

近视牵引性黄斑病变分级及诊疗研究进展

李世玮 综述 吴强 审校

上海交通大学医学院附属第六人民医院眼科, 上海 200233

通信作者: 吴强, Email: qiang.wu@shsmu.edu.cn

【摘要】 近视牵引性黄斑病变(MTM)是高度近视眼黄斑部视网膜劈裂(MRS)、黄斑裂孔(MH)及黄斑部视网膜脱离(MD)等多种病理改变的总称。近年来,基于光学相干断层扫描,根据外层MRS累及的部位和范围、MTM与后巩膜葡萄肿的关系以及是否发生MH、MD等提出的新的MTM分级方法,加深了对疾病的认识,可有效评估病情及预后。MTM的发病机制可能与玻璃体视网膜粘连、内界膜牵拉及后巩膜葡萄肿产生的垂直及切线方向的牵引力有关。在MTM的自然病程中,多数MRS的形态和视功能保持稳定,劈裂的进展与劈裂的严重程度以及外层视网膜微结构的损害有关。处于进展期、视力明显受损的MTM可行手术治疗,玻璃体切割术是主要的治疗手段,对于发生MH和/或MD的MTM可选择黄斑扣带术或联合手术,对于合并长眼轴、后巩膜葡萄肿及玻璃体切割术效果不佳的MTM可选择后巩膜加固术,以达到解除内外向牵引力、复位视网膜的目的,手术效果也与多种因素有关。酶促玻璃体溶解、巩膜交联技术等也为治疗MTM提供了新思路。本文就MTM的临床特点和诊疗策略进行归类总结,以指导诊疗。

【关键词】 近视; 体层摄影术, 光学相干; 玻璃体视网膜手术; 近视牵引性黄斑病变/诊断

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(81770940)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20210818-00466

Research progress in the classification, diagnosis and treatment of myopic traction maculopathy

Li Shiwei, Wu Qiang

Department of Ophthalmology, Shanghai Sixth People's Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200233, China

Corresponding author: Wu Qiang, Email: qiang.wu@shsmu.edu.cn

【Abstract】 Myopic traction maculopathy (MTM) is a general term for multiple pathological changes such as myopic retinoschisis (MRS), macular hole (MH), and macular detachment (MD) in highly myopic eyes. The new MTM classification methods based on optical coherence tomography, the size and the location of the outer MRS, the relationship of MTM with posterior staphyloma, occurrence of MH and MD deepen the understanding of the disease and effectively assess the condition and prognosis of the disease. The pathogenesis of MTM may be related to the perpendicular and tangential traction produced by vitreoretinal adhesion, internal limiting membrane, and the posterior staphyloma. In the natural course of MTM, the morphology and visual function of most patients with MRS remain stable, and the progression of MRS is related to the severity of schisis and damage to the outer retinal microstructure. Surgical treatment is effective for advanced MTM with significantly impaired visual function. Vitrectomy is the main treatment method for MTM. Macular buckling or combined surgery can be chosen for MRS with MH and/or MD, and posterior scleral reinforcement is also an option for the treatment of MTM with long axial length, posterior staphyloma and poor results of vitrectomy to achieve the goal of relieving internal and external traction and repositioning the retina. The effectiveness of the surgery is also related to a variety of factors. Enzymatic vitreolysis and scleral cross-linking techniques have also provided new ideas for the treatment of MTM. This article summarized the clinical features and treatment strategies of MTM to guide its diagnosis and treatment.

【Key words】 Myopia; Tomography, optical coherence; Vitreoretinal surgery; Myopic traction maculopathy/diagnosis

Fund program: General Program of National Natural Science Foundation of China (81770940)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20210818-00466

病理性近视 (pathologic myopia, PM) 是指屈光度 ≥ -6.00 D, 眼轴长度 ≥ 26.5 mm, 后极部脉络膜、视网膜组织呈进行性损害的眼病^[1]。PM 发病率为 0.9%~3.1%^[2], 亚洲国家有 0.2%~1.4% 的患者因 PM 黄斑部病变导致视力损害^[3], 严重影响生活质量。在 PM 眼中, 视网膜劈裂 (myopic retinoschisis, MRS)、黄斑裂孔 (macular hole, MH) 及黄斑部视网膜脱离 (macular detachment, MD) 等病理改变均可由牵引因素导致, 其中以 MRS 最为常见, 因此, 2004 年, Panozzo 和 Mercanti^[4] 将其统称为近视牵引性黄斑病变 (myopic traction maculopathy, MTM), 其在屈光度 ≥ -5.00 D 的近视眼中的患病率约为 7.3%^[5]。随着频域光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 技术的快速发展以及对 PM 眼底黄斑部并发症的重视, 临床上对 MTM 也有了更多的研究和认识。本文就 MTM 的分级、分期、发病机制、临床表现、自然病程和治疗进行综述。

1 MTM 的分级和分期

作为 MTM 最主要的病理改变, MRS 可发生在外丛状层和/或外核层 (外层劈裂)、内丛状层、神经节细胞层、神经纤维层以及内界膜层 (内层劈裂)^[1,6], 也有研究者把发生在内丛状层和/或内核层的劈裂定义为中层劈裂。外层和中层劈裂多累及黄斑中心凹及周围区, 而内层劈裂多发生在血管旁, 合并圆顶样黄斑的劈裂在中心凹外更常见^[7-8]。Shimada 等^[9] 根据外层 MRS 累及的部位和范围将其分为 S0~S4 级, 其中无劈裂为 S0 级, 黄斑中心凹外劈裂为 S1 级, 劈裂仅累及黄斑中心凹为 S2 级, 劈裂位于中心凹但未累及整个黄斑为 S3 级, 劈裂累及整个黄斑区为 S4 级 (图 1), 此类分级方法仅将发生率较高的外层劈裂进行分级, 反映了外层劈裂对黄斑区的影响程度, 但未将内层劈裂纳入到分级系统中。借助于超广角扫描 OCT, Shinohara 等^[10] 在 S4 级基础上又细分出 S4(D) 级, 即劈裂累及整个黄斑区, 但除外中心凹圆顶样黄斑的中心, 并提出 S5 级, 其又细分为 2 个亚级: 劈裂范围至少超过后巩膜葡萄肿 1 个边缘为 S5s 级; 劈裂不伴发后巩膜葡萄肿为 S5d 级, 劈裂范围超出扫描 OCT 的扫描范围。这种分级方法加深了对 MRS 整体形态学特征的认识, 但未对 MTM 的其他病理学改变 (MH 和 MD) 进行归类 and 分级。根据 MTM 病理学改变的 OCT 影像学特征和病变严重程度, 提出了 2 种新的分级方法: 一种是 Ruiz-Medrano 等^[1] 基于高度近视眼黄斑部 3 种最重要的病理改变, 即萎缩 (atrophy, A)、牵引 (traction, T) 和新生血管 (neovascularization, N), 提出了高度近视眼黄斑病变 ATN 新分类和分级系统, 其中又把代表“T”的 MTM 分为 5 级, 无 MRS 为 T0 级, 内层或外层 MRS 为 T1 级, 外层合并内层 MRS 为 T2 级, 中心凹脱离为 T3 级, 全层 MH 为 T4 级, MH 合并视网膜脱离为 T5 级 (图 2); 另一种是 Parolini 等^[11] 提出的 MTM 新分级系统 (Maculopathy Staging System, MSS), 其认为垂直于视网膜方向的牵引力导致了 MRS 和 MD 的发生, 将其分为 4 级, 内层或外层 MRS 为 1 级, 以外层 MRS 为主为 2 级, 黄斑部 MRS 合并 MD 为 3 级, MD 累及整个黄斑区为 4 级, 称之为视网膜模式, 而视

网膜切线方向的牵引力导致了 MH 的发生, 因此在以上每一级的基础上又分为 3 级, 正常中心凹为 a 级, 内板层 MH 为 b 级, 全层 MH 为 c 级, 称之为中心凹模式。MSS 分级方法结合了 MTM 的发病机制, 较 ATN 分级方法更加细化, 较为全面地反映了 MTM 的病变严重程度和演变规律, 可为评估病情、判断手术时机和指征、优化手术方案提供良好的指导。

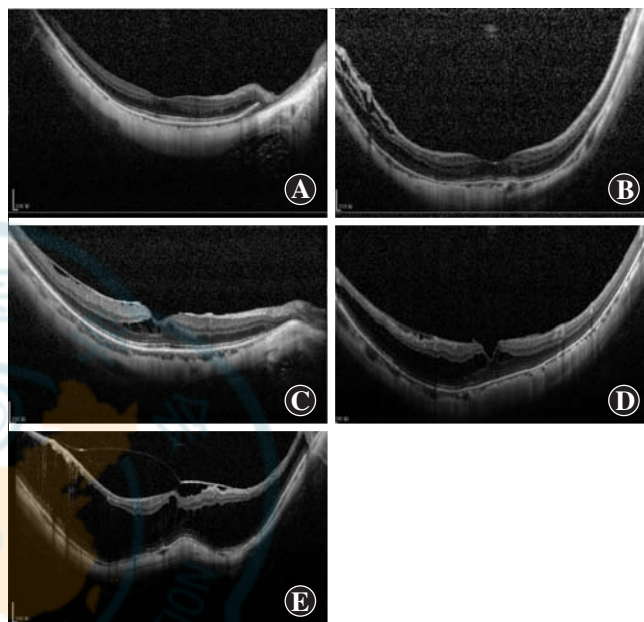


图 1 根据外层 MRS 累及部位和范围分级^[9] A: S0 级 B: S1 级 C: S2 级 D: S3 级 E: S4 级

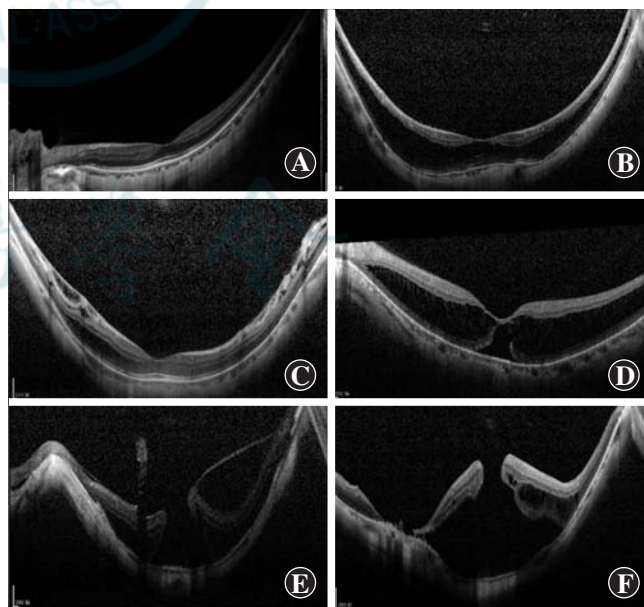


图 2 ATN 分类和分级系统^[1] A: T0 级 B: T1 级 C: T2 级 D: T3 级 E: T4 级 F: T5 级

2 MTM 的发病机制

多项研究表明, MTM 的发生与眼球不规则扩张、后巩膜葡萄肿产生的外向牵引力, 不完全性玻璃体后脱离、玻璃体牵引、

后皮质残留产生的内向牵引力,巩膜横向扩张、黄斑前膜、视网膜血管皱褶、僵硬的内界膜产生的切线方向的牵引力,以及后极部脉络膜视网膜萎缩变性有关^[12-16]。Parolini 等^[16]研究认为,内、外向牵引力可导致 MRS 和 MD 的发生,而切线方向的牵引力可导致板层和全层 MH 的发生。通过对 MRS 患眼进行超广角扫频 OCT 检查发现,86.0% 的 MRS 眼合并后巩膜葡萄肿,在所有外层劈裂合并后巩膜葡萄肿的患眼中,外层劈裂范围均局限在葡萄肿的区域内,提示后巩膜葡萄肿是 MRS 重要的发病因素之一;而在 89.5% 的无后巩膜葡萄肿的 MRS 眼中,视网膜前膜、玻璃体黄斑牵引及视网膜血管皱褶发生率较高^[10],表明内向牵引力可能有助于无后巩膜葡萄肿 MRS 的发生和发展。Takahashi 等^[6,13]回顾性分析了 54 眼 MRS 患眼劈裂与伴发改变的关系,发现后巩膜葡萄肿、后极部玻璃体视网膜血管粘连及其导致的血管旁异常改变(微囊样改变、板层裂孔及内层劈裂)在黄斑部 MRS 眼中的发生率均高于无黄斑部 MRS 的高度近视眼,推测后巩膜葡萄肿及视网膜血管处玻璃体粘连产生的较强牵引力可能在黄斑部 MRS 的发生和发展中起重要作用。MRS 眼的内界膜在组织病理学中表现为薄且僵硬,与特发性 MH 的患眼相比,其 IV 型胶原纤维浓度较低,可能在黄斑部 MRS 的形成中起主要作用^[15],当内界膜脱离发生断裂时,劈裂可自发减轻或自愈^[9]。

3 MTM 的临床表现和自然病程

MTM 患者的视功能在未发展为 MH 前可保持稳定^[11],当劈裂进展、椭圆体带缺失或发生 MH 和 MD 时,可出现视力下降、视物变形以及视野中央黑影。一项针对 50 眼 MRS 眼进行平均长达 31.7 个月的前瞻性观察研究显示,28% 的患眼末次就诊时视力下降 ≥ 2 行,其中 S4 级患眼占 71.4%,S4 级大多劈裂腔较高、视力较差,且伴发光感受器脱离和椭圆体带断裂及 MD 的比例高;8% 的患眼发生累及中心凹的光感受器脱离,2% 发展为 MH 合并视网膜脱离^[17]。Shimada 等^[9]对 207 眼 MTM 眼进行平均 36.2 个月的随访观察,发现 11.6% 劈裂进展,其中 S4 级 42.9% 患眼劈裂进展;MH 和 MD 的发生率分别为 2.4% 和 3.4%,认为多数 MRS 在随访期内形态学和视力未发生变化,劈裂程度越重,进展越快,而且易合并外层视网膜微结构的改变,对视功能的影响也较大。MRS 通常要经过 1 年的时间进展为板层 MH 或 MD^[10],而 MH 和 MD 可以互为彼此发生和发展的危险因素^[18-20],当出现 MH 时,MH 性视网膜脱离可能在较短时间内发生。临床上也观察到在随访过程中劈裂腔有缩小甚至消失的现象^[21],主要与内向或切向方向牵引力的自发缓解或解除有关,包括玻璃体发生完全性后脱离或脱离的内界膜发生断裂、变平。Shimada 等^[9]观察到,3.9% (8/207) 的患眼在随访期内劈裂减轻或自愈,其中 4 眼发生完全性玻璃体后脱离,2 眼内界膜断裂。此外,黄斑部巩膜曲率的改变可能也与劈裂腔的好转有关,Hoang 等^[22]报道了 2 例劈裂自发好转的患者,发现劈裂好转时其巩膜曲率半径较首诊时分别减少了 0.2 mm 和 0.3 mm,推测后巩膜形态学变化也是影响 MTM 自然病程的重要因素。在 OCT 血管成像中,MTM 表现为脉络膜

毛细血管密度降低及无血管区扭曲、体积及周长变大,浅层视网膜血管密度降低,这可能与内界膜的切向牵引力有关^[23]。机械性牵引力及脉络膜血流灌注不良可能使 Müller 细胞纤维发生错位、营养不良,导致视力下降,而伴圆顶样黄斑的 MRS 较无圆顶样黄斑的 MRS 视力更好^[7,8],脉络膜毛细血管密度更高,血流灌注代偿性增加可能阻止 MH 或 MD 发生^[24]。这提示我们,内向牵引力可导致 MTM 视网膜内层血流的变化,视网膜血流变化及脉络膜血流灌注可能是反映 MTM 视功能、预测其进展演变的敏感指标,在手术治疗中应注意保护黄斑部的脉络膜血供,防止黄斑缺血。

4 MTM 的手术治疗

4.1 手术适应证和时机的选择

MTM 发生 MH 或 MD,导致视功能受损时可进行手术干预,但其 OCT 表现与视功能可能存在相对不一致性,在内向牵引因素自发解除后,少数患者的劈裂腔会发生缩小或自愈,其中部分患者视力提高。文献报道,不伴 MH 及黄斑萎缩的 MRS 眼术后有 16.7% 的患眼因继发 MH 或 MH 性视网膜脱离而导致术后视力低于术前,手术效果不佳^[25]。因此,对 MTM 手术指征和时机的把握尤为重要,多数研究者把进行性视力下降(最佳矫正视力 $\leq 20/40$)或出现显著的视物变形作为首选的手术指征^[26-29],在症状出现 6.7~12.1 个月时进行手术^[28,30-31]。有研究者认为,近半数的 MRS 患眼在 2 年内会发展为 MH 或视网膜脱离^[32],影响视功能,合并 MD 的 MRS 患眼术后视力低于未合并 MD 的患眼,而在 MRS 未发展为 MH 或 MD 早期阶段进行手术,术后视力获益较多,尤其对外层视网膜有潜在受损倾向或长眼轴的患者手术效果较好,因此建议应尽早进行手术治疗^[32-34]。而有研究者认为,术前 MRS 是否伴发 MH 或 MD 对术后视力影响不大^[28],当劈裂发生 MD 时,视力骤降,症状持续时间短,外层视网膜结构和功能受损较轻,此时手术可获得较好的视力收益,术后视力恢复也好于非 MD 患眼^[30,35],因此建议待 MRS 发生 MD 时再行手术治疗。Parolini 等^[36]根据 MTM 的发病机制,在其 MSS 分类系统的基础上提出了 MTM 分级治疗管理指南,认为对于 1a 级和 2a 级单纯 MRS,因其黄斑部病变较轻,进展缓慢,可每 12~18 个月进行随访观察;对于有症状的 1b 级(合并内板层 MH 的 MRS)和 1c 级(合并全层 MH 的 MRS),因存在切向牵引力,可行经睫状体平坦部玻璃体切割术(par plana vitrectomy, PPV);对于 3a 和 4a 级患者,其 MD 主要由垂直于视网膜表面的牵引力导致,因此建议行黄斑扣带术(macular buckle surgery, MB);对于伴发板层 MH 的 2b、3b 和 4b 级患者,先进行 MB 手术,术后如仍有症状可进行 PPV 手术;而对于同时合并 LMH 和 MD 的 2c、3c 和 4c 级患者,病情较重,合并多种复杂的致病因素,建议行 MB 和 PPV 联合手术治疗。未来可能需要对 MTM 的自然病程进行大样本量的长期随访观察,对 OCT 相关指标(椭圆体带缺损程度、劈裂腔高度及黄斑中心凹厚度)进行量化研究,并与功能学指标相结合,为手术指征和时机的选择提供有力的依据。

4.2 手术方式的选择和手术效果

目前,临床上治疗 MTM 的手术方式主要有 PPV、后巩膜加固术、MB 手术以及联合手术等,旨在解除内、外向牵引力,促进劈裂腔愈合,阻止其向 MD 或 MH 发展。

4.2.1 经睫状体平坦部玻璃体切割术 PPV 是目前治疗 MTM 的主要手术方式,手术解除内向牵引因素,促使劈裂的视网膜贴附,但对于 PPV 术中是否行内界膜剥除有不同的选择。多数研究者认为,剥除内界膜可彻底去除玻璃体视网膜牵引^[37],防止劈裂复发或 MH 形成,对已存在的合并 MH 和/或 MD 的 MRS 及复发性 MRS 可能更有效^[38]。而部分研究者认为,剥除内界膜会使视网膜组织塌陷、神经纤维层受损,反而增加了术后 MH 的发生率,且不剥除内界膜的手术效果与内界膜剥除术效果相当^[39]。近年来,有研究者提出了 PPV 联合保留黄斑中心凹的内界膜剥除方法^[25-26,40-43],术中保护了中心凹相对正常的细胞骨架结构,术后视网膜复位率为 60%~95%,MH 的发生率较低,视力恢复也较好。手术对中心凹损伤较小及中心凹内界膜向心性收缩可能是术后 MH 发生率较低的原因。此外,对于 PPV 术中是否行气体填充也有不同的选择。气体填充有利于 MH 闭合,但有研究者认为,气体吸收后,许多患眼劈裂腔或 MD 并未愈合,而且对术后体位要求较高,气体可能导致一过性高血压、并发性白内障、MH 等术后并发症^[44]。一项 meta 分析评价了 PPV 术中行内界膜剥除与否以及填充气体与否治疗高度近视眼黄斑劈裂的临床效果,发现剥除内界膜能够获得更高的劈裂腔复位率,但在术后视力提高和并发症的发生方面与非内界膜剥除术相比,其差异无统计学意义;气体填充术后并发症较非气体填充术多,在劈裂腔复位和术后视力提高方面并无独特优势^[45]。可见,除了手术方式和手术技巧,还存在其他影响手术效果的因素,多项研究证实,年龄、术前视力、严重的后巩膜葡萄肿、术前黄斑中心凹厚度、脉络膜变薄、脉络膜表面不规则、合并 MD 以及椭圆体带、外界膜的完整性都是影响术后视力恢复的因素,术前存在板层 MH、椭圆体带断裂及 MD 也是导致 PPV 术后 MH 形成的危险因素^[21,28,32-34,40,46-50]。

4.2.2 后巩膜加固术和黄斑扣带术 后巩膜加固术是在眼球薄弱、突出的后极部巩膜处放置自体或异体的生物材料或人工合成材料,以阻止后巩膜扩张或膨出,缓解或解除导致 MTM 形成、发展的外向牵引力,促进视网膜复位,延缓疾病进展,可用于治疗眼轴进行性增长、存在后巩膜葡萄肿以及 PPV 手术效果不佳或复发的 MTM^[51]。文献报道,后巩膜加固术后平均屈光度可下降 4.17 D,平均眼轴长度缩短 1.65 mm,视网膜复位成功率为 87.5%,术后 MH 发生率为 4.2%^[52]。对于超长眼轴的黄斑劈裂患者,如发现有严重的视网膜前病变、MH 和/或 MD、脉络膜视网膜萎缩,可考虑 PPV 联合后巩膜加固术。一项 meta 分析观察了 14 项研究(311 眼高度近视黄斑劈裂眼)联合手术的有效性和安全性,发现术后平均 3~29.6 个月的随访期内,80% 的患眼视力有提高,平均视力提高 0.46(LogMAR 视力),眼轴长度缩短 1.74 mm,视网膜复位率可达 93%,MH 闭合率为 65%,眼轴长度>30 mm 的患眼手术获益更大^[53]。术后可能出现眼压一过性升高、MH、视神经损伤、涡静脉损伤、视网膜

出血或缺血、眼球变形、复视等常见并发症,加固材料可能随时间推移降解,加固作用消失也是不容忽视的问题^[51,54]。而 MB 手术是将植入物垫压于黄斑区的巩膜,除阻止眼球不均匀扩张、后巩膜葡萄肿进展来对抗外向、切线方向牵引力,还起到医源性圆顶样黄斑的作用^[55]。Sood 等^[56]研究发现,对于合并后巩膜葡萄肿的 MTM 患者,MB 手术治疗 Curtin 分型中的 II 型和 IX 型后巩膜葡萄肿的效果要好于 I 型后巩膜葡萄肿患者,II 型和 IX 型后巩膜葡萄肿患者术后平均视力提高 0.31(LogMAR 视力),而 I 型后巩膜葡萄肿患者中 71.4% 术后视力无显著提高,II 型和 IX 型后巩膜葡萄肿患者术后 6 周劈裂腔高度降低 90% 以上的比例也高于 I 型后巩膜葡萄肿患者(75% 与 14.3%)。当黄斑劈裂合并 MH,意味着同时存在多个方向的牵引力,单纯 PPV 手术可能无法完全解除垂直和切线方位的牵引力,PPV 术后 MH 闭合率仅为 12.5%~50%,37.5% 的患者术后视力无显著提高,而行 MB 术后,黄斑劈裂复位率和 MH 闭合率可达 100%,80%~100% 的患者视力提高,对于此类患者,MB 手术的效果优于单纯 PPV 手术^[57]。可见,临床上需充分研判 MTM 不同发病主导因素、可能影响手术效果的影像学特征,评估黄斑部受损程度,为患者设计个性化手术方案,以获得满意的手术效果。

4.2.3 MTM 合并白内障的手术治疗 高度近视眼患者白内障发生较早,白内障手术可能对玻璃体产生扰动,促使玻璃体后脱离进展。白内障手术是否会通过加重玻璃体黄斑牵引促使劈裂进展及 MTM 患者白内障术后视功能改善程度如何都是值得关注的问题。Cai 等^[58]随访观察到,未合并严重伴发改变的 MTM 患者白内障超声乳化术后 3 年视力显著提高,微视野计检查显示黄斑区敏感度提高,其 MTM 进展率与未行超声乳化手术的 MTM 患者相比,差异无统计学意义,其进展与术前玻璃体视网膜粘连、眼轴长度、劈裂的严重程度有关^[58]。可见,单纯白内障手术未增加劈裂进展的风险,对于单纯劈裂或劈裂合并板层 MH 的 MTM 患者,单纯白内障手术是安全、有效的。目前对于 MRS 患者行单纯白内障手术后整体视觉质量的评估、屈光状态的变化,临床上还缺乏大样本研究,对白内障联合 PPV 手术指征的把握也有待进一步探讨。

5 MTM 的其他治疗方法

玻璃体牵引在 MTM 的发病机制中起重要作用,酶促玻璃体溶解的方法可使玻璃体发生液化、破坏玻璃体后皮质与内界膜之间的黏附造成玻璃体后脱离^[59],将来随着技术改进,可能会成为治疗 MTM 一种创伤较小的方法。针对眼球不均匀扩张在 MTM 发生中的始动作用,有研究把人成纤维细胞移植至近视大鼠的巩膜上,合成胶原原纤维,加强巩膜结构,控制眼轴增长,起到类似后巩膜加固术的作用^[60]。巩膜交联技术也是近年来 PM 领域的研究热点^[61],其通过光化学或试剂交联增强动物巩膜强度,抵抗巩膜扩张,将来在治疗 MTM 方面可能有一定的应用前景。

6 小结

MTM 的致病机制复杂,利用新的 OCT 技术观察其影像学

特征并提出新的分级和分类方法有利于观察疾病进程、深入探讨其发生和发展机制。对于 MTM 患者,应定期随访,关注视细胞的结构和功能及伴发改变的发生和进展情况,判断主导因素在疾病进展中的作用,运用形态学(OCT)和功能学(微视野和电生理)检查综合评估视功能有利于手术指征和时机的确定、手术方案的制定以及术前对影响手术效果危险因素的有效判断,从而提高手术成功率、减少术后并发症的发生,最大限度地延缓疾病进展,保护患者视功能。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Ruiz-Medrano J, Montero JA, Flores-Moreno I, et al. Myopic maculopathy: current status and proposal for a new classification and grading system (ATN) [J]. *Prog Retin Eye Res*, 2019, 69: 80–115. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2018.10.005.
- [2] Wong YL, Saw SM. Epidemiology of pathologic myopia in Asia and worldwide [J]. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*, 2016, 5(6): 394–402. DOI: 10.1097/APO.0000000000000234.
- [3] Wong TY, Ferreira A, Hughes R, et al. Epidemiology and disease burden of pathologic myopia and myopic choroidal neovascularization: an evidence-based systematic review [J]. *Am J Ophthalmol*, 2014, 157(1): 9–25. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.08.010.
- [4] Panozzo G, Mercanti A. Optical coherence tomography findings in myopic traction maculopathy [J]. *Arch Ophthalmol*, 2004, 122(10): 1455–1460. DOI: 10.1001/archophth.122.10.1455.
- [5] Matsumura S, Sabanayagam C, Wong CW, et al. Characteristics of myopic traction maculopathy in myopic Singaporean adults [J]. *Br J Ophthalmol*, 2021, 105(4): 531–537. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2020-316182.
- [6] Takahashi H, Tanaka N, Shinohara K, et al. Importance of paravascular vitreal adhesions for development of myopic macular retinoschisis detected by ultra-widefield OCT [J]. *Ophthalmology*, 2021, 128(2): 256–265. DOI: 10.1016/j.ophtha.2020.06.063.
- [7] Fang D, Zhang Z, Wei Y, et al. The morphological relationship between dome-shaped macula and myopic retinoschisis: a cross-sectional study of 409 highly myopic eyes [J/OL]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2020, 61(3): 19 [2022–08–20]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7401483/>. DOI: 10.1167/iovs.61.3.19.
- [8] Zhu X, He W, Zhang S, et al. Dome-shaped macula: a potential protective factor for visual acuity after cataract surgery in patients with high myopia [J]. *Br J Ophthalmol*, 2019, 103(11): 1566–1570. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2018-313279.
- [9] Shimada N, Tanaka Y, Tokoro T, et al. Natural course of myopic traction maculopathy and factors associated with progression or resolution [J]. *Am J Ophthalmol*, 2013, 156(5): 948–957. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.06.031.
- [10] Shinohara K, Tanaka N, Jonas JB, et al. Ultrawide-field OCT to investigate relationships between myopic macular retinoschisis and posterior staphyloma [J]. *Ophthalmology*, 2018, 125(10): 1575–1586. DOI: 10.1016/j.ophtha.2018.03.053.
- [11] Parolini B, Palmieri M, Finzi A, et al. The new myopic traction maculopathy staging system [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2021, 31(3): 1299–1312. DOI: 10.1177/1120672120930590.
- [12] Song M, Shen M, Zhou Y, et al. Observation of vitreous features using enhanced vitreous imaging optical coherence tomography in highly myopic retinoschisis [J]. *Retina*, 2019, 39(9): 1732–1741. DOI: 10.1097/IAE.0000000000002226.
- [13] Takahashi H, Tanaka N, Shinohara K, et al. Ultra-widefield optical coherence tomographic imaging of posterior vitreous in eyes with high myopia [J]. *Am J Ophthalmol*, 2019, 206: 102–112. DOI: 10.1016/j.ajo.2019.03.011.
- [14] Philippakis E, Couturier A, Gaucher D, et al. Posterior vitreous detachment in highly myopic eyes undergoing vitrectomy [J]. *Retina*, 2016, 36(6): 1070–1075. DOI: 10.1097/IAE.0000000000000857.
- [15] Chen L, Wei Y, Zhou X, et al. Morphologic, biomechanical, and compositional features of the internal limiting membrane in pathologic myopic foveoschisis [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2018, 59(13): 5569–5578. DOI: 10.1167/iovs.18-24676.
- [16] Parolini B, Palmieri M, Finzi A, et al. Proposal for the management of myopic traction maculopathy based on the new MTM staging system [J]. *Eur J Ophthalmol*, 2021, 31(6): 3265–3276. DOI: 10.1177/1120672120980943.
- [17] Cheng C, Teo K, Tan CS, et al. Myopic retinoschisis in Asians: structural features and determinants of visual acuity and prognostic factors for progression [J]. *Retina*, 2016, 36(4): 717–726. DOI: 10.1097/IAE.0000000000000757.
- [18] Gaucher D, Haouchine B, Tadayoni R, et al. Long-term follow-up of high myopic foveoschisis: natural course and surgical outcome [J]. *Am J Ophthalmol*, 2007, 143(3): 455–462. DOI: 10.1016/j.ajo.2006.10.053.
- [19] 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 [J]. *Br J Ophthalmol*, 2008, 92(6): 762–764. DOI: 10.1136/bjo.2007.131359.
- [20] Sun CB, Liu Z, Xue AQ, et al. Natural evolution from macular retinoschisis to full-thickness macular hole in highly myopic eyes [J]. *Eye (Lond)*, 2010, 24(12): 1787–1791. DOI: 10.1038/eye.2010.123.
- [21] Hirota K, Hirakata A, Inoue M. Dehiscence of detached internal limiting membrane in eyes with myopic traction maculopathy with spontaneous resolution [J/OL]. *BMC Ophthalmol*, 2014, 14: 39 [2022–08–20]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24678951/>. DOI: 10.1186/1471-2415-14-39.
- [22] Hoang QV, Chen CL, Garcia-Arumi J, et al. Radius of curvature changes in spontaneous improvement of foveoschisis in highly myopic eyes [J]. *Br J Ophthalmol*, 2016, 100(2): 222–226. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2015-306628.
- [23] Wang SW, Hsia Y, Huang CJ, et al. Biomarkers in the pathogenesis of epiretinal membrane and myopic traction maculopathy: effects of internal limiting membrane incompliance and posterior staphyloma [J/OL]. *Photodiagnosis Photodyn Ther*, 2021, 33: 102208 [2022–08–23]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33561575/>. DOI: 10.1016/j.pdpdt.2021.102208.
- [24] Wang SW, Hung KC, Tsai CY, et al. Myopic traction maculopathy biomarkers on optical coherence tomography angiography—an overlooked mechanism of visual acuity correction in myopic eyes [J]. *Eye (Lond)*, 2019, 33(8): 1305–1313. DOI: 10.1038/s41433-019-0424-0.
- [25] 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.
- [26] Shinohara K, Shimada N, Takase H, et al. Functional and structural outcomes after fovea-sparing internal limiting membrane peeling for myopic macular retinoschisis by microperimetry [J]. *Retina*, 2020, 40(8): 1500–1511. DOI: 10.1097/IAE.0000000000002627.
- [27] Rizzo S, Giansanti F, Finocchio L, et al. Vitrectomy with internal limiting membrane peeling and air tamponade for myopic foveoschisis [J]. *Retina*, 2019, 39(11): 2125–2131. DOI: 10.1097/IAE.0000000000002265.
- [28] Lehmann M, Devin F, Rothschild PR, et al. Preoperative factors influencing visual recovery after vitrectomy for myopic foveoschisis [J]. *Retina*, 2019, 39(3): 594–600. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001992.
- [29] Laviers H, Li JO, Grabowska A, et al. The management of macular hole retinal detachment and macular retinoschisis in pathological myopia: a UK collaborative study [J]. *Eye (Lond)*, 2018, 32(11): 1743–1751. DOI: 10.1038/s41433-018-0166-4.



- [30] Lim LS, Ng WY, Wong D, et al. Prognostic factor analysis of vitrectomy for myopic foveoschisis [J]. *Br J Ophthalmol*, 2015, 99 (12) : 1639-1643. DOI: 10. 1136/bjophthalmol-2015-306885.
- [31] Zhang Z, Wei Y, Jiang X, et al. Pars plana vitrectomy and wide internal limiting membrane peeling with perfluoropropane tamponade for highly myopic foveoschisis-associated macular hole [J]. *Retina*, 2017, 37 (2) : 274-282. DOI: 10. 1097/IAE. 0000000000001146.
- [32] Hattori K, Kataoka K, Takeuchi J, et al. Predictive factors of surgical outcomes in vitrectomy for myopic traction maculopathy [J]. *Retina*, 2018, 38 Suppl 1 : S23-S30. DOI: 10. 1097/IAE. 0000000000001927.
- [33] Shin JY, Yu HG. Visual prognosis and spectral-domain optical coherence tomography findings of myopic foveoschisis surgery using 25-gauge transconjunctival sutureless vitrectomy [J]. *Retina*, 2012, 32 (3) : 486-492. DOI: 10. 1097/IAE. 0b013e31822058d1.
- [34] Huang Y, Huang W, Ng D, et al. Risk factors for development of macular hole retinal detachment after pars plana vitrectomy for pathologic myopic foveoschisis [J]. *Retina*, 2017, 37 (6) : 1049-1054. DOI: 10. 1097/IAE. 0000000000001322.
- [35] Kumagai K, Furukawa M, Ogino N, et al. Factors correlated with postoperative visual acuity after vitrectomy and internal limiting membrane peeling for myopic foveoschisis [J]. *Retina*, 2010, 30 (6) : 874-880. DOI: 10. 1097/IAE. 0b013e3181c703fe.
- [36] Parolini B, Palmieri M, Finzi A, et al. Myopic traction maculopathy: a new perspective on classification and management [J]. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*, 2021, 10 (1) : 49-59. DOI: 10. 1097/APO. 0000000000000347.
- [37] Sepúlveda G, Chang S, Freund KB, et al. Late recurrence of myopic foveoschisis after successful repair with primary vitrectomy and incomplete membrane peeling [J]. *Retina*, 2014, 34 (9) : 1841-1847. DOI: 10. 1097/IAE. 0000000000000156.
- [38] Al-Badawi AH, Abdelhakim M, Macky TA, et al. Efficacy of non-fovea-sparing ILM peeling for symptomatic myopic foveoschisis with and without macular hole [J]. *Br J Ophthalmol*, 2019, 103 (2) : 257-263. DOI: 10. 1136/bjophthalmol-2017-311775.
- [39] Qi Y, Duan AL, Meng X, et al. Vitrectomy without inner limiting membrane peeling for macular retinoschisis in highly myopic eyes [J]. *Retina*, 2016, 36 (5) : 953-956. DOI: 10. 1097/IAE. 0000000000000826.
- [40] Lee CL, Wu WC, Chen KJ, et al. Modified internal limiting membrane peeling technique (maculorrhexis) for myopic foveoschisis surgery [J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2017, 95 (2) : e128-e131 [2022-08-20]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aos.13115>. DOI: 10. 1111/aos. 13115.
- [41] Seppey C, Wolfensberger TJ. Vitrectomy with fovea-sparing internal limiting membrane peeling for myopic foveoschisis [J]. *Klin Monbl Augenheilkd*, 2017, 234 (4) : 497-500. DOI: 10. 1055/s-0043-104429.
- [42] 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.
- [43] Jin H, Zhang Q, Zhao P. Fovea sparing internal limiting membrane peeling using multiple parafoveal curvilinear peels for myopic foveoschisis: technique and outcome [J/OL]. *BMC Ophthalmol*, 2016, 16 (1) : 180 [2022-08-23]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5070175/>. DOI: 10. 1186/s12886-016-0356-4.
- [44] Hirakata A, Hida T. Vitrectomy for myopic posterior retinoschisis or foveal detachment [J]. *Jpn J Ophthalmol*, 2006, 50 (1) : 53-61. DOI: 10. 1007/s10384-005-0270-4.
- [45] Meng B, Zhao L, Yin Y, et al. Internal limiting membrane peeling and gas tamponade for myopic foveoschisis: a systematic review and meta-analysis [J/OL]. *BMC Ophthalmol*, 2017, 17 (1) : 166 [2022-08-23]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5591565/>. DOI: 10. 1186/s12886-017-0562-8.
- [46] Hwang JU, Joe SG, Lee JY, et al. Microincision vitrectomy surgery for myopic foveoschisis [J]. *Br J Ophthalmol*, 2013, 97 (7) : 879-884. DOI: 10. 1136/bjophthalmol-2012-302906.
- [47] Mii M, Matsuoka M, Matsuyama K, et al. Favorable anatomic and visual outcomes with 25-gauge vitrectomy for myopic foveoschisis [J]. *Clin Ophthalmol*, 2014, 8 : 1837-1844. DOI: 10. 2147/OPHT. S67619.
- [48] Gao X, Ikuno Y, Fujimoto S, et al. Risk factors for development of full-thickness macular holes after pars plana vitrectomy for myopic foveoschisis [J]. *Am J Ophthalmol*, 2013, 155 (6) : 1021-1027. DOI: 10. 1016/j. ajo. 2013. 01. 023.
- [49] Ikuno Y, Sayanagi K, Soga K, et al. Foveal anatomical status and surgical results in vitrectomy for myopic foveoschisis [J]. *Jpn J Ophthalmol*, 2008, 52 (4) : 269-276. DOI: 10. 1007/s10384-008-0544-8.
- [50] Tian T, Jin H, Zhang Q, et al. Long-term surgical outcomes of multiple parfoveal curvilinear internal limiting membrane peeling for myopic foveoschisis [J]. *Eye (Lond)*, 2018, 32 (11) : 1783-1789. DOI: 10. 1038/s41433-018-0178-0.
- [51] Chen M, Dai J, Chu R, et al. The efficacy and safety of modified Snyder-Thompson posterior scleral reinforcement in extensive high myopia of Chinese children [J]. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2013, 251 (11) : 2633-2638. DOI: 10. 1007/s00417-013-2429-x.
- [52] 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 [J]. *Br J Ophthalmol*, 2016, 100 (11) : 1470-1475. DOI: 10. 1136/bjophthalmol-2015-308087.
- [53] Cao K, Wang J, Zhang J, et al. The effectiveness and safety of posterior scleral reinforcement with vitrectomy for myopic foveoschisis treatment: a systematic review and meta-analysis [J]. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2020, 258 (2) : 257-271. DOI: 10. 1007/s00417-019-04550-5.
- [54] Xue A, Zheng L, Tan G, et al. Genipin-crosslinked donor sclera for posterior scleral contraction/reinforcement to fight progressive myopia [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2018, 59 (8) : 3564-3573. DOI: 10. 1167/iovs. 17-23707.
- [55] Frisina R, Gius I, Palmieri M, et al. Myopic traction maculopathy: diagnostic and management strategies [J]. *Clin Ophthalmol*, 2020, 14 : 3699-3708. DOI: 10. 2147/OPHT. S237483.
- [56] Sood G, Susvar P. Correlation of morphological characteristics of staphyloma with the structural and functional outcomes of myopic traction maculopathy after macular buckle surgery [J]. *Indian J Ophthalmol*, 2021, 69 (6) : 1464-1468. DOI: 10. 4103/ijo. IJO_2600_20.
- [57] Alkabes M, Mateo C. Macular buckle technique in myopic traction maculopathy: a 16-year review of the literature and a comparison with vitreous surgery [J]. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2018, 256 (5) : 863-877. DOI: 10. 1007/s00417-018-3947-3.
- [58] Cai L, Sun Z, Guo D, et al. Long-term outcomes of patients with myopic traction maculopathy after phacoemulsification for incident cataract [J]. *Eye (Lond)*, 2019, 33 (9) : 1423-1432. DOI: 10. 1038/s41433-019-0416-0.
- [59] Raczyńska D, Lipowski P, Zorena K, et al. Enzymatic vitreolysis with recombinant tissue plasminogen activator for vitreomacular traction [J]. *Drug Des Devel Ther*, 2015, 9 : 6259-6268. DOI: 10. 2147/DDDT. S88361.
- [60] Shinohara K, Yoshida T, Liu H, et al. Establishment of novel therapy to reduce progression of myopia in rats with experimental myopia by fibroblast transplantation on sclera [J/OL]. *J Tissue Eng Regen Med*, 2018, 12 (1) : e451-e461 [2022-08-23]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/term.2275>. DOI: 10. 1002/term. 2275.
- [61] Rong S, Wang C, Han B, et al. Iontophoresis-assisted accelerated riboflavin/ultraviolet A scleral cross-linking: a potential treatment for pathologic myopia [J]. *Exp Eye Res*, 2017, 162 : 37-47. DOI: 10. 1016/j. exer. 2017. 07. 002.

(收稿日期: 2022-08-18 修回日期: 2023-06-20)

(本文编辑: 刘艳 施晓萌)

