e422.
- Kymionis GD, Diakonou VF, Kankariya VP, et al. Femtosecond laser-assisted intracorneal biopolymer insertion for the symptomatic treatment of bullous keratopathy[J]. Cornea, 2014, 33(5): 540-543.
- Iyer G, Srinivasan B, Gupta J, et al. Boston keratoprosthesis for keratopathy in eyes with retained silicone oil: a new indication[J]. Cornea, 2011, 30(10): 1083-1087.
- Papp A, Tóth J, Kerényi T, Jäckel M, et al. Silicone oil in the subarachnoidal space--a possible route to the brain?[J]. Pathol Res



- Pract, 2004, 200(3): 247-252.
26. Cvenkel B, Zupan M, Hvala A. Transmission electron microscopic analysis of trabecular meshwork in secondary glaucoma after intravitreal silicone oil injection[J]. *Int Ophthalmol*, 1996-1997, 20(1/3): 43-47.
  27. Pavlidis M, Scharioth G, de Ortueta D, et al. Iridolenticular block in heavy silicone oil tamponade[J]. *Retina*, 2010, 30(3): 516-520.
  28. 王婷, 许艺民. 硅油和长效气体填充对兔眼前房水蛋白质和白介素-6水平影响[J]. *中国实用眼科杂志*, 2013, 31(10): 1357-1360. WANG Ting, XU Yimin. Aqueous levels of protein and IL-6 in silicone oil and C3F8 tamponade rabbit eyes[J]. *Chinese Journal of Practical Ophthalmology*, 2013, 10(31): 1357-1360.
  29. 李军会, 郝玉华, 叶存喜, 等. 视网膜脱离玻璃体切除硅油填充术后继发青光眼患者房水中TNF- $\alpha$ 测定及其临床意义[J]. *中国实用眼科杂志*, 2012, 30(9): 1079-1082. LI Junhui, HAO Yuhua, YE Cunxi, et al. The determination and clinical analysis of TNF- $\alpha$  in aqueous humor of secondary glaucoma after vitrectomy and silicon oil injection in patients with retinal detachment[J]. *Chinese Journal of Practical Ophthalmology (CJPO)*, 2012, 9(30): 1079-1082.
  30. Rizzo S, Genovesi-Ebert F, Vento A, et al. A new heavy silicone oil (HWS 46-3000) used as a prolonged internal tamponade agent in complicated vitreoretinal surgery: a pilot study[J]. *Retina*, 2007, 27(5): 613-620.
  31. Saika S, Miyamoto T, Tanaka T, et al. Histopathology of anterior lens capsules in vitrectomized eyes with tamponade by silicone oil[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2002, 28(2): 376-378.
  32. Duan A, She H, Qi Y. Complications after heavy silicone oil tamponade in complicated retinal detachment[J]. *Retina*, 2011, 31(3): 547-552.
  33. Zhu L, Zhao K, Lou D. Apoptosis factors of lens epithelial cells responsible for cataractogenesis in vitrectomized eyes with silicone oil tamponade[J]. *Med Sci Monit*, 2016, 22: 788-796.
  34. Liu B, Lyu BC, Du SS, et al. Expressions of TGF- $\beta$ 2, bFGF and ICAM-1 in lens epithelial cells of complicated cataract with silicone oil tamponade[J]. *Int J Ophthalmol*, 2017, 10(7): 1034-1039.
  35. Yesilirmak N, Pinarci EY, Akkoyun I, et al. Adhesion of heavy silicone oil to the anterior surfaces of the posterior lens capsule[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2013, 23(3): 436-438.
  36. Ma LN, Hui YN, Wang YS, et al. Inhibition of migration but stimulation of proliferation of human retinal pigment epithelial cells cultured with uniform vesicles of silicone oil[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2010, 248(4): 503-510.
  37. Kaneko H, Takayama K, Asami T, et al. Cytokine profiling in the sub-silicone oil fluid after vitrectomy surgeries for refractory retinal diseases[J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 2640.
  38. Denion E, Coffin-Pichonnet S, Degoumois A, et al. Beyond-the-edge proliferation after relaxing retinectomy[J]. *J Fr Ophtalmol*, 2016, 39(1): 26-30.
  39. Spitzer MS, Kaczmarek RT, Yoeruek E, et al. The distribution, release kinetics, and biocompatibility of triamcinolone injected and dispersed in silicone oil[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2009, 50(5): 2337-2343.
  40. Wickham LJ, Asaria RH, Alexander R, et al. Immunopathology of intraocular silicone oil: retina and epiretinal membranes[J]. *Br J Ophthalmol*, 2007, 91(2): 258-262.
  41. Odrobina D, Gołębiewska J, Maroszyńska I. Choroidal thickness changes after vitrectomy with silicone oil tamponade for proliferative vitreoretinopathy retinal detachment[J]. *Retina*, 2017, 37(11): 2124-2129.
  42. Lee JH, Kim YD, Woo KI, et al. Subconjunctival and orbital silicone oil granuloma (siliconoma) complicating intravitreal silicone oil tamponade[J]. *Case Rep Ophthalmol Med*, 2014, 2014: 686973.
  43. Deguchi Y, Maeno T, Hori Y, et al. Migration of intraocular silicone oil from the vitreous cavity into the upper eyelid causing ptosis[J]. *Case Rep Ophthalmol*, 2014, 5(2): 226-230.
  44. Mathis S, Boissonnot M, Tasu JP, et al. Intraventricular silicone oil: a case report[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(1): e2359.
  45. Chang CC, Chang HS, Toh CH. Intraventricular silicone oil[J]. *J Neurosurg*, 2013, 118(5): 1127-1129.
  46. Sarohia D, Javan R, Aziz S. Intracranial migration of silicone delaying life saving surgical management: a mimicker of hemorrhage[J]. *J Radiol Case Rep*, 2016, 10(8): 1-11.
  47. Chiao D, Ksendzovsky A, Buell T, et al. Intraventricular migration of silicone oil: A mimic of traumatic and neoplastic pathology[J]. *J Clin Neurosci*, 2015, 22(7): 1205-1207.
  48. Schnichels S, Schneider N, Hurst J, et al. Efficacy of two different thiol-modified crosslinked hyaluronate formulations as vitreous replacement compared to silicone oil in a model of retinal detachment[J]. *PLoS One*, 2017, 12(3): e0172895.
  49. MacGregor C, Jonas A, Hanifudin A, et al. Ratios for double silicone oil Endotamponade—in vitro observations may assist with ratio selection[J]. *BMC Ophthalmol*, 2017, 17(1): 264.
  50. Caramoy A, Kearns VR, Chan YK, et al. Development of emulsification resistant heavier-than-water tamponades using high molecular weight silicone oil polymers[J]. *J Biomater Appl*, 2015, 30(2): 212-220.

本文引用: 邓轩, 张静琳. 硅油对眼球组织影响机制的研究进展[J]. *眼科学报*, 2018, 33(3): 200-204. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2018.06.07

**Cite this article as:** DENG Xuan, ZHANG Jinglin. Research progress on the effect mechanism of silicone oil on eyeball tissue[J]. *Yan Ke Xue Bao*, 2018, 33(3): 200-204. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2018.06.07