

# 近视牵引性黄斑病变的分级及治疗

袁明珠, 张 宪, 孙旭芳

引用: 袁明珠, 张宪, 孙旭芳. 近视牵引性黄斑病变的分级及治疗. 国际眼科杂志, 2026, 26(5): 792-799.

基金项目: 国家重点研发计划 (No. 2024YFC2510803); 国家自然科学基金项目 (No. 82471103)

作者单位: (430030) 中国湖北省武汉市, 华中科技大学同济医学院附属同济医院眼科 耳鼻咽喉及眼科疾病湖北省重点实验室 血管衰老教育部重点实验室

作者简介: 袁明珠, 在读博士研究生, 研究方向: 眼底病。

通讯作者: 孙旭芳, 博士, 主任医师, 教授, 博士研究生导师, 研究方向: 眼底病. [sunxufang2016@163.com](mailto:sunxufang2016@163.com)

收稿日期: 2025-09-26 修回日期: 2026-03-19

## 摘要

近视牵引性黄斑病变 (MTM) 是高度近视患者常见的视力威胁性并发症。随着高度近视全球化发展, MTM 患病率在全球范围内呈现逐年攀升的趋势, 导致的疾病、经济及社会负担日益加剧。光学相干断层扫描 (OCT) 技术的出现与发展为 MTM 的分级提供了有力的技术支持。基于对 MTM 的病理机制及自然病程理解的深入, 研究者提出多种分级方法并应用于临床, 为个体化治疗管理 MTM 患者提供了重要的依据。除此之外, 经睫状体平坦部玻璃体切除术 (PPV) 以及后巩膜加固、黄斑扣带术 (MB) 等手术方式及手术材料的创新改良也为 MTM 的治疗提供了更多选择。文章系统综述了 MTM 的分级体系、治疗策略, 重点探讨了基于 OCT 的分级方法对个体化治疗方案的指导作用, 并对现有 PPV、MB 及其联合手术等新兴术式的有效性与安全性证据进行归纳。文章进一步提出未来研究应聚焦于构建整合多模态数据的手术时机预测模型以明确手术适应证, 开展多中心大样本临床随机对照试验探索 PPV 及 MB 单一或联合术式选择, 实现 MTM 个性化手术治疗, 以期优化 MTM 临床诊疗路径、改善患者预后提供理论依据与实践方向。

关键词: 近视牵引性黄斑病变; 高度近视; 经睫状体平坦部玻璃体切除术; 黄斑扣带术; 分级; 治疗策略

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2026.5.11

## Staging and therapeutic strategies of myopic traction maculopathy

Yuan Mingzhu, Zhang Xian, Sun Xufang

Foundation items: National Key Research and Development Program of China (No. 2024YFC2510803); National Natural Science Foundation of China (No. 82471103)

Department of Ophthalmology, Tongji Hospital, Tongji Medical College of Huazhong University of Science & Technology; Hubei Key

Laboratory of Otorhinolaryngologic and Ophthalmic Diseases; Key Laboratory of Vascular Aging, Ministry of Education, Wuhan 430030, Hubei Province, China

Correspondence to: Sun Xufang. Department of Ophthalmology, Tongji Hospital, Tongji Medical College of Huazhong University of Science & Technology; Hubei Key Laboratory of Otorhinolaryngologic and Ophthalmic Diseases; Key Laboratory of Vascular Aging, Ministry of Education, Wuhan 430030, Hubei Province, China. [sunxufang2016@163.com](mailto:sunxufang2016@163.com)

Received: 2025-09-26 Accepted: 2026-03-19

## Abstract

• Myopic traction maculopathy (MTM) is a common vision-threatening complication in patients with high myopia. With the global increase in high myopia, the prevalence of MTM has been rising worldwide, leading to a growing burden of disease, economic costs, and social impact. The emergence and development of optical coherence tomography (OCT) have provided robust technical support for the staging of MTM. Based on the evolving understanding of its pathological mechanisms and natural course, various staging systems have been proposed and applied in clinical practice, offering crucial guidance for the personalized management of MTM patients. Additionally, innovations and refinements in surgical techniques and materials, such as pars plana vitrectomy (PPV), posterior scleral reinforcement, and macular buckling (MB), have expanded the therapeutic options for MTM. This article systematically reviews the staging systems and treatment strategies for MTM, focusing on the role of OCT-based staging in guiding individualized treatment plans. It also summarizes the current evidence on the efficacy and safety of existing and emerging surgical approaches, including PPV, MB, and their combined procedures. The review further proposes that future research should focus on developing predictive models integrating multimodal data to clarify surgical timing and indications, as well as conducting large-scale, multicenter randomized controlled trials to explore the selection of PPV, MB, or combined surgeries. The review aims to discuss personalized treatment for MTM, providing theoretical foundations and practical directions for optimizing clinical management and improving patient prognosis for MTM patients.

• KEYWORDS: myopic traction maculopathy; high myopia; pars plana vitrectomy; macular buckling; staging; therapeutic strategies

Citation: Yuan MZ, Zhang X, Sun XF. Staging and therapeutic strategies of myopic traction maculopathy. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2026, 26(5): 792-799.

## 0 引言

近视牵引性黄斑病变 (myopia traction maculopathy, MTM) 是高度近视的常见并发症,以视网膜劈裂、视网膜裂孔、中心凹视网膜脱离等病理表现为主要特征。在病理性近视人群中,MTM 患病率约为 7.3%–35%,进展率 12.6%–68.9%,未及时干预将导致严重视力损伤乃至致盲<sup>[1-2]</sup>。因此,掌握 MTM 的自然病程,对 MTM 进行详细的分级对临床指导 MTM 患者的管理方案至关重要。然而目前仍缺乏综合指南指导 MTM 的诊疗方案。因此本文就 MTM 的发病机制、分级、治疗方式进行综述,为 MTM 临床诊疗提供新的思路。

## 1 MTM 的定义

1958 年 Phillips<sup>[3]</sup> 首次在 1 例近视性后巩膜葡萄肿的患者中发现了疑似 MTM,并称为“视网膜黄斑劈裂”。1999 年, Takano 等<sup>[4]</sup> 首次描述了“中心凹视网膜黄斑劈裂”光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 的特征。“近视牵引性黄斑病变”一词最早由 Panozzo<sup>[5]</sup> 于 2004 年提出,用于描述视网膜受到异常牵引力导致的黄斑损伤,包括视网膜劈裂、视网膜脱离 (retinal detachment, RD)、板层黄斑裂孔 (lamellar macular hole, LMH)、全层黄斑裂孔 (full-thickness macular hole, FTMH) 以及黄斑裂孔性视网膜脱离 (macular hole associated retinal detachment, MHRD) 等病理表现。Ruiz-Medrano 等<sup>[6]</sup> 在临床实践中提出应将同样有着牵引力作用的玻璃体黄斑牵引 (vitreomacular traction, VMT) 纳入 MTM 的特征范围, Cheong 等<sup>[1]</sup> 则认为 MTM 应仅聚焦视网膜层间劈裂等特异性形态改变。2025 年基于 MTM 分类及管理的台湾专家共识将 MTM 定义为黄斑区牵引相关的视网膜劈裂及其后续进展的病理过程,包括 LMH、FTMH 和 MHRD,与此前大多数研究者的定义相一致<sup>[7]</sup>。

## 2 MTM 的发病机制

MTM 的发病机制目前尚未完全阐明,普遍认为与眼轴持续增长及不规则眼球扩张,后巩膜葡萄肿进展,内界膜 (internal limiting membrane, ILM) 僵硬,以及视网膜前病变导致的对视网膜的牵引有关<sup>[2,8-13]</sup>。病理性近视患者中后巩膜葡萄肿的患病率高达 90%,其中 MTM 患病率明显增高并与眼轴增长高度相关<sup>[12]</sup>。玻璃体黄斑牵引对内层视网膜产生指向玻璃体的离心力也在视网膜层间劈裂以

及视网膜脱离中发挥重要作用<sup>[6]</sup>。除此之外,研究发现胶原纤维缺乏导致的内界膜硬度增加以及玻璃体后脱离共同促进视网膜前膜产生,在眼球后极部不规则扩张的共同作用下产生的切向牵引力,促进内层 LMH 的形成,最终进展为 FTMH<sup>[6,8]</sup>。同时,在病理性近视中视网膜自身硬度升高也可能与 MTM 的发生及进展存在潜在关联<sup>[10-11]</sup>。

## 3 MTM 的分级

早在 2006 年, Shimada 等<sup>[14-15]</sup> 对 MTM 患者纵向随访发现,在 2 a 及以上的随访中 50% 患者将发生黄斑裂孔 (macular hole, MH) 或 RD,并在 2008 年首次描述了 MTM 患者从早期视网膜劈裂进展为 RD 过程中视网膜 4 个阶段的形态变化 (表 1, 图 1)。从第 1 阶段到第 3 阶段平均病程 4.5 mo,最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA) 无明显变化,仅在第 4 阶段发生 BCVA 显著下降 (>0.2 LogMAR)。该分级有助于指导临床判断 MTM 患者预后以及选择手术时机,然而该分级方式并未考虑 MH 的发生进展模式。随后,其团队进一步探究了 MTM 患者 LMH 的自然病程并发现高度近视眼中 LMH 趋于稳定,较少发展为 FTMH,且 MH 的进展似乎不受视网膜劈裂的影响<sup>[16]</sup>。2013 年, Shimada 等<sup>[17]</sup> 将视网膜劈裂分为 5 级并发现 S4 级患者进展率远高于 S1–S3 级 (42.9% vs 7.8%),具有更明确的手术干预指征 (表 2, 图 2)。然而,这种分类仅基于外层劈裂的范围而未考虑视网膜内层劈裂情况,并仅探讨了视网膜劈裂的严重情况,并未将 MH 等表现纳入考虑。2019 年, Ruiz-Medrano 等<sup>[6]</sup> 提出 ATN 分类系统将近视性黄斑病变分为萎缩性 (atrophy, A), 牵引性 (traction, T) 以及新生血管性 (neovascularization, N), 其中将牵引性黄斑病变分为 6 级 (表 3, 图 3)。该分类系统纳入了主要的 MTM 病理表现,但并非完全遵循 MTM 的自然病程进展。考虑到 MTM 中 MH 和 MD 进展的独立性, Parolini 等<sup>[18]</sup> 提出了新的 MTM 分级系统 (MTM staging system, MSS) (表 4, 图 4), 将受垂直于视网膜方向的牵引力影响的视网膜模式和视网膜切向牵引力导致的中心凹模式分别分为 1–4 级和 a–c 级。MSS 结合 MTM 自然病程的演变规律及进展机制,更全面地对 MTM 的病理过程进行了诠释和归纳,对 MTM 患者手术方案的选择具有指导价值,并已经得到国际验证<sup>[19]</sup>。2025 年中国台湾专家根据 MTM 分类及管理共识将 MTM 重新分类 (表 5, 图 5)<sup>[7]</sup>。

表 1 2008 年 Shimada 等<sup>[15]</sup> 基于视网膜脱离自然进程分级

阶段	OCT 表现
第一阶段	外层视网膜局部增厚
第二阶段	增厚视网膜下方区域出现外板层裂孔,并伴随小范围视网膜脱离
第三阶段	裂孔上方视网膜水平方向脱离,同时外板层裂孔垂直方向扩大
第四阶段	附着在劈裂层上部的外层视网膜上边界进一步抬高,视网膜脱离范围持续扩大

注:表格内容根据参考文献[15]描述整理绘制。

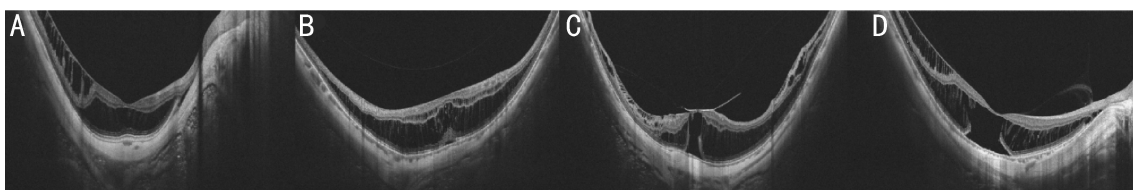


图 1 基于 2008 年 Shimada 等<sup>[15]</sup> 的视网膜脱离自然进程分级的 OCT 示例 A: 第一阶段,外层视网膜局部增厚;B: 第二阶段,增厚视网膜下方区域出现外板层裂孔,并伴随小范围视网膜脱离;C: 第三阶段,裂孔上方视网膜水平方向脱离,同时外板层裂孔垂直方向扩大;D: 第四阶段,附着在劈裂层上部的外层视网膜上边界进一步抬高,视网膜脱离范围持续扩大。

表2 2013年 Shimada 等<sup>[17]</sup> 基于视网膜劈裂累及范围分级

分级	OCT 表现
S0	未见黄斑劈裂
S1	黄斑中心凹旁劈裂
S2	劈裂仅累及中心凹
S3	劈裂累及中心凹及中心凹旁但未及整个黄斑
S4	劈裂累及全黄斑区

注:表格内容根据参考文献[17]描述整理绘制。

表3 2019年 Ruiz-Medrano 等<sup>[6]</sup> 基于 ATN 分类分级

分级	OCT 表现
T0	未见黄斑劈裂
T1	内层或外层中心凹劈裂
T2	内层合并外层中心凹劈裂
T3	中心凹脱离
T4	全层黄斑裂孔
T5	黄斑裂孔性视网膜脱离

注:表格内容根据参考文献[6]描述整理绘制。

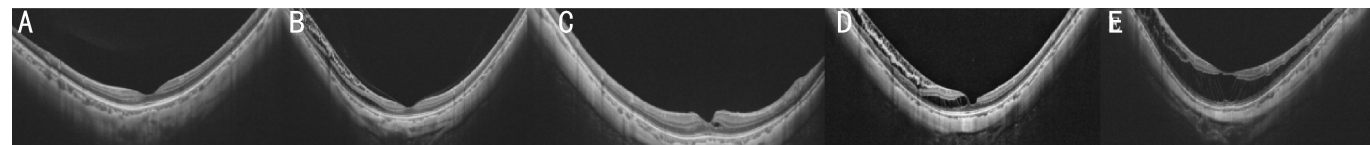


图2 基于2013年 Shimada 等<sup>[17]</sup> 黄斑劈裂累及范围分级的 OCT 示例 A: S0, 未见黄斑劈裂; B: S1, 黄斑中心凹旁劈裂; C: S2, 劈裂仅累及中心凹; D: S3, 劈裂累及中心凹及中心凹旁但未及整个黄斑; E: S4, 劈裂累及全黄斑区。

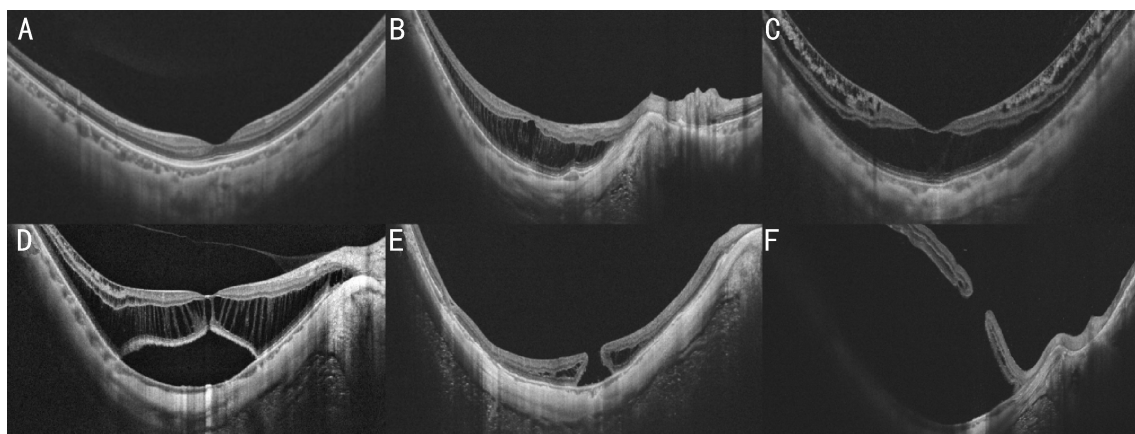


图3 基于2019年 Ruiz-Medrano 等<sup>[6]</sup> ATN 分类分级的 OCT 示例 A: T0, 未见黄斑劈裂; B: T1, 内层或外层中心凹劈裂; C: T2, 内层合并外层中心凹劈裂; D: T3, 中心凹脱离; E: T4, 全层黄斑裂孔; F: T5, 黄斑裂孔性视网膜脱离。

然而该分类主要基于中心凹病变的严重程度,且仅探讨了指导经睫状体平坦部玻璃体切除术(pars plana vitrectomy, PPV)的手术时机及手术方案,并未讨论其他手术方式。

#### 4 MTM 的治疗现状

**4.1 MTM 治疗适应证** 在 MTM 中,FTMH 和 MHRD 是普遍接受的手术适应证。在 ATN 分类系统中,通常建议 T3-T5 期接受手术治疗<sup>[20]</sup>。BCVA 也是临床评估是否具有手术指征的重要指标,Li 等<sup>[21]</sup>报道据统计临床 MTM 患者接受手术时视力不足 20/40。2025 年台湾专家共识<sup>[7]</sup>提出的 MTM 手术指征为:(1) 视力未达到 20/40;(2) 发生视网膜解剖结构进展[包括黄斑劈裂加重(层间垂直高度增加)、水平方向扩展(劈裂腔范围扩大)、中央囊腔增大(中心空腔化进展)、LMH 加深、椭圆体带缺损区扩大];(3) 中心凹脱离;(4) FTMH。而提出 MSS 的 Parolini 等<sup>[13]</sup>则强调中心凹及视网膜模式分别的独立处理策略。其中,Ⅲa 及Ⅳa 期患者建议进行黄斑扣带术(macular buckling, MB)治疗,Ⅰc 及有症状的Ⅰb 期患者建议进行 PPV 手术治疗,Ⅱb、Ⅲb 及Ⅳb 期患者建议综合考虑选择 MB 手术并根据预后选择是否进行二次 PPV 手术,而Ⅱc、Ⅲc 及Ⅳc 的患者建议行 MB 联合 PPV 手术,以便同时治疗视网膜劈裂和 MH,以期达到良好的长期预后。根据 MSS 指导的手术方案选择在临床应用中取得良好结果<sup>[22-23]</sup>。比较

而言,2025 年台湾专家共识更关注解剖结构动态变化,强调了对疾病动态随访的重要性。同时对视力要求提出了更清晰的具体指标,易于在临床实践中应用。然而台湾专家共识仅关注了以 PPV 为主的手术方式,并未纳入 MB 等手术考虑,更适用于现有条件仅能开展 PPV 手术的医疗环境。而 MSS 分级系统则更侧重于从疾病机制出发,通过视网膜解剖结构进行更精细的分期,并据此推荐差异化的手术策略及随访计划,适用于指导复杂病例的个体化治疗。然而,MSS 分级系统并未将视力纳入手术适应证详细考虑,因此在临床决策中可以综合运用两种分级系统评估,以实现更为精准的干预。总结来看,当前不同的 MTM 分级系统为手术指征的把握提供了多维度的视角。

**4.2 后巩膜加固术** 后巩膜加固术 (posterior scleral reinforcement, PSR) 是最早应用于 MTM 治疗的手术方式,通过加强后巩膜,限制由于巩膜支撑力减弱导致的眼球进行性伸长及不规则扩张<sup>[24]</sup>。用于加强后巩膜的材料包括异体巩膜<sup>[25]</sup>、异体硬脑膜<sup>[26]</sup>、阔筋膜<sup>[27]</sup>、异体真皮等<sup>[24]</sup>。随着手术方式的改良,越来越多研究探索新型材料用于巩膜加固<sup>[28-29]</sup>。应用于劈裂术后 1 a 恢复率达 93.75%,应用于 MH 裂孔闭合率 77.78%,应用于中心凹脱离复位率达 78.1%,术后患者屈光度、BCVA、眼轴长度均明显改善<sup>[25,30]</sup>。然而,PSR 的疗效并非立竿见影,近一半患者需

要接近 1 a 的恢复期才能实现劈裂腔恢复和 BCVA 改善<sup>[31-33]</sup>。考虑到 PSR 对眼球壁机械性加固的直接作用,可用于防控病理性近视导致的眼轴持续扩张及近视度数加深,因此 PSR 现多用于病理性近视患者的近视防控中预防 MTM 发生,并具有可观的安全性及有效性<sup>[34-35]</sup>。

**4.3 MB** 早在 1957 年,基于对 PSR 的调整和改良,MB 被首次报道应用于治疗 MHRD 患者<sup>[36]</sup>。通过在黄斑区巩膜后垫压扣带植入物,一方面对抗由于眼球进行性增长以及不规则扩张产生的对视网膜向后的牵引力,另一方面通过垫压缓解玻璃体视网膜界面对视网膜产生向内的牵引力促进视网膜再附着<sup>[36]</sup>。其形成的医源性圆顶黄斑也是 MTM 重要的保护因素<sup>[24]</sup>。自提出后,许多研究者自主设计了多种类型的黄斑扣带植入物用于手术<sup>[37-44]</sup>。2012 年

Mateo 等<sup>[37-38]</sup>开发了 T 形硅胶包裹钛丝的扣带 Ando plombe,后提出照明系统用于术中定位,降低了手术难度。然而钛丝材料过强的刚性提高了术中微调扣带位置的难度,并且对术后长期安全性提出了挑战。2012 年 Williams 等报道了硅胶材质的可调节黄斑扣带,具有更高的安全性及术中更易实现精细调节及准确定位的优势,并报道了应用于 FTMH 合并中心凹脱离患者的长期疗效及安全性<sup>[39-40]</sup>。2024 年,Parolini<sup>[41]</sup>报道了一种医用级 PMMA 材质外镀生物相容性硅胶的 J 形扣带 NPB,设计了负载装置并报道了经验性术中缝合参数,大大降低了手术难度。未来新型植入物及手术导航定位系统的开发将成为新的研究热点,旨在降低 MB 的操作难度与风险,提升 MB 手术的长期安全性及有效性<sup>[42-43]</sup>。

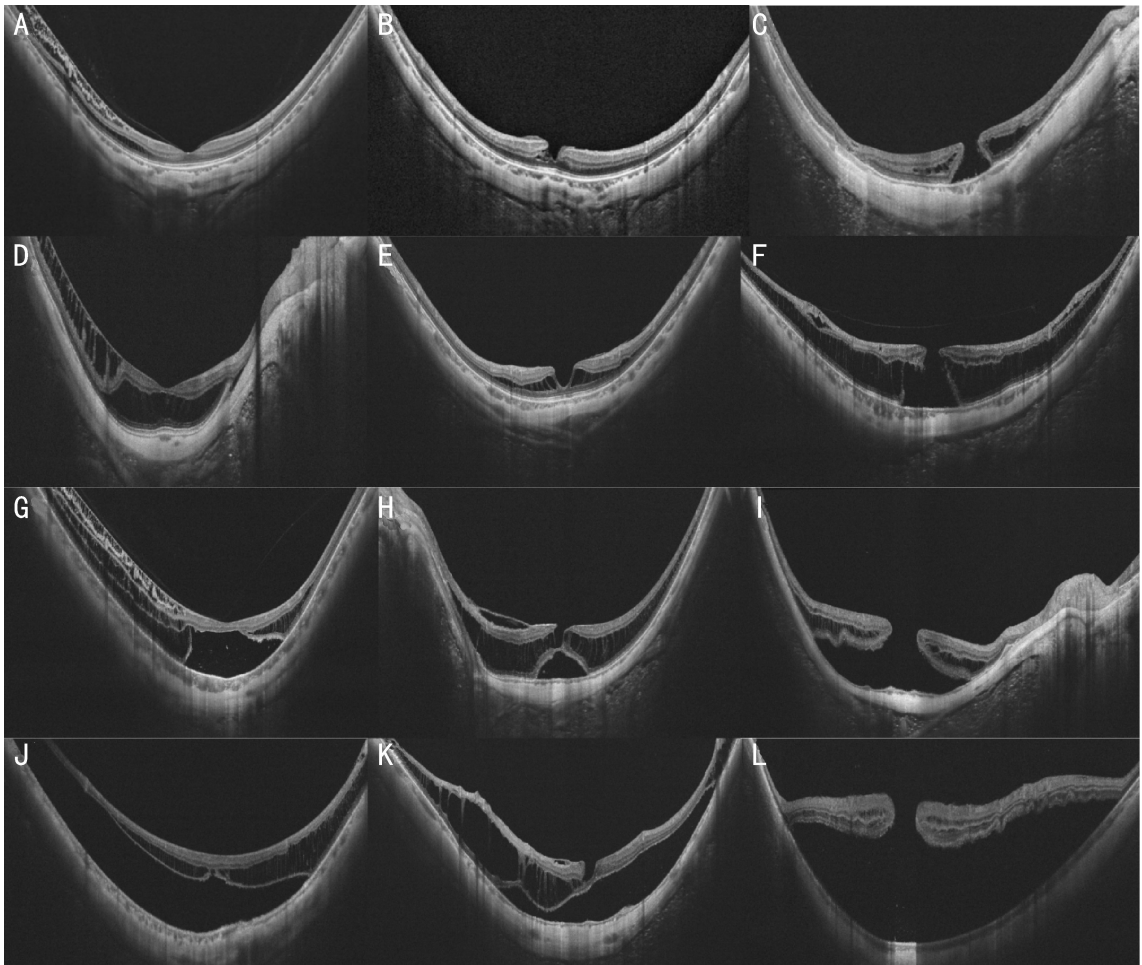


图 4 基于 2020 年 Parolini 等<sup>[18]</sup> MSS 分级的 OCT 示例 A:1a,仅内层或外层黄斑劈裂;B:1b,内层或外层黄斑劈裂伴板层黄斑裂孔;C:1c,内层或外层黄斑劈裂伴全层黄斑裂孔;D:2a,仅显著外层黄斑劈裂;E:2b,显著外层黄斑劈裂伴板层黄斑裂孔;F:2c,显著外层黄斑劈裂伴全层黄斑裂孔;G:3a,仅中心凹脱离;H:3b,中心凹脱离伴板层黄斑裂孔;I:3c,中心凹脱离伴全层黄斑裂孔;J:4a,仅整个黄斑区视网膜脱离;K:4b,整个黄斑区视网膜脱离伴板层黄斑裂孔;L:4c,整个黄斑区视网膜脱离伴全层黄斑裂孔。

表 4 2021 年 Parolini 等<sup>[18]</sup>的 MSS 分级

视网膜模式	OCT 表现	中心凹模式	OCT 表现
1	内层或外层黄斑劈裂	a	中心凹形态正常
2	显著外层黄斑劈裂	b	板层黄斑裂孔
3	黄斑劈裂伴中心凹脱离	c	全层黄斑裂孔
4	整个黄斑区视网膜脱离		

注:表格内容根据参考文献[18]描述整理绘制。

表5 2025年基于台湾专家共识<sup>[7]</sup>的分类

分类	OCT表现
I	a 仅存在黄斑劈裂(不伴板层裂孔) 内层或外层黄斑劈裂
	b 合并内层和外层黄斑劈裂(包括显著外层劈裂) 合并内层和外层黄斑劈裂(包括显著外层劈裂)
II	a 黄斑劈裂伴板层裂孔 内层或外层黄斑劈裂
	b 合并内层和外层黄斑劈裂(包括显著外层劈裂) 合并内层和外层黄斑劈裂(包括显著外层劈裂)
III	a 黄斑劈裂伴黄斑脱离 仅中心凹旁脱离
	b 中心凹脱离不伴板层黄斑裂孔
	c 中心凹脱离合并板层黄斑裂孔
IV	黄斑劈裂伴全层黄斑裂孔或黄斑裂孔性视网膜脱离

注:表格内容根据参考文献<sup>[7]</sup>描述整理绘制。

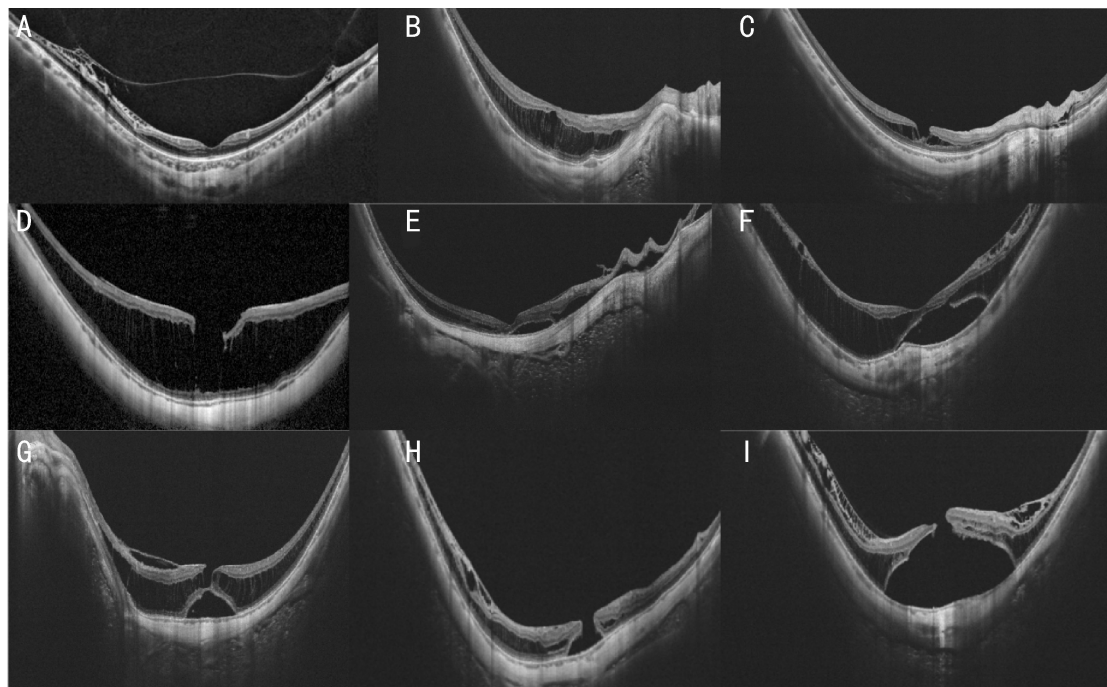


图5 基于2025年基于台湾专家共识<sup>[7]</sup>分类的OCT示例 A: I a,仅存在内层或外层黄斑劈裂;B: I b,合并内层和外层黄斑劈裂(包括显著外层劈裂);C: II a,内层或外层黄斑劈裂伴板层裂孔;D: II b,合并内层和外层黄斑劈裂(包括显著外层劈裂)伴板层裂孔;E: III a,黄斑劈裂伴黄斑中心凹旁脱离;F: III b,黄斑劈裂伴黄斑中心凹脱离不伴板层黄斑裂孔;G: III c,黄斑劈裂中心凹脱离合并板层黄斑裂孔;H: IV,黄斑劈裂伴全层黄斑裂孔;I: IV,黄斑裂孔性视网膜脱离。

据 Meta 分析报道,MB 应用于仅劈裂恢复率可达 100%,应用于 RD,MB 术后短期(1-3 mo)视网膜复位率达到 60%,中期(6-12 mo)视网膜复位率达 92%,而长期(12 mo 以上)视网膜复位率达到 94%,合并 FTMH 患者长期黄斑裂孔闭合率达 72%,术后视力均有所改善<sup>[45-46]</sup>。术后常见的并发症为复视、眼压升高、视物变形、眼球运动受限、植入物暴露等,但发生率低并在随访过程中可自行消失<sup>[47-50]</sup>。大量研究报道无论是应用于劈裂合并中心凹脱离,还是 MHRD 患者,相较于 PPV,MB 在解剖学和功能学有效性上均具有非劣效性甚至优效性,并且术后白内障、MH 等并发症更少<sup>[45,51-52]</sup>。因此,越来越多的研究者将目光转向 MB 手术,Zhang 等<sup>[53]</sup>报道了 MB 联合自体视网膜移植应用于 PPV 联合硅油填充术后复发的 MHRD 患者取得了良好的解剖学及功能学疗效,进一步拓展了 MB 手术的应用场景。目前 MB 手术应用于 MTM 患者的安全性及有效性已得到初步验证,未来仍需更多研究探索 MB 手术的适应证及其与 PPV 联合术式及其分期应用(延迟联合)在 MTM 中的应用。

4.4 PPV 自 1970 年 Machemer 团队成功完成首例闭合式 PPV 后,PPV 进入了飞速发展的阶段,目前已成为临床 MTM 治疗的主要手术方式<sup>[54-55]</sup>。PPV 通过消除指向玻璃体的垂直牵引力以及对视网膜的切向牵引,促进视网膜复位<sup>[13]</sup>。目前关于 PPV 是否联合 ILM 剥离以及填充物选择均存在争议。考虑到 ILM 僵硬导致对中心凹产生的切向牵引,ILM 剥离被应用于治疗 MTM 的 PPV 中。与非剥离相比,PPV 联合 ILM 剥离(internal limiting membrane peeling,ILMP)有助于更好地解决视网膜劈裂,但术后视力改善存在争议<sup>[56-57]</sup>。应用于 MHRD 患者可取得较好的视网膜复位率和视力改善<sup>[57-58]</sup>,然而在 MH 中尽管可实现更高的裂孔闭合率,但对视力改善无明显作用<sup>[59]</sup>。有研究者提出中心凹 ILMP 会导致术后医源性 MH 形成,因此提出了 FSIP。近期 Meta 分析发现 FSIP 应用于 MTM 患者术后视力改善明显优于标准 ILMP,并且术后 MH 发生率更低<sup>[60-61]</sup>。相较于标准 ILMP,ILMF 技术在降低术后 MH 发生率上也有着明显的优势,但在改善视觉功能方面似乎与 FSIP 没有显著差异<sup>[57,62-63]</sup>。此外,PPV 在 MTM 治

疗中的应用策略正不断演进与创新,涵盖了自体神经感觉视网膜移植、晶状体囊膜移植、自体血凝块修复等技术<sup>[64-66]</sup>。然而尽管进行了许多改良,在长期随访中 MTM 患者 PPV 术后并发 MH 的发生率依旧居高不下<sup>[67]</sup>。空气填充最先应用于 PPV,然而在黄斑劈裂患者中与单纯 PPV 相比,联合空气填充不仅并未带来更佳的视力改善和劈裂消退率,还与术后并发症发生增多相关,但应用于 LMH 患者中报道了较好的闭合率和视功能恢复<sup>[56,68]</sup>。惰性气体填充和空气在 MTM 中具有相近的 MH 闭合率以及视网膜恢复率,但均不理想且依赖于患者术后体位<sup>[69-70]</sup>。也有部分研究探究硅油填充应用于 MTM 患者 PPV 手术的疗效,在 MHRD 患者中视网膜复位率为 75% - 88.4%<sup>[71-75]</sup>,MH 裂孔闭合率约 60%。研究报道手术失败的患者在进行二次手术后可获得 100% 的解剖复位率,然而术后居高不下的 MH 发生率仍导致 PPV 在 MTM 中的使用依旧存在争议。

**4.5 联合手术** Parolini 等<sup>[13]</sup>认为,前路手术(包括 MB、PSR 等)主要解除作用于视网膜的垂直牵引力,用于改善视网膜模式,而内路手术(如 PPV)可以消除作用于中心凹的切向牵引力,用于改善中心凹模式。因此为了同时改善两个方向牵引力分别导致的 MH 和视网膜脱离,研究者们提出联合内路和外路手术的方式。Frisina<sup>[76]</sup>报道了 1 例 PSR 治疗 PPV 术后 MHRD 复发患者的病例并报道了较好的术后解剖和功能恢复。同时联合在 MTM 中也取得了可观疗效, Ma 等<sup>[77]</sup>开展的 RCT 研究发现在 MHRD 患者中应用 PPV 联合 MB 相较于单纯 PPV 联合 ILMP 具有更好的视网膜复位率和视力改善。而相较于单纯 MB,联合手术也有更高的视网膜复位率、裂孔闭合率以及视力改善<sup>[78]</sup>。Cao 等<sup>[79]</sup>对既往研究分析发现在 MTM 患者中应用 PPV 联合 MB 手术视网膜复位率可达 93%,MH 闭合率为 65%,患者视力改善率可达 80%。PPV 和 MB 联合手术的疗效仍需更高质量的研究证实,同时联合手术的时机也值得深入探讨。

## 5 争议与未来方向

MTM 的致病机制尚未完全阐明,现有研究多将其归因于眼轴异常增长所致视网膜生物力学牵拉的核心作用<sup>[18]</sup>。然而,临床观察发现短眼轴 MTM 与长眼轴非 MTM 患者并存的现象,提示除机械性牵引之外,可能还存在其他重要致病因素参与疾病发生。Chen 等<sup>[80]</sup>分析了 38 例眼轴长不足 26.5 mm 的 MTM 患者临床特征发现,后巩膜葡萄肿可能是独立于眼轴增长导致 MTM 发生的始动因素。也有研究报道在 MTM 中发现 *OCA2* 等基因突变,提示遗传在 MTM 中同样发挥作用<sup>[81]</sup>。现已有研究总结了 MTM 相关基因研究进展<sup>[82]</sup>,相较于其他类型的近视性黄斑病变,MTM 相关分子机制以及病理特征的研究有限,随着大规模临床研究的持续开展,有望在未来系统揭示更多影响因素与分子机制,从而不断完善对 MTM 的整体认识。在诸多机制假设中,玻璃体黄斑牵引的作用仍存在争议,亟待更多高质量研究明确其在 MTM 发生与发展中的具体角色,以优化临床干预策略与患者管理路径。从治疗演进角度看,治疗 MTM 的手术方式经历了从 MB 向 PPV,再重新回归至 MB 的演变历程。在 PPV 技术蓬勃发展的 20 a 间,因操作难度高且缺乏足够安全有效专用于后极部垫压的材料,MB 的发展一度陷入停滞。近年来越来越多临床研究证实了 MB 在未合并 MH 的 MTM 患者中的疗效,未

来研究应致力于改良扣带设计、降低手术难度、探索 PPV 与 MB 联合术式及其分期应用(延迟联合),以进一步提升手术安全性及患者预后。随着机器学习技术的蓬勃发展,未来有望构建基于 MTM 患者影像学资料、检验资料等多模态数据的高效预测模型,用于评估不同分级患者的预后情况,并辅助筛选最适合手术干预的目标人群。这将为实现 MTM 的个体化、精准化诊疗提供重要决策依据。

## 6 小结

本文系统综述了 MTM 的分级体系、治疗策略及其临床应用价值,重点探讨了基于 OCT 的分级方法对个体化治疗方案的指导作用,并对现有 PPV、MB 及其联合手术等新兴术式的有效性与安全性证据进行归纳。本文进一步提出未来研究应聚焦于构建整合多模态数据的手术时机预测模型,并探索新型 PPV 及 MB 联合的手术治疗策略,以期优化临床诊疗路径及改善患者预后提供理论依据与实践方向。

**利益冲突声明:** 本文不存在利益冲突。

**作者贡献声明:** 袁明珠文献检索,初稿撰写;张宪论文修改;孙旭芳选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

## 参考文献

- [1] Cheong KX, Xu LQ, Ohno-Matsui K, et al. An evidence-based review of the epidemiology of myopic traction maculopathy. *Surv Ophthalmol*, 2022, 67(6):1603-1630.
- [2] Matsumura S, Sabanayagam C, Wong CW, et al. Characteristics of myopic traction maculopathy in myopic Singaporean adults. *Br J Ophthalmol*, 2021, 105(4):531-537.
- [3] Phillips CI. Retinal detachment at the posterior pole. *Br J Ophthalmol*, 1958, 42(12):749-753.
- [4] Takano M, Kishi S. Foveal retinoschisis and retinal detachment in severely myopic eyes with posterior staphyloma. *Am J Ophthalmol*, 1999, 128(4):472-476.
- [5] Panozzo G. Optical coherence tomography findings in myopic traction maculopathy. *Arch Ophthalmol*, 2004, 122(10):1455-1460.
- [6] Ruiz-Medrano J, Montero JA, Flores-Moreno I, et al. Myopic maculopathy: Current status and proposal for a new classification and grading system (ATN). *Prog Retin Eye Res*, 2019, 69:80-115.
- [7] Lee CY, Ho TC, Chen SN, et al. Classification and management of myopic traction maculopathy: a vitrectomy-based consensus from Taiwanese experts. *Int Ophthalmol*, 2025, 45(1):174.
- [8] Chen L, Wei YT, Zhou XZ, et al. Morphologic, biomechanical, and compositional features of the internal limiting membrane in pathologic myopic foveoschisis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2018, 59(13):5569-5577.
- [9] Shinohara K, Tanaka N, Jonas JB, et al. Ultrawide-field OCT to investigate relationships between myopic macular retinoschisis and posterior staphyloma. *Ophthalmology*, 2018, 125(10):1575-1586.
- [10] VanderBeek BL, Johnson MW. The diversity of traction mechanisms in myopic traction maculopathy. *Am J Ophthalmol*, 2012, 153(1):93-102.
- [11] Ikuno Y, Gomi F, Tano Y. Potent retinal arteriolar traction as a possible cause of myopic foveoschisis. *Am J Ophthalmol*, 2005, 139(3):462-467.
- [12] Hsiang HW, Ohno-Matsui K, Shimada N, et al. Clinical characteristics of posterior staphyloma in eyes with pathologic myopia. *Am J Ophthalmol*, 2008, 146(1):102-110.
- [13] Parolini B, Palmieri M, Finzi A, et al. Guidelines for the treatment of myopic traction maculopathy. *Macular Surgery*. Singapore:

Springer Singapore, 2020;305–339.

[14] Shimada N, Ohno–Matsui K, Baba T, et al. Natural course of macular retinoschisis in highly myopic eyes without macular hole or retinal detachment. *Am J Ophthalmol*, 2006,142(3):497–500.

[15] Shimada N, Ohno–Matsui K, Yoshida T, et al. Progression from macular retinoschisis to retinal detachment in highly myopic eyes is associated with outer lamellar hole formation. *Br J Ophthalmol*, 2008, 92(6):762–764.

[16] Tanaka Y, Shimada N, Moriyama M, et al. Natural history of lamellar macular holes in highly myopic eyes. *Am J Ophthalmol*, 2011, 152(1):96–99.

[17] Shimada N, Tanaka Y, Tokoro T, et al. Natural course of myopic traction maculopathy and factors associated with progression or resolution. *Am J Ophthalmol*, 2013,156(5):948–957.

[18] Parolini B, Palmieri M, Finzi A, et al. The new myopic traction maculopathy staging system. *Eur J Ophthalmol*, 2021, 31(3):1299–1312.

[19] Parolini B, Arevalo JF, Hassan T, et al. International validation of myopic traction maculopathy staging system. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina*, 2023,54(3):153–157.

[20] Kong KJ, Xu SS, Wang YC, et al. Progression patterns of myopic traction maculopathy in the fellow eye after pars Plana vitrectomy of the primary eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021,62(15):9.

[21] Li KKW, Wong DHT, Li PSH. Are we facing an increasing surgical demand for high myopic traction maculopathies? A 12-year study from Hong Kong. *BMC Ophthalmol*, 2023,23(1):31.

[22] Parolini B, Matello V, Palmieri M, et al. Customized treatment for myopic traction maculopathy based on the MTM staging system: Long-term results in naïve eyes. *Eur J Ophthalmol*, 2025,35(5):1842–1853.

[23] Ripa M, Motta L, Matello V, et al. Long-Term results of macular buckle for MTM stage 3–4 With maculoschisis and macular detachment without and With lamellar macular hole. *Eur J Ophthalmol*, 2024, 34(6):1828–1836.

[24] Frisina R, Gius I, Palmieri M, et al. Myopic traction maculopathy: diagnostic and management strategies. *Clin Ophthalmol*, 2020,14:3699–3708.

[25] He Q, Wang X, Shi QH, et al. Posterior scleral reinforcement for the treatment of myopic traction maculopathy. *BMC Ophthalmol*, 2022, 22(1):273.

[26] Ma JL, Wu FY, Liu ZY, et al. Biomechanical considerations of patching material for posterior scleral reinforcement surgery. *Front Med*, 2022,9:888542.

[27] Shevelev M. Operation against high myopia and scleraectasia with aid of the transplantation of fascia lata on thinned sclera. *Russ Oftalmol J*, 1930,11:107–110.

[28] Zhang WF, Li BH, Liu ZB, et al. The feasibility and safety of biomaterials for posterior scleral reinforcement in rabbits. *Biomed Mater*, 2024,19(5):055027.

[29] Xu YL, Chen QL, Shao ZZ, et al. Evaluation of new robust silk fibroin hydrogels for posterior scleral reinforcement in rabbits. *Front Bioeng Biotechnol*, 2023,11:1211688.

[30] Pan AP, Wan T, Zhu SQ, et al. Clinical investigation of the posterior scleral contraction to treat macular traction maculopathy in highly myopic eyes. *Sci Rep*, 2017,7:43256.

[31] Ye J, Pan AP, Zhu SQ, et al. Posterior scleral contraction to treat myopic foveoschisis in highly myopic eyes. *Retina*, 2021, 41(5):1047–1056.

[32] Zhu ZC, Ji XY, Zhang JS, et al. Posterior scleral reinforcement in the treatment of macular retinoschisis in highly myopic patients. *Clin Exper Ophthalmol*, 2009,37(7):660–663.

[33] Zhu SQ, Zheng LY, Pan AP, et al. The efficacy and safety of posterior scleral reinforcement using genipin cross-linked sclera for

macular detachment and retinoschisis in highly myopic eyes. *Br J Ophthalmol*, 2016,100(11):1470–1475.

[34] Peng C, Xu J, Ding XY, et al. Effects of posterior scleral reinforcement in pathological myopia: a 3-year follow-up study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2019,257(3):607–617.

[35] Chen J, Tang Y, Lin ZH, et al. Effect and safety posterior scleral reinforcement on controlling myopia in children: a meta-analysis. *Int Ophthalmol*, 2024,44(1):8.

[36] Schepens CL. The scleral buckling procedures. *AMA Arch Ophthalmol*, 1958,60(6):1003–1017.

[37] Mateo C, Burés–Jelstrup A, Navarro R, et al. Macular buckling for eyes with myopic foveoschisis secondary to posterior staphyloma. *Retina*, 2012,32(6):1121–1128.

[38] Mateo C, Dutra Medeiros M, Alkabes M, et al. Illuminated andoplombe for optimal positioning in highly myopic eyes with vitreoretinal diseases secondary to posterior staphyloma. *JAMA Ophthalmol*, 2013,131(10):1359–1362.

[39] Stirpe M, Ripandelli G, Rossi T, et al. A new adjustable macular buckle designed for highly myopic eyes. *Retina*, 2012, 32(7):1424–1427.

[40] Cacciamani A, Lazzeri S, Rossi T, et al. Adjustable macular buckling for full-thickness macular hole with foveoschisis in highly myopic eyes: Long-Term Anatomical and Functional Results. *Retina*, 2016,36(4):709–716.

[41] Parolini B. A new model of a macular buckle and a refined surgical technique for the treatment of myopic traction maculopathy. *Vision*, 2024,8(3):42.

[42] Wu PC, Sheu JJ, Chen YH, et al. Gore-tex vascular graft for macular buckling in high myopia eyes. *Retina*, 2017,37(7):1263–1269.

[43] Pappas G, Vidakis N, Petousis M, et al. Individualized ophthalmic explants by means of reverse engineering and 3D printing technologies for treating high myopia complications with macular buckles. *Biomimetics*, 2020,5(4):54.

[44] Cyrino FVR, de Lucena MM, de Oliveira Audi L, et al. Historical and practical aspects of macular buckle surgery in the treatment of myopic traction maculopathy: case series and literature review. *Int J Retina Vitreous*, 2024,10(1):60.

[45] Liu BQ, Chen SD, Li YH, et al. Comparison of macular buckling and vitrectomy for the treatment of macular schisis and associated macular detachment in high myopia: a randomized clinical trial. *Acta Ophthalmol*, 2020,98(3):e285–e291.

[46] Abu Serhan H, Ahmed A, Chaudhry M, et al. Macular buckling for myopic traction maculopathy: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *Am J Ophthalmol*, 2025,270:25–34.

[47] Zhang Q, Zhao XJ, Liu BQ, et al. Vision and Metamorphopsia outcomes of macular buckling for foveoschisis-associated macular detachment in highly myopic eyes. *Retina*, 2024,44(9):1546–1551.

[48] Tang NN, Zhao XJ, Chen J, et al. Changes in the choroidal thickness after macular buckling in highly myopic eyes. *Retina*, 2021, 41(9):1858–1866.

[49] Zhao XJ, Wang YB, Chen YQ, et al. Factors affecting visual prognosis of myopic foveoschisis after macular buckling. *J Ophthalmol*, 2022,2022:9293347.

[50] Zhao XJ, Ma W, Lian P, et al. Three-year outcomes of macular buckling for macular holes and foveoschisis in highly myopic eyes. *Acta Ophthalmol*, 2020,98(4):e448–e455.

[51] Zhao XJ, Li YH, Ma W, et al. Macular buckling versus vitrectomy on macular hole associated macular detachment in eyes with high myopia: a randomised trial. *Br J Ophthalmol*, 2022,106(4):582–586.

[52] Alkabes M, Mateo C. Macular buckle technique in myopic traction maculopathy: a 16-year review of the literature and a comparison with

vitreous surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2018, 256(5): 863–877.

[53] Zhang RR, Li MX, Li J, et al. Macular buckling combined with autologous retinal transplantation for the treatment of recurrent macular hole retinal detachment: a case report. *Medicine*, 2025, 104(22): e42621.

[54] Norton EW, Machemer R. A new approach to the treatment of selected retinal detachments secondary to vitreous loss at cataract surgery. *Trans Am Ophthalmol Soc*, 1971, 69:63–70.

[55] Gonvers M, Machemer R. A new approach to treating retinal detachment with macular hole. *Am J Ophthalmol*, 1982, 94(4): 468–472.

[56] Meng B, Zhao L, Yin Y, et al. Internal limiting membrane peeling and gas tamponade for myopic foveoschisis: a systematic review and meta-analysis. *BMC Ophthalmol*, 2017, 17(1):166.

[57] Kadonosono K, Yazama F, Itoh N, et al. Treatment of retinal detachment resulting from myopic macular hole with internal limiting membrane removal. *Am J Ophthalmol*, 2001, 131(2):203–207.

[58] Taniuchi S, Hirakata A, Itoh Y, et al. Vitrectomy with or without internal limiting membrane peeling for each stage of myopic traction maculopathy. *Retina*, 2013, 33(10):2018–2025.

[59] Mihalache A, Huang RS, Patil NS, et al. Pars Plana vitrectomy with or without internal limiting membrane peel for macular hole: a Systematic Review and Meta-Analysis. *Retina*, 2024, 44(3):381–391.

[60] Quiroz-Reyes MA, Quiroz-Gonzalez EA, Quiroz-Gonzalez MA, et al. Novel surgical approaches for treating myopic traction maculopathy: a meta-analysis. *BMC Ophthalmol*, 2024, 24(1):105.

[61] Chen GH, Mao SH, Tong YH, et al. Fovea sparing versus complete internal limiting membrane peeling for myopic traction maculopathy: a meta-analysis. *Int Ophthalmol*, 2022, 42(3):765–773.

[62] Zheng DZ, Huang ZJ, Zeng Q, et al. Anatomical and visual outcomes of fovea-sparing internal limiting membrane peeling with or without inverted flap technique for myopic foveoschisis. *BMC Ophthalmol*, 2022, 22(1):444.

[63] Feng JY, Shao Q, Xie JM, et al. Comparison of three internal limiting membrane peeling techniques for myopic traction maculopathy with high risk of postoperative macular hole development. *Retina*, 2023, 43(11):1872–1880.

[64] De Giacinto C, D'Aloisio R, Cirigliano G, et al. Autologous neurosensory retinal free patch transplantation for persistent full-thickness macular hole. *Int Ophthalmol*, 2019, 39(5):1147–1150.

[65] Chen SN, Yang CM. Lens capsular flap transplantation in the management of refractory macular hole from multiple etiologies. *Retina*, 2016, 36(1):163–170.

[66] 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. *Ophthalmology*, 2015, 122(9):1889–1898.

[67] Wakabayashi T, Shiraki N, Tsuboi K, et al. Risk factors and outcomes of postoperative macular hole formation after vitrectomy for myopic traction maculopathy. *Ophthalmol Retina*, 2023, 7(9):779–787.

[68] Wang JL, Wang YL. Long-term outcome of vitrectomy with

suitable internal limiting membrane peeling and air tamponade for highly myopic foveoschisis – associated lamellar macular hole. *J Ophthalmol*, 2020, 2020:2074037.

[69] Zhang K, Yang XH, Wang ZY, et al. Comparison of air versus perfluoropropane intraocular tamponade combined with vitrectomy for the treatment of macular hole in high myopia. *Retina*, 2023, 43(1):42–48.

[70] Lam RF, Lai WW, Cheung BTO, et al. Pars Plana vitrectomy and perfluoropropane (C3F8) tamponade for retinal detachment due to myopic macular hole: a prognostic factor analysis. *Am J Ophthalmol*, 2006, 142(6):938–944.

[71] Yao YO, Qu JF, Shi X, et al. Vitrectomy with silicone oil tamponade and without internal limiting membrane peeling for the treatment of myopic foveoschisis with high risk of macular hole development. *Front Med*, 2021, 8:648540.

[72] Mete M, Parolini B, Maggio E, et al. 1000 cSt silicone oil vs heavy silicone oil as intraocular tamponade in retinal detachment associated to myopic macular hole. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2011, 249(6):821–826.

[73] Ghoraba HH, Leila M, Shebl M, et al. Long-term outcome after silicone oil removal in eyes with myopic retinal detachment associated with macular hole. *Clin Ophthalmol*, 2021, 15:1003–1011.

[74] Hong N, Huang BS, Tong JP. Primary silicone oil tamponade and internal limiting membrane peeling for retinal detachment due to macular hole in highly myopic eyes with chorioretinal atrophy. *BMC Ophthalmol*, 2015, 15(1):165.

[75] Xie AM, Lei JQ. Pars Plana vitrectomy and silicone oil tamponade as a primary treatment for retinal detachment caused by macular holes in highly myopic eyes: a risk-factor analysis. *Curr Eye Res*, 2013, 38(1): 108–113.

[76] Frisina R. A customized posterior scleral reinforcement for myopic macular hole with retinal detachment and posterior staphyloma: a case report. *Eur J Ophthalmol*, 2021, 31(5):NP88–NP92.

[77] Ma J, Li HH, Ding XH, et al. Effectiveness of combined macular buckle under direct vision and vitrectomy with ILM peeling in refractory macular hole retinal detachment with extreme high axial myopia: a 24-month comparative study. *Br J Ophthalmol*, 2017, 101(10):1386–1394.

[78] Zhao XJ, Song HY, Tanumiharjo S, et al. Macular buckling alone versus combined inverted ILM flap on macular hole-associated macular detachment in patients with high myopia. *Eye*, 2023, 37(13): 2730–2735.

[79] Cao K, Wang JD, Zhang JS, et al. The effectiveness and safety of posterior scleral reinforcement with vitrectomy for myopic foveoschisis treatment: a systematic review and meta-analysis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2020, 258(2):257–271.

[80] Chen J, Chen SD, Zhao XJ, et al. Characteristics and management of myopic traction maculopathy in myopic eyes with axial length less than 26.5 mm. *Retina*, 2022, 42(3):540–547.

[81] Chen L, Wei Y, Chi W, et al. Potential mutations in Chinese pathologic myopic patients and contributions to phenotype. *Curr Mol Med*, 2018, 18(10):689–697.

[82] 孔静, 温莹. 病理性近视特征性临床表现及其相关基因研究进展. *国际眼科杂志*, 2025, 25(4):620–626.