

多模式影像学检查在黄斑前膜诊治中的应用

李鸿民, 史 凯*

重庆医科大学附属第一医院眼科, 重庆

收稿日期: 2024年12月13日; 录用日期: 2025年1月6日; 发布日期: 2025年1月17日

摘 要

黄斑前膜是一种以视网膜表面无血管纤维增殖膜形成并牵拉黄斑区为主要特征的眼底疾病。多模式影像学检查技术, 如光学相干断层扫描(OCT)、OCT血管成像(OCTA)、荧光素眼底血管造影(FFA)、眼底自发荧光(FAF)和眼底照相等, 能够详细描述黄斑前膜及其对视网膜结构和功能的影响。这些技术不仅揭示了黄斑前膜的共性特征, 也展示了其在不同患者中的特异性表现。多模式影像在黄斑前膜的分期、鉴别诊断以及指导手术治疗中发挥着重要作用。本文综述了多模式影像学检查在黄斑前膜诊治过程中的应用现状及最新进展。

关键词

黄斑前膜, 多模式影像, 综述

Application of Multimodal Imaging in the Diagnosis and Treatment of Epiretinal Membrane

Hongmin Li, Kai Shi*

Department of Ophthalmology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Dec. 13th, 2024; accepted: Jan. 6th, 2025; published: Jan. 17th, 2025

Abstract

Epiretinal membrane (ERM) is a retinal disease characterized by an avascular fibrous proliferation on the retinal surface, leading to traction on the macular region. Multimodal imaging techniques, such as optical coherence tomography (OCT), OCT angiography (OCTA), fundus fluorescein angiography

*通讯作者。

文章引用: 李鸿民, 史凯. 多模式影像学检查在黄斑前膜诊治中的应用[J]. 临床医学进展, 2025, 15(1): 676-683.
DOI: 10.12677/acm.2025.151091

(FFA), fundus autofluorescence (FAF), and fundus photography, can provide a detailed description of ERM and its effects on retinal structure and function. These techniques reveal not only the common characteristics of ERM but also the specific manifestations in different patients. Multimodal imaging plays an important role in the staging, differential diagnosis, and surgical management of ERM. This review summarizes the current applications and recent advancements in multimodal imaging in the diagnosis and treatment of ERM.

Keywords

Epiretinal Membrane, Multimodal Imaging, Review

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

黄斑前膜(Epiretinal membrane, ERM)是指在视网膜和玻璃体交界区形成的无血管纤维增殖膜, 该增殖膜对视网膜表面的水平及垂直牵引可引起视网膜结构和功能的紊乱, 进而引发视力下降, 视物变形等视功能损害。黄斑前膜的发生机制可能与视网膜内部及其表面结构的异常变化有关, 包括胶原纤维、细胞外基质成分和细胞增殖等因素。黄斑前膜主要影响老年人群, 其病理机制复杂多样, 需要精确的诊断和有效的治疗手段。

2016 年, Novais 等将“多模式影像”定义为使用 1 个以上的技术系统来同时或在短时间内采集图像, 这些图像相互补充, 用于疾病的诊断、预测、管理和监测。因此, 不同的影像模式可以明确地分析特定的结构特征[1]。例如, OCT 可以显示视网膜的微细结构和纤维膜的厚度; OCTA 能够无创地展示视网膜和脉络膜的血管结构; FFA 则用于评估血管的通透性和病变范围。通过综合应用这些影像技术, 可以更全面地理解黄斑前膜的潜在机制和临床表现, 帮助临床医生制定更加精准的治疗方案。

随着技术的不断发展和更新迭代, 多模式影像学检查在黄斑前膜诊治中的应用越来越广泛。研究表明, 多模式影像不仅能够提高诊断的准确性, 还能在术前评估、手术规划和术后监测中发挥重要作用。本综述旨在总结多模式影像学检查在黄斑前膜诊治中的研究进展, 为临床实践提供参考和指导。

2. OCT

光学相干断层扫描(OCT)已被证明是在黄斑前膜诊断中最有效的辅助检测手段, 其敏感性显著超越了单独的临床检查。这种高分辨率的图像可以让医生对黄斑进行横断面和三维的评估分析。OCT 的优势在于它不仅能够提供精确的定性描述, 还能进行定量分析。

在 OCT 成像中, 黄斑前膜呈现为视网膜表面的高反射性组织, 常与视网膜局部或全层粘连。黄斑前膜引起中央黄斑区的增厚, 伴有视网膜层次的不规则性和囊性改变。典型的黄斑前膜表现为黄斑中央凹凹陷消失, 其所在区域的视网膜表面可呈锯齿状。长期存在的黄斑前膜表现为内界膜(ILM)与内网状层间高反射性增加, 暗示着视网膜层的牵拉和纤维化。伪孔形成现象常见于与视网膜广泛粘连的黄斑前膜, 表现为中央凹轮廓异常陡峭和宽阔[2]。

在 2017 年, Govetto 等人使用光谱域 OCT (SD-OCT)提出了一种四阶段的黄斑前膜(黄斑前膜)分级系统, 依据中央凹的有无、异位中心凹内层(ectopic inner foveal layer, EIFL)的存在, 以及视网膜层次是否清

晰将黄斑前膜分为 1~4 级。该分级系统是一种评估黄斑前膜严重程度和指导临床决策的重要工具。其主要应用包括预测视觉预后和辅助手术决策,尤其是在出现显著视网膜变形的晚期病例中[3]。高分级与视力下降、中央凹厚度增加、黄斑水肿、椭圆带破坏及中央凹无血管区缩小相关。其他研究者也验证了这一分级系统,发现黄斑前膜分级越高,视力越差,且 EIFL 的存在和其厚度是视力减退的重要预测因素[4]。此外,该系统通过提供一个相对清晰,客观的框架,规范了眼科医生之间的临床和学术交流。

然而, Govetto 分级系统也存在局限性,包括因主观性导致的解释差异,侧重于解剖学变化而非对比敏感度等功能性方面的评估,以及无法较准确预测疾病进展的速度[3]。此外,该系统忽视了双眼视觉的影响,而双眼视觉对日常生活至关重要[5]。因此,尽管该分级系统具有重要临床价值,但应结合更广泛的评估方法来弥补其不足。

关于黄斑前膜手术的最佳时间点是个争议话题。频域光学相干断层扫描(SD-OCT)能提供预测术后视力的证据。早期研究表明,外视网膜层,特别是椎体末梢区(EZ)和锥细胞外段尖端(COST)在预测术后视力中具有重要作用[6]。但更近期的研究强调了内层视网膜的重要性。Gonzalez-Saldivar 等对接受黄斑前膜手术的患者进行的回顾性研究表明,术前存在并具有一定厚度的 EIFL 的患者比术前没有 EIFL 的患者,术后视力预后明显更差[7]。这些研究表明,手术的最佳时机可能是在 EIFL 出现之前。Cho 等人提出了“内视网膜不规则性指数”,该系数与术前和术后 6 个月的 VA (最佳矫正视力)显著正相关[8]。

根据 PIONEER 研究,术中光学相干断层成像技术(Intraoperative optical coherence tomography, iOCT)在近一半的手术中改变了医生对手术过程的计划或理解,其中在 13%的手术中,显示了医生未能观察到的剩余膜,进而颠覆了手术决策[9]。而在另外 20%的剥离尝试中,iOCT 显示手术并未完全剥离黄斑前膜,这远高于肉眼观察的结果。iOCT 的这种能力,使得术者能够在手术过程中实时发现并剥离剩余的前膜,避免不必要的手术步骤,并降低了术后并发症的风险。在高度近视眼患者中,手术导致黄斑孔的形成风险较大。在这种情况下,iOCT 的应用尤为重要。iOCT 能够提供详细的视网膜图像,帮助医生找到最安全的剥离起始区域,并在视网膜牵拉得到缓解时决定何时结束手术[10]。

在黄斑前膜和内界膜(internal limiting membrane, ILM)的染色方面,iOCT 也可作为染色剂的潜在替代。尽管最新开发的一些染色剂如 trypan 蓝被认为在短时间内相对安全,但是染色剂的毒性仍然是黄斑手术中的一个重要问题。Ehlers 等的研究发现,在一部分手术中,iOCT 能够清晰地显示黄斑前膜,使医生无需染色就能进行剥离,然而,对于一些更复杂的病例,仍然有必要使用染色剂[11]。因此,未来的研究可能需要探寻 iOCT 和染色剂的联合使用,从而更加安全准确地在复杂地病例中识别黄斑前膜和 ILM。

3. OCTA

光学相干断层扫描血管成像技术(Optical Coherence Tomography Angiography, OCTA)是一种革命性的眼科成像技术,它在黄斑前膜的诊断和治疗中起着至关重要的作用。虽然传统成像技术如荧光素血管造影(FA)和光学相干断层扫描(OCT)在黄斑前膜的诊断中很有用,但 OCTA 能提供更多关于视网膜微血管结构和血流动态的信息,这对于理解黄斑前膜的病理生理学和制定治疗计划至关重要[12]。

OCTA 的一个重要优势是其能够展示视网膜微血管的详细结构,包括毛细血管缺失、异常扩张及扭曲等变化,这些变化与黄斑前膜的病程紧密相关。使用 OCTA 分析黄斑前膜可显示其黄斑中心凹无血管区(foveal avascular zone, FAZ)面积的减少或消失,这是由于视网膜浅层血管丛(SCP)、深层血管丛(DCP)中的血管拉伸和位移引起的。这种详细的成像数据有助于评估黄斑前膜患者的视网膜血流状态,从而预测视力损害程度和潜在的手术效果。OCTA 还能够更清晰地显示视网膜的表层和深层微血管网络,揭示黄斑前膜对视网膜中心凹区域微血管密度的影响,这与患者的视力减退有直接关联[13]。

OCTA 为黄斑前膜的手术治疗提供了重要的参考信息。它在手术前能协助评估黄斑前膜的严重程度

和视网膜血管的受损情况,从而指导选择手术策略。同时,术前行 OCTA 检查可识别黄斑前膜的潜在二级原因,例如视网膜血管疾病或血管肿瘤。手术后,医生能够借助 OCTA 详细观察手术后视网膜微血管的变化,特别是视网膜中心凹区域的微血管重建情况。在剥离黄斑前膜之后,SCP 的血管密度减少,但 DCP 的视盘周围血管密度增加。这种黄斑毛细血管丛的重组与术后视力和微视野检测结果有关。这对于判断手术效果和指导后续治疗至关重要。OCTA 的使用也为黄斑前膜患者的管理提供了新的视角,允许医生非侵入性地观察视网膜微循环的改变,从而更全面地评估疾病的影响和治疗需求[14]。

4. 眼底照相

作为一种无创成像技术,眼底照相提供了视网膜的精确图像,对于黄斑区疾病的诊断尤为关键。通过分析眼底照相,医生能够识别出黄斑前膜的典型特征,例如视网膜表面皱褶、光泽增强以及血管变形等。Shao 等于 2021 年的研究,成功运用人工智能技术从眼底彩色照片中检测早期黄斑前膜,为高效筛查和监测提供了新方法[15]。在黄斑前膜诊断中,血管的氧饱和度和形态特征分析变得越来越重要。利用人工智能深度分析眼底照片,特发性黄斑前膜的诊断准确度得到显著提升。这种方法采用双模态眼底相机捕获的彩色图像,并分析了不同波长下的图像,从而揭示了黄斑前膜对视网膜血管结构的影响[16]。

黄斑前膜的流行病学研究也依赖于眼底摄影。例如, Yang 等的研究进行了长达十年的跟踪,使用眼底照片评估黄斑前膜的发生率,为理解黄斑前膜的流行病学特征及其对视力影响的长期趋势提供了宝贵数据[17]。不同眼底成像技术在黄斑前膜检测和诊断中的效用已被比较研究。例如,有研究对比了 MultiColor 眼底成像和传统彩色眼底摄影在黄斑前膜评估中的效用,发现不同技术在术前评估在提供不同视网膜图像信息方面各有优势。这种比较有助于理解哪种成像技术更能揭示黄斑前膜对视网膜的影响,进而影响治疗决策和预后评估[18]。

在黄斑前膜的形态学分析方面, Retromode 成像模式提供了一种独特的视角,可观察视网膜褶皱和表面反射,这些特征在常规眼底摄影中可能不明显。Retromode 成像对理解黄斑前膜对视网膜结构的影响,特别是在术前评估中,提供了更加细致的视图[19]。

尽管眼底照相在黄斑前膜的诊断中起着中心作用,但未来的研究仍需探索如何提高成像技术的分辨率,发展新的图像分析工具,并继续探究眼底照相在黄斑前膜治疗监测中的潜在应用。此外,随着人工智能和机器学习技术的发展,自动化和增强眼底照相图像的诊断能力将可能成为研究的新前沿。

5. FAF

眼底自发荧光(Fundus Autofluorescence, FAF)成像技术,依赖于视网膜色素上皮细胞的自然荧光特性,为视网膜代谢状态提供了一种无创性的检测手段。在黄斑前膜的诊断过程中, FAF 成像能够揭示视网膜色素上皮的异常变化,如黄斑区荧光的增强或减弱。这些变化与黄斑前膜的发展密切相关。众多研究证实, FAF 在评估黄斑前膜的严重程度和监测其进展方面具有显著价值[20]。

在黄斑前膜的手术治疗决策中, FAF 成像显示出其不可或缺的作用。通过 FAF 成像,医生能够更精确地评估黄斑前膜的范围和程度,从而制定更合适的治疗计划。此外, FAF 成像结果还可作为预测手术后视力恢复的一个重要参考指标,如 Brito 等的研究显示,在手术前, FAF 成像能够提供关于黄斑前膜病变的详细信息,帮助医生评估病变的严重程度和手术的必要性[20]。而在手术后, FAF 成像的变化可以反映视网膜色素上皮层的恢复情况,为评估手术效果和指导后续治疗提供重要依据。例如,手术后 FAF 的变化可能指示视网膜修复的进展,这对于长期的视力恢复和病情监控至关重要[21]。

FAF 不仅在黄斑前膜的直接诊断和治疗中发挥作用,还与光学相干断层扫描(OCT)等其他影像技术结合,为黄斑前膜的综合评估提供了更全面的视角。OCT 提供视网膜层次的详细结构信息,而 FAF 补充

了关于视网膜色素上皮层功能状态的信息,使得多模式影像成为黄斑前膜精准诊断和治疗的重要支持[22]。

近年来,随着成像技术的发展,FAF 在揭示黄斑前膜病变机制和评估治疗效果方面展现出更大潜力。Frampton 等人的研究指出,FAF 在评估特定类型黄斑前膜的预后和视力恢复中具有重要指导意义[22]。

6. FFA

眼底荧光素血管造影(FFA)可以进一步详细检测黄斑微结构和微血管特征。为谱域光学相干断层扫描(SD-OCT)和 OCTA 结果提供必要的补充。

Mao 等的研究强调了血管造影在评估黄斑前膜中的黄斑毛细血管丛及其与视力的相关性的作用,从而突出了包括 FFA 在内的综合影像方法在彻底评估中的重要性[23]。Han 等于 2021 年的研究发现,在特发性黄斑前膜病例中,通过眼底荧光素血管造影(FFA)检测到的微血管渗漏(Microvascular leakage, ML)是一个关键的不良预后指标。该研究深入揭示了微血管渗漏与视力恢复不佳以及内视网膜形态的变异之间的紧密联系,凸显了 FFA 技术在预测黄斑前膜手术后视觉恢复效果方面的重要性[24]。

Schechet SA 等人对黄斑前膜内界膜剥除术的效果进行了探讨,并强调了眼底荧光素血管造影(FFA)在评估手术效果方面的关键作用。FFA 的应用使得医生能够在手术前后有效监测视网膜血管状态,从而简洁而准确地评估手术成效[25]。将 FFA 与 OCT 等技术结合使用,在黄斑前膜的评估中至关重要,协同使用这些技术有助于识别像微血管渗漏等预后指标,从而协助预测手术结果并指导治疗策略。

7. 人工智能(AI)

近年来,随着影像学技术的不断进步,特别是人工智能(AI)技术的引入,进一步提高了多模式影像学检查的深度、广度和精度。AI 算法能够快速处理大量影像数据,提供精确的病变识别和量化分析,显著提升了诊断效率和准确性。

深度学习算法被用于自动识别和定位 OCT 影像中的 ERM 区域。例如,一种基于 U-Net 的模型通过 OCT 影像训练后,实现了 95.65%的影像级准确率和 90.14%的区域级准确率。这种方法能够精确分割 ERM 区域,提高了诊断的准确性和效率[26]。生成对抗网络(Generative Adversarial Network, GAN),特别是 StyleGAN2,被应用于生成显示 ERM 特征的彩色眼底照片。通过这种数据增强技术,提升了分类模型(如 EfficientNetB0)的检测性能。在内部验证中,该模型的受试者工作特征曲线(ROC)下面积达到了 0.926,而在外部验证数据集集中的 ROC 曲线下面积分别为 0.951 和 0.914 [27]。人工智能在包括 OCT 和眼底摄影在内的多种影像技术中的整合,增强了对 ERM 的全面评估。通过整合来自不同影像来源的数据,AI 算法提供了更详细的 ERM 特征分析,帮助实现更准确的诊断和治疗规划。例如,研究者开发了一种多模式深度融合网络以预测 ERM 患者的术后视力,该网络结合了术前的 OCT 影像和临床数据,其性能显著优于传统回归模型[28]。

AI 预计将通过个性化医疗、实时分析、与远程眼科的整合以及增强预测分析来革新诊治。个性化的 AI 模型有望根据患者的个体特征量身定制诊断和治疗策略,而实时分析系统将在临床检查过程中提供即时洞察,从而简化决策过程。在偏远或医疗资源匮乏的地区,AI 与远程眼科的结合将扩大 ERM 筛查和监测的可及性。增强的预测分析为能够预测疾病进展和治疗结果的模型提供支持,使 ERM 的管理更加主动和精准[29]。

8. 讨论

黄斑前膜是一种复杂的眼底疾病,多模式影像学检查技术在其诊断、评估和治疗中发挥了关键作用。通过综合应用 OCT、OCTA、FFA 和 FAF 等多种影像技术,可以全面、精准地展示黄斑前膜的形态学特

征和血管结构变化。这些技术的结合, 对于术前评估和术后监测都至关重要, 有助于优化治疗方案和预测预后。

一项涉及一名 70 岁患有特发性黄斑前膜的患者的病例报告, 展示了多模式影像的实用性。光学相干断层扫描(SD-OCT)提示该患者视网膜前线条形成高反射, 并伴有部分后玻璃体脱离以及细微不规则的内层视网膜层。光学相干断层血管成像(OCT-A)识别出位于浅层毛细血管丛内的高流量血管异常复合体。荧光素眼底血管造影(FA)证实了与观察到的血管相对应的高荧光和渗漏。这种综合成像方法使得 ERM 的血管成分及其对视网膜结构的影响得以详细可视化, 从而促进了科学的医疗管理决策[30]。另一项研究比较了多例黄斑前膜病人术前成像方式——彩色眼底照相(CFP)、眼底红外线影像(IR)、蓝光反射扫描激光检眼镜(BR-SLO)以及 en face 相干光层析成像术(en face OCT), 以确定它们在显示黄斑前膜形态方面的有效性。研究表明, BR-SLO 和 en face OCT 在 ERM 细节的可视化方面表现更优, 且与染色后的术中观察结果高度一致。BR-SLO 在晶体眼中能更好地显示黄斑前膜形态特征, 得分通常高于 en face OCT。这一比较强调了选择适当成像技术以在术前准确评估 ERM 特征的重要性, 从而优化了术前规划, 改善了术后效果[31]。

通过总结黄斑前膜的多模式影像特征, 可以使影像检查在黄斑前膜中的应用更加科学合理。未来, 随着技术的不断改良和创新, 多模式影像检查与分析将更加精准、细化, 为黄斑前膜的标准化诊断和个性化治疗提供更为可靠的参考依据。

参考文献

- [1] Novais, E.A., Bauman, C.R., Sarraf, D., Freund, K.B. and Duker, J.S. (2016) Multimodal Imaging in Retinal Disease: A Consensus Definition. *Ophthalmic Surgery, Lasers and Imaging Retina*, **47**, 201-205. <https://doi.org/10.3928/23258160-20160229-01>
- [2] Acar, N. (2018) Clinical Use of OCT in the Management of Epiretinal Membranes. In: Lanza, M., Ed., *OCT—Applications in Ophthalmology*, InTech, 65-81. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79770>
- [3] Govetto, A., Lalane, R.A., Sarraf, D., Figueroa, M.S. and Hubschman, J.P. (2017) Insights into Epiretinal Membranes: Presence of Ectopic Inner Foveal Layers and a New Optical Coherence Tomography Staging Scheme. *American Journal of Ophthalmology*, **175**, 99-113. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2016.12.006>
- [4] Doguizi, S., Sekeroglu, M.A., Ozkoyuncu, D., Omay, A.E. and Yilmazbas, P. (2018) Clinical Significance of Ectopic Inner Foveal Layers in Patients with Idiopathic Epiretinal Membranes. *Eye*, **32**, 1652-1660. <https://doi.org/10.1038/s41433-018-0153-9>
- [5] Tsuda, K., Miyata, M., Kawai, K., Nakao, S., Yamamoto, A., Suda, K., et al. (2024) Relationship between Binocular Vision and Govetto's Stage in Monocular Idiopathic Epiretinal Membrane. *Scientific Reports*, **14**, Article No. 20442. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71594-x>
- [6] Alkabes, M., Fogagnolo, P., Vujosevic, S., Rossetti, L., Casini, G. and De Cilla, S. (2020) Correlation between New OCT Parameters and Metamorphopsia in Advanced Stages of Epiretinal Membranes. *Acta Ophthalmologica*, **98**, 780-786. <https://doi.org/10.1111/aos.14336>
- [7] González-Saldivar, G., Berger, A., Wong, D., Juncal, V. and Chow, D.R. (2020) Ectopic Inner Foveal Layer Classification Scheme Predicts Visual Outcomes after Epiretinal Membrane Surgery. *Retina*, **40**, 710-717. <https://doi.org/10.1097/iae.0000000000002486>
- [8] Cho, K.H., Park, S.J., Cho, J.H., Woo, S.J. and Park, K.H. (2016) Inner-Retinal Irregularity Index Predicts Postoperative Visual Prognosis in Idiopathic Epiretinal Membrane. *American Journal of Ophthalmology*, **168**, 139-149. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2016.05.011>
- [9] Ehlers, J.P., Dupps, W.J., Kaiser, P.K., Goshe, J., Singh, R.P., Petkovsek, D., et al. (2014) The Prospective Intraoperative and Perioperative Ophthalmic Imaging with Optical Coherence Tomography (PIONEER) Study: 2-Year Results. *American Journal of Ophthalmology*, **158**, 999-1007.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2014.07.034>
- [10] Weschta, M., Klaas, J.E., Feucht, N., Lohmann, C.P. and Maier, M. (2023) Microstructural Morphology and Visual Acuity Outcome in Eyes with Epiretinal Membrane Before, During, and after Membrane Peeling in Intraoperative Optical Coherence Tomography Assisted Macular Surgery. *International Journal of Ophthalmology*, **16**, 748-754. <https://doi.org/10.18240/ijo.2023.05.12>

- [11] Ehlers, J.P., McNutt, S., Dar, S., Tao, Y.K. and Srivastava, S.K. (2014) Visualisation of Contrast-Enhanced Intraoperative Optical Coherence Tomography with Indocyanine Green. *British Journal of Ophthalmology*, **98**, 1588-1591. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2014-305295>
- [12] Fung, A.T., Galvin, J. and Tran, T. (2021) Epiretinal Membrane: A Review. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, **49**, 289-308. <https://doi.org/10.1111/ceo.13914>
- [13] Muller, Y.-G. and Lenoble, P. (2023) Clinical and Pathophysiological Contribution of OCT-Angiography to Epiretinal Membranes. *Journal Français d'Ophthalmologie*, **46**, 776-790. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2023.01.028>
- [14] Bacherini, D., Dragotto, F., Caporossi, T., Lenzetti, C., Finocchio, L., Savastano, A., et al. (2021) The Role of OCT Angiography in the Assessment of Epiretinal Macular Membrane. *Journal of Ophthalmology*, **2021**, Article 8866407. <https://doi.org/10.1155/2021/8866407>
- [15] Shao, E., Liu, C., Wang, L., Song, D., Guo, L., Yao, X., et al. (2021) Artificial Intelligence-Based Detection of Epimacular Membrane from Color Fundus Photographs. *Scientific Reports*, **11**, Article No. 19291. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98510-x>
- [16] Chen, K., Mao, J., Liu, H., Wang, X., Dou, P., Lu, Y., et al. (2022) Screening of Idiopathic Epiretinal Membrane Using Fundus Images Combined with Blood Oxygen Saturation and Vascular Morphological Features. *International Ophthalmology*, **43**, 1215-1228. <https://doi.org/10.1007/s10792-022-02520-1>
- [17] Yang, Y., Yan, Y.N., Wang, Y.X., Xu, J., Ren, J., Xu, L., et al. (2018) Ten-Year Cumulative Incidence of Epiretinal Membranes Assessed on Fundus Photographs. The Beijing Eye Study 2001/2011. *PLOS ONE*, **13**, e0195768. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195768>
- [18] Song, J.H., Moon, K.Y., Jang, S. and Moon, Y. (2018) Comparison of Multicolor Fundus Imaging and Colour Fundus Photography in the Evaluation of Epiretinal Membrane. *Acta Ophthalmologica*, **97**, e533-e539. <https://doi.org/10.1111/aos.13978>
- [19] Savastano, A., Ripa, M., Savastano, M.C., Caporossi, T., Bacherini, D., Kilian, R., et al. (2022) Retromode Imaging Modality of Epiretinal Membranes. *Journal of Clinical Medicine*, **11**, Article 3936. <https://doi.org/10.3390/jcm11143936>
- [20] Brito, P.N., Gomes, N.L., Vieira, M.P., Faria, P.A., Fernandes, A.V., Rocha-Sousa, A., et al. (2014) Possible Role for Fundus Autofluorescence as a Predictive Factor for Visual Acuity Recovery after Epiretinal Membrane Surgery. *Retina*, **34**, 273-280. <https://doi.org/10.1097/iae.0b013e3182999a02>
- [21] Scheerlinck, L.M.E., van der Valk, R. and van Leeuwen, R. (2014) Predictive Factors for Postoperative Visual Acuity in Idiopathic Epiretinal Membrane: A Systematic Review. *Acta Ophthalmologica*, **93**, 203-212. <https://doi.org/10.1111/aos.12537>
- [22] Frampton, G.K., Kalita, N., Payne, L., Colquitt, J.L., Loveman, E., Downes, S.M., et al. (2017) Fundus Autofluorescence Imaging: Systematic Review of Test Accuracy for the Diagnosis and Monitoring of Retinal Conditions. *Eye*, **31**, 995-1007. <https://doi.org/10.1038/eye.2017.19>
- [23] Mao, J., Lao, J., Liu, C., Zhang, C., Chen, Y., Tao, J., et al. (2020) A Study Analyzing Macular Microvasculature Features after Vitrectomy Using OCT Angiography in Patients with Idiopathic Macular Epiretinal Membrane. *BMC Ophthalmology*, **20**, Article No. 165. <https://doi.org/10.1186/s12886-020-01429-6>
- [24] Kwon, H.J., Park, S.W., Lee, J.E. and Byon, I. (2021) Microvascular Leakage Is a Poor Prognostic Factor for Idiopathic Epiretinal Membrane: A Fluorescein Angiography Study. *Retina*, **41**, 2515-2522. <https://doi.org/10.1097/iae.0000000000003223>
- [25] Schechet, S.A., DeVience, E. and Thompson, J.T. (2017) The Effect of Internal Limiting Membrane Peeling on Idiopathic Epiretinal Membrane Surgery, with a Review of the Literature. *Retina*, **37**, 873-880. <https://doi.org/10.1097/iae.0000000000001263>
- [26] Tang, Y., Gao, X., Wang, W., Dan, Y., Zhou, L., Su, S., et al. (2022) Automated Detection of Epiretinal Membranes in OCT Images Using Deep Learning. *Ophthalmic Research*, **66**, 238-246. <https://doi.org/10.1159/000525929>
- [27] Choi, J.Y., Ryu, I.H., Kim, J.K., Lee, I.S. and Yoo, T.K. (2024) Development of a Generative Deep Learning Model to Improve Epiretinal Membrane Detection in Fundus Photography. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, **24**, Article No. 25. <https://doi.org/10.1186/s12911-024-02431-4>
- [28] Wen, D., Yu, Z., Yang, Z., Zheng, C., Ren, X., Shao, Y., et al. (2023) Deep Learning-Based Postoperative Visual Acuity Prediction in Idiopathic Epiretinal Membrane. *BMC Ophthalmology*, **23**, Article No. 361. <https://doi.org/10.1186/s12886-023-03079-w>
- [29] Grzybowski, A., Jin, K., Zhou, J., Pan, X., Wang, M., Ye, J., et al. (2024) Retina Fundus Photograph-Based Artificial Intelligence Algorithms in Medicine: A Systematic Review. *Ophthalmology and Therapy*, **13**, 2125-2149. <https://doi.org/10.1007/s40123-024-00981-4>
- [30] Osorio-Landa, H.K., Oliver-Aguirre, P., Henaine-Berra, A. and Garcia-Aguirre, G. (2024) Multimodal Imaging of an Idiopathic Vascularized Epiretinal Membrane: A Case Report. *American Journal of Case Reports*, **25**, e943391.

- <https://doi.org/10.12659/ajcr.943391>
- [31] Philippakis, E., Thouvenin, R., Gattoussi, S., Couturier, A. and Tadayoni, R. (2021) Preoperative Imaging Optimized for Epiretinal Membrane Surgery. *International Journal of Retina and Vitreous*, **7**, Article No. 32.
<https://doi.org/10.1186/s40942-021-00304-w>