

## 内界膜剥除方式进展

方冬 综述 沈丽君 审校

310020 杭州,温州医科大学附属眼视光医院杭州院区

通信作者:沈丽君,Email:13868302929@163.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.11.017

**【摘要】** 内界膜剥除法因能够有效地解除玻璃体视网膜界面的牵拉而在多种玻璃体视网膜疾病中得到应用,但其对巨大、难治性黄斑裂孔及高度近视性黄斑裂孔等棘手疾病的效果欠佳。同时,内界膜剥除本身及染色剂的使用均可导致黄斑发生结构和功能的改变。为了更好地保持黄斑结构的完整性,多种改良的内界膜剥除法,如翻转内界膜瓣、自体内界膜移植、保留中心凹的内界膜剥除法应运而生。研究显示这些新术式在治疗巨大黄斑裂孔、高度近视性黄斑裂孔以及难治性黄斑裂孔上表现出较好的解剖和功能疗效,且无明显的并发症,但仍需要更多大样本的长期随访研究来证实。本文就内界膜剥除法的改良方式及其在玻璃体视网膜中的应用情况进行综述。

**【关键词】** 内界膜剥除; 翻转内界膜瓣; 自体内界膜移植; 保留中心凹的内界膜剥除

**基金项目:** 浙江省重大科技专项项目(2013C03048-3); 浙江省医药卫生科技计划项目(2016ZDA016)

**Research progress of internal limiting membrane peeling technique** Fang Dong, Shen Lijun  
Hangzhou District of Affiliated Eye Hospital of Wenzhou Medical University, Hangzhou 310020, China  
Corresponding author: Shen Lijun, Email: 13868302929@163.com

**【Abstract】** Internal limiting membrane (ILM) peeling technique has been widely used in the treatment of a variety of vitreoretinal diseases for the advantage of releasing vitreomacular traction. However, this routine approach was less effective in refractory macular disorders. Meanwhile, the technique and the use of stains could lead to structural and functional changes of macular. Therefore, to better preserve macular structure, modified ILM peeling techniques including inverted ILM flap technique, autologous transplantation of ILM technique and the foveola nonpeeling ILM technique emerged. Recent researches had demonstrated favorable structural and functional outcomes of these techniques on giant macular hole, refractory macular hole and high myopic macular hole. However, more long-term follow-up studies with larger samples are needed to confirm the current results. In this paper, we reviewed the progress of modified ILM peeling technique in vitreoretinal diseases.

**【Key words】** Internal limiting membrane peeling; Inverted internal limiting membrane flap; Autologous transplantation of the internal limiting membrane; Foveolar nonpeeling internal limiting membrane

**Fund program:** Science and Technology Major Project of Zhejiang Province (2013C03048-3); Medical and Health Technology Program of Zhejiang Province (2016ZDA016)

1990年, Morris等<sup>[1]</sup>对 Terson 综合征患者进行内界膜剥除,结果显示83%患眼视力明显提高,于是该团队于1994年提出应在所有的牵拉性黄斑病变中应用内界膜剥除法。自此,内界膜剥除法逐渐被应用于多种玻璃体视网膜疾病的手术治疗中,其在大大改善黄斑疾病的手术治疗效果的同时,仍然存在一些问题以及应用上的局限。为此,有学者提出改良的内界膜剥除法,现就内界膜剥除方式进展进行综述。

### 1 内界膜的解剖结构和功能

内界膜是视网膜和玻璃体之间的结构分界。它是一层PAS染色阳性的基底膜,外表面与Müller细胞纤维脚板相吻

合,内表面与玻璃体皮质接触。内界膜始于玻璃体管并向周边覆盖整个视网膜内表面,在黄斑中心小凹中心及大血管处很薄,容易发生破裂,内界膜越薄处玻璃体皮质黏附越紧,尤其是黄斑中心小凹旁500 μm处。在病理情况下,内界膜也可成为Müller细胞增生的支架,促进胶质细胞的移行,是组成黄斑疾病切线方向牵拉力的主要因素<sup>[2]</sup>。

### 2 内界膜的辨别

内界膜菲薄而透明的特点大大增加了剥膜手术的难度,通过吲哚菁绿(indocyanine green, ICG)、曲安奈德(triamcinolone acetate, TA)、锥虫蓝(trypsin blue, TB)、亮蓝(brilliant blue,

BB)G 等染色剂使内界膜可视化能够降低手术难度,缩短手术时间,并减少视网膜的医源性损伤<sup>[3]</sup>。ICG 作为首个被应用于内界膜剥除的活性染色剂,在玻璃体视网膜手术中得到广泛应用,而关于其毒性反应的报道也逐渐增多。大部分研究显示 ICG 协助内界膜剥除可致视网膜结构改变,如视网膜色素上皮 (retinal pigment epithelium, RPE) 层萎缩、视网膜神经纤维层变薄以及视功能改变,如视野损害和电生理改变,其损害机制目前尚未明确<sup>[4]</sup>。Asencio-Duran 等<sup>[5]</sup>认为这或与光化学损伤、ICG 直接毒性作用以及长时间残留于眼内有关。Mochizuki 等<sup>[6]</sup>研究显示,较无 ICG 协助的内界膜剥除,ICG 的使用与较差的视力相关。部分研究显示在内界膜剥除时,有无使用 ICG 染色在术后视力、RPE 形态上无显著差异<sup>[7-8]</sup>。这些结果的差异或与 ICG 的剂量、渗透压、暴露时间以及溶剂不同有关<sup>[9-10]</sup>。因此,更多活性染色剂逐渐进入研究者的视野。TA 是一种甾体化合物,通过白色结晶附着于胶原基质而使玻璃体后界膜和内界膜可视化。研究显示 TA 能够较好地协助剥膜而无明显的毒性作用和不良反应,但有研究者提出术后残余的 TA 可延缓黄斑裂孔的闭合<sup>[11]</sup>。TB 广泛用于晶状体前囊以及角膜内皮的染色,后逐渐被用于玻璃体手术。体外细胞实验显示不同浓度的 TB 均对 RPE 无毒性作用,但由于 TB 不对活细胞染色,故其对视网膜前膜的染色效果较内界膜好,且染色时间需要相对延长<sup>[12]</sup>。BBG 能够选择性对内界膜进行染色,多项研究显示 BBG 较其他染色剂的毒性更弱,协助剥膜能获得更好的视力,但高浓度及长时间的暴露仍可损害神经节细胞<sup>[13-17]</sup>。综上,ICG 仍是目前应用最为广泛的染色剂,由于其毒性反应研究者尝试开发新的染色剂,但这些染色剂的安全性及染色效果仍有争议。

### 3 内界膜剥除在玻璃体视网膜手术中的应用

目前,内界膜剥除已成为玻璃体视网膜手术中非常重要的一环,被应用于多种玻璃体视网膜疾病中,如特发性黄斑裂孔、黄斑前膜、高度近视黄斑区玻璃体视网膜界面异常及黄斑水肿等<sup>[18]</sup>。剥除内界膜能够有效解除黄斑牵拉而成为全层黄斑裂孔常规手术中不可或缺的一部分。内界膜剥除者黄斑裂孔闭合率显著提高,而黄斑裂孔复发率显著降低<sup>[19]</sup>。对于黄斑前膜,标准术式玻璃体切割和前膜剥除术存在一个明显的问题,即复发率较高<sup>[20]</sup>。多数研究支持较未行内界膜剥除者,剥除内界膜能够有效降低术后黄斑前膜复发率<sup>[21]</sup>。另一方面,高度近视黄斑区玻璃体视网膜界面异常是一种牵拉性黄斑病变。目前大部分学者认为,玻璃体切割联合内界膜剥除能够较完全地去除残留的视网膜前膜,解除牵拉,是高度近视黄斑裂孔性视网膜脱离初次治疗的首选手段<sup>[22]</sup>。玻璃体切割联合内界膜剥除术也逐渐用于治疗糖尿病性黄斑水肿,部分研究显示内界膜剥除能够降低黄斑中心凹厚度,但仍缺乏大样本量随机对照研究支持<sup>[23]</sup>。

### 4 内界膜剥除目前尚存在的问题

随着内界膜剥除在玻璃体视网膜疾病中的应用日渐广泛,

部分研究者提出剥除内界膜可引起黄斑中心凹解剖结构的改变<sup>[24-25]</sup>。Terasaki 等<sup>[25]</sup>对全层黄斑裂孔眼剥除内界膜时的电生理反应进行研究,结果显示内界膜剥除后视网膜电图 (electroretinogram, ERG) 潜伏期延长, b 波振幅降低,且在 6 个月后仍保持较低水平。Tadayoni 等<sup>[26]</sup>和 Spaide<sup>[27]</sup>研究提出内界膜剥除后可出现视神经纤维层分离,但暂未发现这种改变可致视功能,如视力、黄斑敏感度和微视野的改变。Haritoglou 等<sup>[28]</sup>利用微视野计研究发现,剥除内界膜后可出现微暗点及视网膜敏感度下降。这些改变可能与内界膜剥除对 Müller 细胞造成结构及功能损伤有关<sup>[29-30]</sup>。然而一多中心随机对照研究显示,剥除内界膜与否在近视力、阅读速度、对比敏感度上无显著差异<sup>[31]</sup>,提示这些改变的临床意义仍有待进一步证实。

## 5 内界膜剥除术式的改良

### 5.1 翻转内界膜瓣

尽管内界膜剥除术的开展使黄斑裂孔解剖闭合率高达 90% 以上<sup>[32]</sup>,但这个比例在巨大黄斑裂孔上大大降低<sup>[33]</sup>。对于直径大、病程长以及手术前评估闭合率较低的黄斑裂孔,提出了翻转内界膜瓣的概念。研究显示,该改良术式与较高的黄斑裂孔闭合率相关,术后视力较术前显著提高<sup>[34-38]</sup>。Michalewska 等<sup>[34]</sup>首次将翻转内界膜瓣用于直径大于 400  $\mu\text{m}$  的黄斑裂孔,在孔周 2 个视盘直径 (papilla disc, PD) 处圆形剥除内界膜,剥除时留一小蒂与视网膜相连形成一个内界膜瓣,并将其翻转覆盖黄斑裂孔。术后黄斑裂孔闭合率为 98%,较常规剥膜组的 88% 显著提高,矫正视力较术前显著提高。这一技术同样被用于高度近视黄斑裂孔<sup>[35]</sup>。高度近视眼常伴随视网膜色素上皮及脉络膜的萎缩,预后远不如特发性黄斑裂孔,而该研究术后黄斑裂孔闭合率达到 100%。研究者为了减少剥膜操作对视网膜的损伤,将翻转术式改良为颞侧翻转内界膜瓣术<sup>[36]</sup>,即只保留颞侧内界膜瓣并将其翻转覆盖于黄斑孔上。结果显示采用颞侧瓣的 IV 期黄斑裂孔术后裂孔闭合率、视力提高程度与改良前无显著差异,但术后出现视网膜神经纤维层分离的比例显著降低。

由于翻转内界膜瓣只是单纯覆盖在裂孔上,上述报道不约而同地提出一个问题,即瓣在气液交换环节容易移位,为此许多加固瓣的方法应运而生。Kuriyama 等<sup>[38]</sup>将内界膜填塞应用于高度近视黄斑裂孔性视网膜脱离,即在提起瓣后将其翻转填塞入裂孔中。也有研究提出了在内界膜移植的基础上加用自体全血、注射过氧-*n*-辛烷液体进行加压、覆盖低分子黏弹剂等固定瓣的方法<sup>[39-41]</sup>。

### 5.2 自体内界膜移植

翻转内界膜瓣的应用提高了巨大黄斑裂孔及高度近视性黄斑裂孔的闭合率,然而并不能解决初次内界膜剥除手术失败的黄斑裂孔问题。为此, Morizane 等<sup>[41]</sup>提出了自体内界膜移植的概念,在内界膜剥除时完全游离 1 个内界膜植片,并将其覆盖或填塞到黄斑裂孔中,促进视网膜神经上皮层的修复及裂孔闭合。这种方法同时适用于首次及二次内界膜剥除手术的患者。研究显示,该术式用于难治性黄斑裂孔伴或不伴视网膜脱

离的裂孔闭合率为 92% ~ 100%, 术后平均矫正视力均较术前显著提高, 视力提高者的比例为 67% ~ 80%, 术中术后多无明显并发症, 仅 2 例出现视网膜神经上皮层萎缩, 3 例出现持续的视网膜下液<sup>[39,42-45]</sup>。

内界膜移植术的机制在于植片能够诱导 Müller 细胞发生胶质增生, 并且为组织增生提供平台。胶质增生能够拉动光感受器细胞向裂孔中心移位, 促进裂孔闭合。翻转内界膜瓣的机制也与此相似。因此单纯覆盖相对填塞的优势或在于其单层平伏的植片更有利于黄斑在短时间内恢复相对正常的中心凹形态, 而填塞由于多层植片的折叠, 术后黄斑中心凹的形态恢复较不理想<sup>[45]</sup>。而单纯覆盖则需更多地考虑植片固定的问题。

### 5.3 保留中心凹的内界膜剥除

如前所述, 内界膜剥除过程可对黄斑中心凹的结构及功能造成损害, 这个矛盾在病理性近视眼上尤为突出。高度近视眼内界膜结构菲薄, 难以辨认, 剥除过程易造成医源性损伤。Lee 等<sup>[46]</sup>对 8 眼高度近视黄斑劈裂眼进行保留中心凹的内界膜剥除, 以中心凹为中心进行环形的内界膜剥除, 仅在中心凹处保留直径约 400  $\mu\text{m}$  边缘平整清晰的内界膜, 术后视力较术前明显提高, 随访期间除 1 眼出现视网膜下液外未见其他并发症。对于高度近视牵拉性黄斑病变, 保留中心凹的内界膜剥除组在术后中心凹神经纤维层厚度、矫正视力以及并发黄斑裂孔的发生率上显著优于常规剥除内界膜组<sup>[31,47-48]</sup>。Baba 等<sup>[47]</sup>研究发现, 有 2/3 患术后 3 个月光相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 检查发现保留的内界膜发生收缩所致的不规则变厚。这可能与内界膜保留的范围、内界膜边缘处理的方式有关, 与 Ho 等<sup>[31]</sup>的研究不同, Shimada 等<sup>[47]</sup>保留的直径约为 1 PD, 且其保留的内界膜边缘卷曲 (使用玻璃体刀切除的缘故)。

保留中心凹的内界膜剥除术还被应用于早期特发性黄斑裂孔。既往有报道在特发性黄斑裂孔玻璃体切割术后观察到神经节细胞复合物厚度降低<sup>[49-50]</sup>, 因此部分学者不主张孔径小于 400  $\mu\text{m}$  的黄斑裂孔进行内界膜剥除<sup>[51]</sup>。为此, 对 2 期黄斑裂孔患者行保留中心凹内界膜剥除的玻璃体切割术, 结果显示保留中心凹组术后均获得平整对称的中心凹结构及完整的椭圆体层结构, 其术后视力及黄斑中心凹形态显著优于常规剥除组<sup>[51]</sup>。

综上, 保留中心凹的内界膜剥除术的优势在于其更大程度地保存了黄斑中心凹结构的完整性, 尤其是 Müller 细胞的完整性。Müller 细胞不仅在维持黄斑中心凹解剖结构上有重要作用, 而且在视网膜内外层信息传递中也扮演着重要角色<sup>[53]</sup>。该技术目前发现的问题则是部分患者术后发生中心凹处内界膜的收缩, 这将对手术效果造成影响。

内界膜保留的范围是该改良术式的关键之一, 然而这因疾病不同而有所差异, 如何在最大程度解除黄斑牵拉的同时做到保护黄斑结构的完整性是影响手术疗效的重要因素。

## 6 小结

内界膜剥除术现已广泛应用于玻璃体视网膜疾病, 尤其是黄斑病变的手术治疗中, 多数研究显示内界膜剥除能够解除黄

斑牵拉, 且与较好的解剖复位、较好的术后视力以及较低的术后复发率相关。然而常规内界膜剥除术可致黄斑中心凹结构及功能改变; 另一方面, 其在病程较长的巨大黄斑裂孔, 高度近视性黄斑裂孔等难治性黄斑病变上的应用仍受限制。因此研究者提出了翻转内界膜瓣、自体内界膜移植、保留中心凹的内界膜剥除术等改良术式, 这些术式的共同操作原则在于更好地保持黄斑中心凹结构的完整性, 但仍需要更多大样本的长期随访研究来证实其作用及并发症的存在。

## 参考文献

- [1] Morris R, Kuhn F, Witherspoon CD. Hemorrhagic macular cysts [J]. *Ophthalmology*, 1994, 101 (1) : 1. DOI: 10.1016/S0161-6420 (13) 31237-8.
- [2] 王景昭, 葛坚, 赵家良. 视网膜病 [M] // 葛坚, 赵家良, 崔浩. 眼科学 (八年制). 北京: 人民卫生出版社, 2010 : 295-326.
- [3] Rodrigues EB, Meyer CH, Farah ME, et al. Intravitreal staining of the internal limiting membrane using indocyanine green in the treatment of macular holes [J]. *Ophthalmologica*, 2005, 219 (5) : 251-262. DOI: 10.1159/000086107.
- [4] Stanescu-Segall D, Jackson TL. Vital staining with indocyanine green: a review of the clinical and experimental studies relating to safety [J]. *Eye (Lond)*, 2009, 23 (3) : 504-518. DOI: 10.1038/eye.2008.249.
- [5] Asencio-Duran M, Manzano-Muñoz B, Vallejo-García JL, et al. Complications of macular peeling [J/OL]. *J Ophthalmol*, 2015, 2015 : 467814 [2017-09-21]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26425351>. DOI: 10.1155/2015/467814.
- [6] Mochizuki N, Yamamoto T, Enaida H, et al. Long-term outcomes of 3 surgical adjuvants used for internal limiting membrane peeling in idiopathic macular hole surgery [J]. *Jpn J Ophthalmol*, 2014, 58 (6) : 455-461. DOI: 10.1007/s10384-014-0345-1.
- [7] Tsipursky MS, Heller MA, de Souza SA, et al. Comparative evaluation of no dye assistance, indocyanine green and triamcinolone acetonide for internal limiting membrane peeling during macular hole surgery [J]. *Retina*, 2013, 33 (6) : 1123-1131. DOI: 10.1097/IAE.0b013e31827b63ce.
- [8] Wu Y, Zhu W, Xu D, et al. Indocyanine green-assisted internal limiting membrane peeling in macular hole surgery: a meta-analysis [J/OL]. *PLoS One*, 2012, 7 (11) : e48405 [2017-03-11]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23144875>. DOI: 10.1371/journal.pone.0048405.
- [9] Kernt M, Hirneiss C, Wolf A, et al. Indocyanine green increases light-induced oxidative stress, senescence, and matrix metalloproteinases 1 and 3 in human RPE cells [J]. *Acta Ophthalmol*, 2012, 90 (6) : 571-579. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2010.01961.x.
- [10] Golan S, Levi R, Entin-Meer M, et al. The effects of vital dyes on retinal pigment epithelium cells in oxidative stress [J]. *Ophthalmic Res*, 2014, 52 (3) : 147-150. DOI: 10.1159/000364881.
- [11] Farah ME, Maia M, Penha FM, et al. The use of vital dyes during vitreoretinal surgery-chromovitrectomy [J]. *Dev Ophthalmol*, 2016, 55 : 365-375. DOI: 10.1159/000438963.
- [12] Gale JS, Proulx AA, Gonder JR, et al. Comparison of the *in vitro* toxicity of indocyanine green to that of trypan blue in human retinal pigment epithelium cell cultures [J]. *Am J Ophthalmol*, 2004, 138 (1) : 64-69. DOI: 10.1016/j.ajo.2004.02.061.
- [13] Ejstrup R, la CM, Heegaard S, et al. Toxicity profiles of subretinal indocyanine green, Brilliant Blue G, and triamcinolone acetonide: a comparative study [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2012, 250 (5) : 669-677. DOI: 10.1007/s00417-011-1886-3.
- [14] Creuzot-Garcher C, Acar N, Passemard M, et al. Functional and structural effect of intravitreal indocyanine green, triamcinolone acetonide, trypan blue, and brilliant blue G on rat retina [J]. *Retina*, 2010, 30 (8) : 1294-1301. DOI: 10.1097/IAE.0b013e3181d205aa.
- [15] Penha FM, Pons M, Costa EF, et al. Retinal pigmented epithelial cells cytotoxicity and apoptosis through activation of the mitochondrial intrinsic pathway: role of indocyanine green, brilliant blue and implications for chromovitrectomy [J/OL]. *PLoS One*, 2013, 8 (5) : e64094 [2017-03-06]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>



23675521. DOI:10.1371/journal.pone.0064094.
- [16] Azuma K, Noda Y, Hirasawa K, et al. Brilliant blue G-assisted internal limiting membrane peeling for macular hole: a systematic review of literature and Meta-analysis [J]. *Retina*, 2016, 36(5): 851–858. DOI: 10.1097/IAE.0000000000000968.
- [17] Balaiya S, Brar VS, Murthy RK, et al. Comparative *in vitro* safety analysis of dyes for chromovitrectomy: indocyanine green, brilliant blue green, bromophenol blue, and infracyanine green [J]. *Retina*, 2011, 31(6): 1128–1136. DOI:10.1097/IAE.0b013e3181fe543a.
- [18] Almony A, Nudleman E, Shah GK, et al. Techniques, rationale, and outcomes of internal limiting membrane peeling [J]. *Retina*, 2012, 32(5): 877–891. DOI:10.1097/IAE.0b013e318227ab39.
- [19] Spiteri CK, Lois N, Scott NW, et al. Vitrectomy with internal limiting membrane peeling versus no peeling for idiopathic full-thickness macular hole [J]. *Ophthalmology*, 2014, 121(3): 649–655. DOI:10.1016/j.ophtha.2013.10.020.
- [20] Park DW, Dugel PU, Garda J, et al. Macular pucker removal with and without internal limiting membrane peeling: pilot study [J]. *Ophthalmology*, 2003, 110(1): 62–64.
- [21] Roh M, Elliott D. Internal limiting membrane peeling during idiopathic epiretinal membrane removal: literature review [J]. *Int Ophthalmol Clin*, 2015, 55(4): 91–101. DOI:10.1097/IIO.0000000000000084.
- [22] 宋宗明, 胡旭颀. 高度近视黄斑区玻璃体视网膜膜界面异常手术治疗中值得探讨的几个问题 [J]. *中华眼底病杂志*, 2013, 29(2): 121–125. DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1015.2013.02.002.
- Song ZM, Hu XT. Disputes revolved about surgeries of macular vitreoretinal interface abnormalities in highly myopic eyes [J]. *Chin J Ocul Fund Dis*, 2013, 29(2): 121–125. DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1015.2013.02.002.
- [23] Nakajima T, Roggia MF, Noda Y, et al. Effect of internal limiting membrane peeling during vitrectomy for diabetic macular edema: systematic review and Meta-analysis [J]. *Retina*, 2015, 35(9): 1719–1725. DOI:10.1097/IAE.0000000000000622.
- [24] Nakamura T, Murata T, Hisatomi T, et al. Ultrastructure of the vitreoretinal interface following the removal of the internal limiting membrane using indocyanine green [J]. *Curr Eye Res*, 2003, 27(6): 395–399.
- [25] Terasaki H, Miyake Y, Nomura R, et al. Focal macular ERGs in eyes after removal of macular ILM during macular hole surgery [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2001, 42(1): 229–234.
- [26] Tadayoni R, Creuzot-Garcher C, Korobelnik JF, et al. Internal limiting membrane peeling for large macular holes: a randomized, multicentric, and controlled clinical trial [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2009, 50(13): 5206–5206.
- [27] Spaide RF. “Dissociated optic nerve fiber layer appearance” after internal limiting membrane removal is inner retinal dimpling [J]. *Retina*, 2012, 32(9): 1719–1726. DOI:10.1097/IAE.0b013e3182671191.
- [28] Haritoglou C, Gass CA, Schaumberger M, et al. Macular changes after peeling of the internal limiting membrane in macular hole surgery [J]. *Am J Ophthalmol*, 2001, 132(3): 363–368. DOI:10.1016/S0002-9394(01)01093-5.
- [29] Clark A, Balducci N, Pichi F, et al. Swelling of the arcuate nerve fiber layer after internal limiting membrane peeling [J]. *Retina*, 2012, 32(8): 1608–1613. DOI:10.1097/IAE.0b013e3182437e86.
- [30] Ueno S, Kondo M, Piao CH, et al. Selective amplitude reduction of the PhNR after macular hole surgery: ganglion cell damage related to ICG-assisted ILM peeling and gas tamponade [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2006, 47(8): 3545–3549. DOI:10.1167/iovs.05-1481.
- [31] Ho TC, Yang CM, Huang JS, et al. Long-term outcome of foveolar internal limiting membrane nonpeeling for myopic traction maculopathy [J]. *Retina*, 2014, 34(9): 1833–1840. DOI:10.1097/IAE.0000000000000149.
- [32] Usui H, Yasukawa T, Hirano Y, et al. Comparative study of the effects of room air and sulfur hexafluoride gas tamponade on functional and morphological recovery after macular hole surgery: a retrospective study [J]. *Ophthalmic Res*, 2013, 50(4): 227–230. DOI:10.1159/000354324.
- [33] Ip MS, Baker BJ, Duker JS, et al. Anatomical outcomes of surgery for idiopathic macular hole as determined by optical coherence tomography [J]. *Arch Ophthalmol*, 2002, 120(1): 29–35. DOI:10.1001/archophth.120.1.29.
- [34] Michalewska Z, Michalewski J, Adelman RA, et al. Inverted internal limiting membrane flap technique for large macular holes [J]. *Ophthalmology*, 2010, 117(10): 2018–2025. DOI:10.1016/j.ophtha.2010.02.011.
- [35] Michalewska Z, Michalewski J, Dulczewska-Cichecka K, et al. Inverted internal limiting membrane flap technique for surgical repair of myopic macular holes [J]. *Retina*, 2014, 34(4): 664–669. DOI:10.1097/IAE.0000000000000042.
- [36] Michalewska Z, Michalewski J, Dulczewska-Cichecka K, et al. Temporal inverted internal limiting membrane flap technique versus classic inverted internal limiting membrane flap technique: a comparative study [J]. *Retina*, 2015, 35(9): 1844–1850. DOI:10.1097/IAE.0000000000000555.
- [37] Chen Z, Zhao C, Ye JJ, et al. Inverted internal limiting membrane flap technique for repair of large macular holes: a short-term follow-up of anatomical and functional outcomes [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2016, 129(5): 511–517. DOI:10.4103/0366-6999.176988.
- [38] Kuriyama S, Hayashi H, Jingami Y, et al. Efficacy of inverted internal limiting membrane flap technique for the treatment of macular hole in high myopia [J]. *Am J Ophthalmol*, 2013, 156(1): 125–131. e1. DOI:10.1016/j.ajo.2013.02.014.
- [39] Lai CC, Chen YP, Wang NK, et al. Vitrectomy with internal limiting membrane repositioning and autologous blood for macular hole retinal detachment in highly myopic eyes [J]. *Ophthalmology*, 2015, 122(9): 1889–1898. DOI:10.1016/j.ophtha.2015.05.040.
- [40] Shin MK, Park KH, Park SW, et al. Perfluoro-n-Octane-assisted single-layered inverted internal limiting membrane flap technique for macular hole surgery [J]. *Retina*, 2014, 34(9): 1905–1910. DOI:10.1016/j.ophtha.2015.05.040.
- [41] Morizane Y, Shiraga F, Kimura S, et al. Autologous transplantation of the internal limiting membrane for refractory macular holes [J]. *Am J Ophthalmol*, 2014, 157(4): 861–869. e1. DOI:10.1016/j.ajo.2013.12.028.
- [42] Chen SN, Yang CM. Inverted internal limiting membrane insertion for macular hole-associated retinal detachment in high myopia [J]. *Am J Ophthalmol*, 2016, 162: 99–106. e1. DOI:10.1016/j.ajo.2013.12.028.
- [43] Dai Y, Dong F, Zhang X, et al. Internal limiting membrane transplantation for unclosed and large macular holes [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2016, 254(11): 2095–2099. DOI:10.1007/s00417-016-3461-4.
- [44] Ho TC, Chen MS, Huang JS, et al. Foveola nonpeeling technique in internal limiting membrane peeling of myopic foveoschisis surgery [J]. *Retina*, 2012, 32(3): 631–634. DOI:10.1097/IAE.0b013e31824D0A4B.
- [45] Shimada N, Sugamoto Y, Ogawa M, et al. Fovea-sparing internal limiting membrane peeling for myopic traction maculopathy [J]. *Am J Ophthalmol*, 2012, 154(4): 693–701. DOI:10.1016/j.ajo.2012.04.013.
- [46] Lee CL, Wu WC, Chen KJ, et al. Modified internal limiting membrane peeling technique (maculorrhexis) for myopic foveoschisis surgery [J]. *Acta Ophthalmol*, 2017, 95(2): 128–128, 131. DOI:10.1111/aos.13115.
- [47] Baba T, Yamamoto S, Kimoto R, et al. Reduction of thickness of ganglion cell complex after internal limiting membrane peeling during vitrectomy for idiopathic macular hole [J]. *Eye (Lond)*, 2012, 26(9): 1173–1180. DOI:10.1038/eye.2012.170.
- [48] Chang S. Controversies regarding internal limiting membrane peeling in idiopathic epiretinal membrane and macular hole [J]. *Retina*, 2012, 32 Suppl 2: S200–203; discussion S203–204. DOI:10.1097/IAE.0b013e31825bc02b.
- [49] Pilli S, Zawadzki RJ, Werner JS, et al. Visual outcome correlates with inner macular volume in eyes with surgically closed macular hole [J]. *Retina*, 2012, 32(10): 2085–2095. DOI:10.1097/IAE.0b013e31825c1c0c.
- [50] Ho TC, Yang CM, Huang JS, et al. Foveola nonpeeling internal limiting membrane surgery to prevent inner retinal damages in early stage 2 idiopathic macula hole [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2014, 252(10): 1553–1560. DOI:10.1007/s00417-014-2613-7.
- [51] Franze K, Grosche J, Skatchkov SN, et al. Muller cells are living optical fibers in the vertebrate retina [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2007, 104(20): 8287–8292. DOI:10.1073/pnas.0611180104.

(收稿日期:2017-04-25 修回日期:2017-10-05)

(本文编辑:杜娟)