

# OCT 和 OCTA 在特发性黄斑前膜术后视力预测中的研究进展

李娜<sup>1</sup>, 廖洪霞<sup>2,3</sup>, 秦波<sup>2,3</sup>

引用:李娜,廖洪霞,秦波,等. OCT 和 OCTA 在特发性黄斑前膜术后视力预测中的研究进展. 国际眼科杂志, 2024, 24(5): 737-742.

基金项目:爱尔眼科医院集团科研基金项目(No.AF2201D06)

作者单位:<sup>1</sup>(410000)中国湖南省长沙市,中南大学爱尔眼科学院;<sup>2</sup>(518031)中国广东省深圳市,暨南大学附属深圳爱尔眼科医院;<sup>3</sup>(518031)中国广东省深圳市爱尔眼科技术研究所

作者简介:李娜,女,在读硕士研究生,研究方向:眼底病、眼外伤。

通讯作者:秦波,男,博士,博士研究生导师,主任医师,研究方向:眼底病、眼外伤. qinbozf@163.com

收稿日期:2023-08-20 修回日期:2024-03-22

## 摘要

特发性黄斑前膜(IERM)是指一类没有任何已知其他眼病的黄斑前膜,多发于50岁以上的中老年人。随着IERM的进展,会引起黄斑区视网膜结构和功能的改变,引起视力下降、视物变形等症状。目前关于IERM的发病机制尚不明确,手术是主要的治疗方式,但对于手术时机尚未标准化,术后的视力恢复结局也存在差异。光学相干断层扫描(OCT)和OCT血管成像(OCTA)作为一种无创、快速的检测手段,可观察黄斑区视网膜微结构和血流变化,已经在临床中广泛应用。利用OCT和OCTA各参数去预测术后视力已经成为IERM的研究热点。本文就OCT与OCTA各参数和IERM术后视力预测的相关研究现状进行综述,以期临床工作者确定手术时机,权衡手术收益和风险时提供依据。

关键词:特发性黄斑前膜;光学相干断层扫描(OCT);光学相干断层扫描血管成像(OCTA);术后视力

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2024.5.14

## Research progress of optical coherence tomography and optical coherence tomography angiography in the prediction of postoperative visual acuity in patients with idiopathic epiretinal membrane

Li Na<sup>1</sup>, Liao Hongxia<sup>2,3</sup>, Qin Bo<sup>2,3</sup>

Foundation item: Scientific Research Foundation of Aier Eye Hospital (No.AF2201D06)

<sup>1</sup>Aier School of Ophthalmology, Central South University, Changsha 410000, Hunan Province, China; <sup>2</sup>Shenzhen Aier Eye Hospital, Jinan University, Shenzhen 518031, Guangdong Province, China;

<sup>3</sup>Shenzhen Aier Eye Institute, Shenzhen 518031, Guangdong Province, China

Correspondence to: Qin Bo. Shenzhen Aier Eye Hospital, Jinan University, Shenzhen 518031, Guangdong Province, China; Shenzhen Aier Eye Institute, Shenzhen 518031, Guangdong Province, China. qinbozf@163.com

Received:2023-08-20 Accepted:2024-03-22

## Abstract

• Idiopathic epiretinal membrane (IERM) is a kind of epiretinal membrane without any other known ocular conditions, which occurs mostly in the middle-aged and elderly people over the age of 50. As IERM worsens, the structure and function of the retina in the macular region are altered, leading to symptoms like reduced vision and metamorphopsia. The pathogenesis of IERM remains unclear, and surgery is the primary treatment option. However, there is no consensus on the best time to have surgery, and there are differences in how well patients recover their vision following surgery. Optical coherence tomography (OCT) and OCT angiography (OCTA), as non-invasive and rapid diagnostic tools to observe retinal microstructure and blood flow changes in the macula, have been extensively utilized in clinical settings. The use of OCT and OCTA parameters to predict postoperative visual acuity has emerged as a hot topic in IERM research. This article provides a comprehensive review of current research on the correlation between various OCT and OCTA parameters and the prediction of postoperative visual acuity in IERM, aiming to assist clinicians in determining the optimal timing for surgery and balancing the benefits and risks involved.

• KEYWORDS: idiopathic epiretinal membrane; optical coherence tomography (OCT); optical coherence tomography angiography (OCTA); postoperative visual acuity

Citation: Li N, Liao HX, Qin B. Research progress of optical coherence tomography and optical coherence tomography angiography in the prediction of postoperative visual acuity in patients with idiopathic epiretinal membrane. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2024, 24(5): 737-742.

## 0 引言

黄斑前膜(epiretinal membrane, ERM)是一种常见的视网膜疾病,其特征是视网膜内表面的纤维细胞增生,多发生于50岁以上的中老年人,发病率随年龄增长而增加,流行病学显示患病率为7.6%<sup>[1]</sup>。根据病因的不同,ERM

分为特发性和继发性 IERM。特发性黄斑前膜 (idiopathic epiretinal membrane, IERM) 是指一类没有任何已知其他眼病的 IERM。IERM 的发病机制尚不明确,目前主要认为由玻璃体后脱离引起内界膜缺损,胶质细胞和色素上皮细胞通过内界膜缺损处或从玻璃体腔到达视网膜表面形成<sup>[2]</sup>。在早期阶段,IERM 是无症状的,当黄斑或黄斑周围受累,视网膜牵拉或形成水肿时,视力会受到影响,常见症状包括视力下降、视物变形、立体视觉丧失和复视<sup>[2]</sup>。目前,手术是 IERM 的主要治疗方式,但是术后视力恢复也存在差异。因此,有必要确定影响术后视力预后的因素,从而为临床工作者确定手术时机,权衡手术收益和风险时提供依据。而光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 和 OCT 血管成像 (optical coherence tomography angiography, OCTA) 作为一种无创、快速的检测手段,可清晰地观察脉络膜和黄斑区视网膜微结构,并评估视网膜和脉络膜的血流变化,已经广泛应用于临床中。近十多年来,许多学者利用 OCT 和 OCTA 评估 IERM 的黄斑区微结构和血流变化发现,其与术后视力存在相关性,但结果并不一致。因此,本文就 OCT 与 OCTA 各参数和 IERM 术后视力预测的相关研究现状进行综述。

## 1 OCT 生物学标志物

**1.1 黄斑中心凹厚度** 黄斑中心凹厚度 (central foveal thickness, CFT) 是指在中心凹处测量的视网膜内界膜 (inner limiting membrane, ILM) 与视网膜色素上皮层 (retinal pigment epithelium, RPE) 内侧界面之间的距离 (图 1)。由于黄斑前膜可引起视网膜增厚,术后视网膜厚度降低,于是许多研究者对 CFT 与手术前后视力的相关性进行研究,但结果存在争议。Suh 等<sup>[3]</sup> 研究 101 例 IERM 患者术后 6 mo 的 CFT 和最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA) 之间的关系发现,术前 CFT 与术前 BCVA 呈正相关,而术后 CFT 与术后 BCVA 呈负相关。Kunikata 等<sup>[4]</sup> 研究发现,术前较低 CFT 的患者术后能获得较好的 BCVA,且术后 BCVA 与术后 CFT 显著相关。然而,不同的是,一项针对 634 眼的回顾性多中心研究发现,CFT 与基线 BCVA 相关,但与术后 24 mo 的 BCVA 无关<sup>[5]</sup>。Mathews 等<sup>[6]</sup> 也发现在黄斑中心凹轮廓凸出的 IERM 患者中,尽管 CFT 有所改善,但大多数患者在术后并未获得 BCVA 改善。因此,除了 CFT,可能还存在其他影响视力预后的因素,虽然 CFT 较高的患者可能从较差的基线获得更大改善,但最终的 BCVA 可能仍然较差。

**1.2 椭圆体带和嵌合体带的完整性** 在 OCT 上,色素上皮层上方的高反射条带命名为椭圆体带 (ellipsoid zone, EZ),代表光感受器的椭圆体部分<sup>[7]</sup>,以前的研究也命名为光感受器细胞内外节 (inner segment/outer segment, IS/OS)。Inoue 等<sup>[8]</sup> 研究发现,术前椭圆体带完整的患眼,术后 BCVA 明显优于椭圆体带中断的患眼。Kim 等<sup>[9]</sup> 对 100 例 IERM 患者进行回顾性研究发现,OCT 检测提示 EZ 破坏是 IERM 手术后视力恢复不良的重要预测因素。Scheerlinck 等<sup>[10]</sup> 和 Miguel 等<sup>[11]</sup> 均报道术前椭圆体带完整是术后视力恢复良好的预测指标。OCT 上 EZ 和色素上皮层之间的一条高反射线,命名为嵌合体带 (interdigitation zone, IZ)<sup>[12]</sup>。既往研究报道术前 IZ 中断与术后 6 mo<sup>[13]</sup>、12 mo<sup>[12]</sup> 和 24 mo<sup>[13]</sup> 视力恢复较差存在相关性。同样白淑玮等<sup>[14]</sup> 发现,IZ 缺损长度与术后 BCVA 显著相关,可作为

IERM 术后视力预测的指标。Fernandes 等<sup>[15]</sup> 研究发现,基线 BCVA、EZ、IZ 与术后 BCVA 之间存在明显相关性,但是只有基线 BCVA 和基线 IZ 的完整性是最终 BCVA 的预测因素。Shimozono 等<sup>[16]</sup> 认为 IZ 比 EZ 更容易受到前膜的牵引起破坏。因此,临床上在评估光感受器完整性时应同时考虑 EZ 和 IZ 这两种 OCT 标志物,EZ 和 IZ 的完整性可作为预测 IERM 术后视力的一个正向预测标志物。

**1.3 黄斑中心凹轮廓和形态** 目前,关于黄斑中心凹轮廓和形态与术后 BCVA 相关性的证据并不充足。Scheerlinck 等<sup>[10]</sup> 在系统综述中没有发现任何关联。Ozdek 等<sup>[5]</sup> 大型回顾性多中心研究中对 634 只 IERM 眼随访时发现,平均 BCVA 值和中心凹形态在每次随访中逐渐改善,但基线中心凹轮廓凸出的眼向正常中心凹轮廓变化所需的随访时间比基线中心凹平坦的眼长。这表明 IERM 患者术后黄斑中心凹解剖和功能的恢复是一个缓慢的过程,基线时中央凹形态较差的眼睛可能需要更长的时间<sup>[5]</sup>。然而,Zeyer 等<sup>[17]</sup> 回顾性地发现,术前中心凹轮廓为“圆拱形” (图 2A) 患眼在术后 12 mo 的视力提升大于“平坦形” (图 2B) 和“凹陷形” (图 2C) 轮廓的患眼。这可能是由于“圆拱形”基线视力更差,术后视力提升更明显。Kinoshita 等<sup>[18]</sup> 根据 OCT 上的黄斑形态将术前 IERM 眼分为弥漫水肿型、囊样水肿型、假孔型和玻璃体黄斑牵拉型。术后发现,除假孔型外,各组术后视力均有明显改善。不同的是, Kim 等<sup>[19]</sup> 发现假孔型与术后 3 mo 时较小的视力改善有关。因此,黄斑中心凹轮廓和形态与术后 BCVA 的相关性还需要进一步地研究去证实。

**1.4 光感受器外节长度** 光感受器外节 (photoreceptor outer segment, PROS) 长度定义为光感受器细胞内外节连接处至 RPE 的距离。Shiono 等<sup>[20]</sup> 在一项前瞻性研究中发现,术前 PROS 长度与术后 6 mo 视力呈显著正相关,可能是术后视力的预测指标。Hashimoto 等<sup>[21]</sup> 发现术后 BCVA 恢复与 PROS 长度恢复呈正相关。Kinoshita 等<sup>[22]</sup> 也在多元回归分析中发现,术前 PROS 越长,24 mo 时的 BCVA 越好,与 Shiono 等<sup>[20]</sup> 研究结果一致。但是, Yüksel 等<sup>[23]</sup> 和 İcöz 等<sup>[24]</sup> 均发现不一样的结果,手术前后 PROS 长度的变化量与术后视力的提高无关。因此,PROS 长度可能是 IERM 术后的一个正向预测指标,但需要更多的研究去证实。

**1.5 光感受器外节末端** 光感受器外节末端 (cone outer segment tips, COST) 定义为 OCT 上的 IS/OS 与 RPE 间的一条高反射带。Shimozono 等<sup>[16]</sup> 在一项回顾性研究发现,COST 的缺损长度与术后 BCVA 有显著相关性,而与 CFT 无关,这说明,相较于 CFT, COST 是一个更好的 IERM 术后预后指标。进一步地, Itoh 等<sup>[12]</sup> 研究进一步发现,术后 12 mo 的 BCVA 与术前 COST 缺损的长度显著相关,但与 IS/OS 和外界膜 (epiretinal membrane, ELM) 缺损的长度不相关。Rii 等<sup>[25]</sup> 研究同前一致,因此, COST 的完整程度很大可能是 IERM 术后视力的正向预测指标。

**1.6 内层视网膜** 早期的研究主要集中于外层视网膜,最近以来,学者们越来越意识到内层视网膜在 IERM 发病机制中的重要性,把研究重点转移到内层视网膜。然而,目前关于内层视网膜作为预后标记物的应用几乎没有一致意见。一项多中心回顾性研究发现,无或轻度的视网膜内层结构紊乱 (disorganisation of inner retinal layers, DRIL) 眼

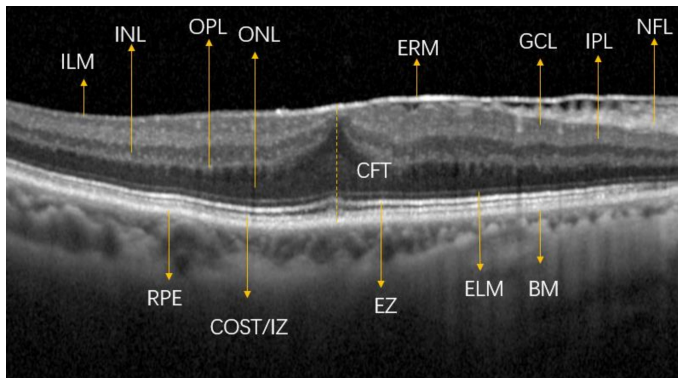


图1 IERM 患者的 OCT 图像 从上往下结构依次为黄斑前膜(ERM)、内界膜(ILM)、神经纤维层(NFL)、神经节细胞层(GCL)、内丛状层(IPL)、内核层(INL)、外丛状层(OPL)、外核层(ONL)、外界膜(ELM)、椭圆体带(EZ)、光感受器外节末端/嵌合体带(COST/IZ)、视网膜色素上皮层(RPE)、Bruch膜(BM)。其中黄色虚线代表黄斑中心凹厚度(CFT)。

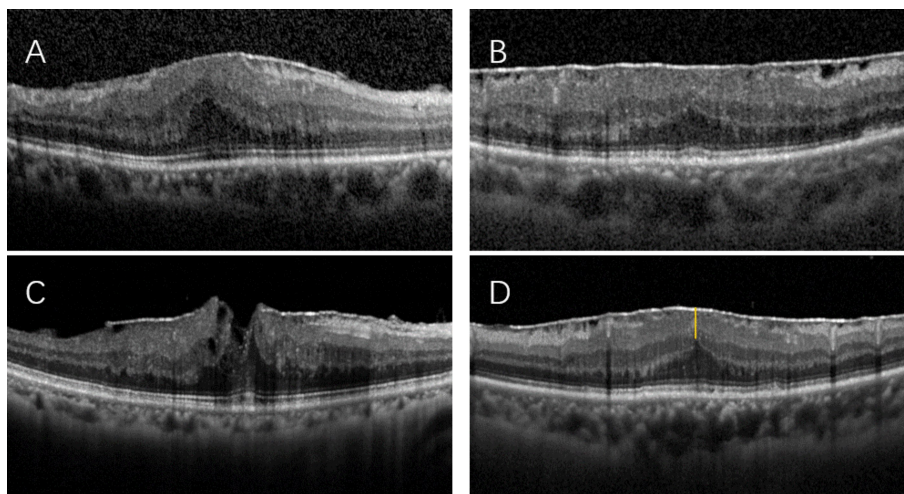


图2 IERM 患者黄斑中心凹的三种不同形态及 EIFL 厚度的测量 A:圆拱形;B:平坦形;C:凹陷形;D:黄色实线代表 EIFL 厚度,即内界膜内缘至外核层内缘的垂直距离。

的基线 BCVA 明显优于重度 DRIL 眼,且在术后 12 mo 时视力提升幅度更大,可作为预测 IERM 手术后视力恢复的生物标志物<sup>[26]</sup>。然而,Fernandes 等<sup>[15]</sup>回顾性研究发现,基线 DRIL 与术后 12 mo 时的 BCVA 之间没有相关性。此外,Miguel 等<sup>[11]</sup>研究发现,基线时更薄的神经节细胞-内丛状层(ganglion cell-inner plexiform layer, GC-IPL)与术后更好的 BCVA 相关。然而 Cho 等<sup>[27]</sup>在回顾性研究中没有发现 GC-IPL 厚度与术后 BCVA 的关系,有可能是因为研究者们采用的测量方法和观察时间的差异。Kim 等<sup>[28]</sup>在一项前瞻性研究中发现,与其他内层视网膜相比,术内核层(inner nuclear layer, INL)厚度和术后视力的相关性最大。在另一项前瞻性分析中,Zou 等<sup>[29]</sup>分析了 105 例单侧 IERM 患者的术后视力与术前中心凹、旁中心凹和中心凹周围区 7 层视网膜厚度之间的关系发现,仅 INL 厚度与术后 6 mo 时出现 2 行以上视力改善的患者的 BCVA 高度相关,其他视网膜层和 BCVA 无关。因此,INL 厚度很大可能是 IERM 术后的预测因素,其他内层视网膜在特发性黄斑前膜中的预后价值还需要更多的研究去证实。

**1.7 异位中心凹内层** 异位中心凹内层(ectopic inner foveal layers, EIFL)是一种在 OCT 上表现为从 INL 和内丛状层(inner plexiform layer, IPL)延伸到中心凹区域的连续异位带(图 2D),被认为可能是影响 IERM 预后的一个重要标志<sup>[30]</sup>。Govetto 等<sup>[31]</sup>对 111 只 IERM 眼进行回顾性研

究发现,EIFL 的存在与术前和术后较差的 BCVA 相关,并且 EIFL 厚度与术前 BCVA 呈负相关。随访至术后 12 mo 时,EIFL 厚度与 BCVA 呈明显的负相关。因此,他们得出结论,EIFL 的存在是 IERM 一个重要的负面预后因素。除此之外,他们还发现分期为 Govetto3 期和 4 期的 IERM 均存在 EIFL,但 4 期的视力结果比 3 期更差<sup>[31]</sup>。González-Saldivar 等<sup>[32]</sup>证实了 EIFL 在 Govetto3-4 期的 IERM 中的负面预后作用。他们在了一项回顾性分析中报道,把 88 只 IERM 眼睛按 EIFL 分期方案分为四期,术后随访至少 12 mo,不同分期的 IERM 眼均获得了视力提升,但与 2 期 IERM 相比,3 期和 4 期 IERM 眼的最终 BCVA 明显更差,这与 Govetto 等<sup>[31]</sup>研究一致,意味着其他视网膜层的破坏也可能具有预后价值。同样地,Kim 等<sup>[33]</sup>在一项前瞻性研究中发现,EIFL 分期在术前和术后 6 mo 内和 BCVA 及 CFT 呈显著相关性,而术前 EIFL 厚度仅与术前 BCVA 相关,与术后 BCVA 无关。除此之外,Gesualdo 等<sup>[34]</sup>通过回顾性研究分析 27 只 IERM 患眼发现,术前不存在 EIFL 的眼睛在 12 mo 时比存在 EIFL 眼获得更大的视力提升和结构恢复,他们认为,EIFL 是 IERM 术后重要的负面影响因素。因此,在进行临床手术决策时,EIFL 可能是一个更好的负面预后指标,未来应得到充分的重视。

**1.8 视网膜内层不规则指数** 视网膜内层不规则指数(inner retinal irregularity index, IRII)由 Cho 等<sup>[27]</sup>提出,定

义为中心凹3 mm区域IPL厚度除以RPE厚度的比值。他们的研究发现,IERM手术前后IRII与视力结果高度相关。因此,IRII可能是预测IERM术后视力预后的有效指标。Kim等<sup>[19]</sup>研究结果和Cho<sup>[27]</sup>等一致,IRII与IERM术后6 mo的BCVA显著相关,并且较高的IRII值与较差的术后BCVA相关。然而,在另一项回顾性分析中,Jeon等<sup>[13]</sup>发现IRII与视力改善相关,而与24 mo的BCVA无关。因为IRII目前需要借助外置软件测量,机器无法自动得出,所以关于IRII在IERM中并未广泛应用,但其可能是IERM术后的预后生物标志物之一。

**1.9 脉络膜巩膜界面不规则指数** Michalewska等<sup>[35]</sup>在一项前瞻性研究中发现,IERM患者经玻璃体切除术后,脉络膜边界不规则的眼比脉络膜边界规则的眼视力恢复速度更快。进一步地, Kim等<sup>[36]</sup>提出了脉络膜巩膜界面不规则指数,定义为OCT图像上的脉络膜巩膜界面(choroidoscleral interface, CSI)与其最佳拟合球体之间在每个测量点处的差值加权。他们通过回顾性研究发现,CSI不规则指数与术后6 mo视力呈正相关,然而,这个新参数并不比视网膜内不规则指数更好地预测视力结果<sup>[36]</sup>。与视网膜内层不规则指数一样,CSI不规则指数也需要借助外置软件测量得出,因此并未广泛应用,但可能作为IERM术后的预后生物标志物之一。

## 2 OCTA 生物学标志物

**2.1 黄斑中心凹无血管区面积** 黄斑中心凹无血管区(foveal avascular zone, FAZ)是指黄斑中心凹处无视网膜毛细血管区域(图3)。有研究报道,IERM患者中心凹周围的毛细血管血流减少,并在手术去除前膜后逐渐改善<sup>[37]</sup>。在此基础上, Kim等<sup>[38]</sup>人的研究纳入43例单侧IERM患者,术后随访6 mo以上,比较患有IERM的眼与未受影响的对侧眼的浅层毛细血管丛(superficial capillary plexus, SCP)和深层毛细血管丛(deep capillary plexus, DCP)的OCTA图像发现,与对侧眼相比,术后IERM眼的视网膜血流密度较低,SCP和DCP的FAZ面积较小。此外,术前SCP和DCP的FAZ面积和旁中心凹血流密度的眼间差异越大,术后BCVA越差。Chen等<sup>[39]</sup>人的研究与前一致,患有IERM患眼术前SCP的FAZ面积明显较小,且术后FAZ面积越大,视功能预后越好。除此之外, Shiihara等<sup>[40]</sup>也在一项回顾性研究中发现,随着ERM病情进展,其FAZ面积越来越小,且FAZ的面积大小(而非形状)与变形程度显著相关,而与BCVA无关,这表明其可以作为ERM患者变形程度的客观参数。因此,术前SCP的FAZ面积与术后BCVA呈负相关,通过OCTA评估黄斑毛细血管丛的FAZ面积大小可能有助于评估IERM病情程度,并预测接受手术治疗的IERM患者的视功能。

**2.2 视网膜血流密度** Mastropasqua等<sup>[41]</sup>观察到IERM患者经玻璃体切除加ILM剥离术后SCP血流密度降低,这与Kim等<sup>[38]</sup>研究结果一致,但他们认为该改变可能是由于在ILM剥离时的直接手术创伤。Chen等<sup>[39]</sup>在IERM眼的SCP和DCP中观察到,中心凹的血流密度明显增加,旁中心凹的血流密度却急剧下降。术后6 mo时,中心凹的血流密度减少,旁中心凹的血流密度增加,但与BCVA没有相关性。张凌等<sup>[42]</sup>在一项前瞻性研究中发现45只IERM眼在6 mo时SCP血流密度明显减少,但与BCVA无相关性。然而, Feng等<sup>[43]</sup>研究发现,术前中心凹DCP血

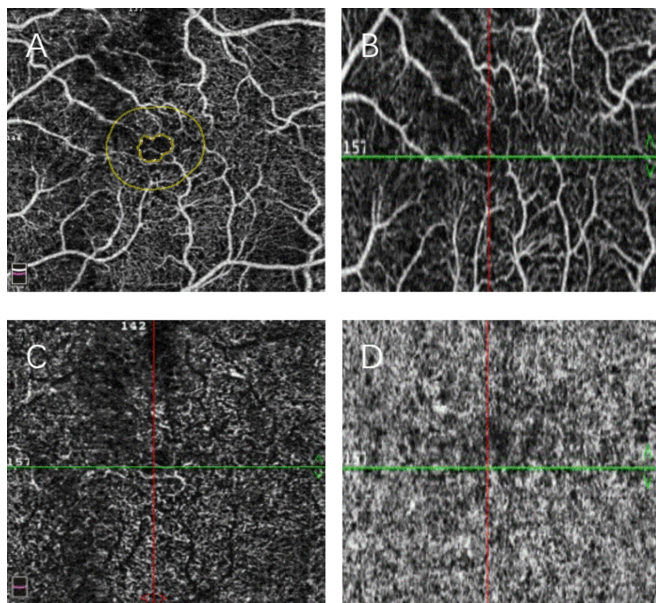


图3 IERM患者OCTA 3 mmx3 mm扫描图像 A:黄色内圈为黄斑中心凹无血管区(FAZ),因为前膜收缩,导致FAZ面积变小;B:浅层视网膜毛细血管丛(SCP);C:深层视网膜毛细血管丛(DCP);D:脉络膜毛细血管丛(CCP)。

流密度是术后BCVA的独立正向预后因素。除此之外, Shen等<sup>[44]</sup>对41例接受手术的IERM患者进行观察发现,术后黄斑血管迂曲度、SCP血流密度和视网膜厚度显著下降,而DCP血流密度上升。BCVA的改善与平均黄斑敏感度相关,而平均黄斑敏感度与术后3 mo时的SCP血流密度和视网膜厚度相关。他们认为,手术后血管变形和扭曲趋于正常,SCP中的血流阻力降低,密度随后降低,此外,DCP的灌注增加,表明黄斑前膜牵拉引起的曲折毛细血管逐渐恢复,DCP血流改善<sup>[44]</sup>。因此,IERM术后会出现视网膜微循环的重塑和灌注分布,研究微循环的血流相关指标有助于对其发病机制有更深入的理解,而其与预后的关系存在争议,还需要进一步地研究。

**2.3 脉络膜血流面积和血管指数** Fang等<sup>[45]</sup>对91例IERM患者使用OCTA测量患眼和对侧正常眼的视网膜SCP、DCP和脉络膜毛细血管丛(choroidal capillary plexus, CCP)的血流面积,并评估其与BCVA之间的关系发现,与正常对侧眼相比,IERM眼的DCP血流面积没有减少,而SCP和CCP血流面积出现了统计学意义上的显著下降,并且,CCP的血流面积是唯一与BCVA显著相关的因素。然而, Li等<sup>[46]</sup>在一项前瞻性研究中发现,24例IERM患者术后CCP血流面积增加,与Fang等<sup>[45]</sup>研究一致,但BCVA与CCP血流面积没有统计学意义上的显著相关性。Wang等<sup>[47]</sup>对102例单侧IERM患者的眼睛进行观察发现,脉络膜血管指数(choroidal vascularity index, CVI)和CCP血流面积在术后12 mo随访期间均与BCVA相关,并且术前CVI与术后12 mo的视力呈正相关。他们认为, CVI可作为IERM的术后正向预测指标。目前关于CCP血流面积和CVI在IERM中的研究较少,关于脉络膜循环在IERM中的作用和价值需要未来更多的研究去证实。

## 3 小结

随着我国人口老龄化的加剧,IERM的发病率逐渐升高,严重威胁了我国老年人的视力。目前,手术治疗是主要的有效方式,然而,手术时机并没有统一,不少患者手术

表 1 术前 OCT 和 OCTA 指标与术后视力相关性总结

术前 OCT 和 OCTA 指标	术后视力
CFT	↓/无关
EZ 和 IZ 完整性	↑
黄斑中心凹轮廓和形态	圆拱形 ↑
PROS 长度	↑
COST 缺损长度	↓
INL 厚度	↓
EIFL 的存在	↓
IRII	↓
CSI 不规则指数	↑
FAZ 面积	↑
DCP 血流密度	↑/无关
CCP 血流面积	↑/无关
CVI	↑

注：“↑”代表正相关，“↓”代表负相关。

后的视力未见改善,因此,关于 IERM 术后预测因素的研究具有重要的临床意义。OCT 和 OCTA 作为一种无创、快速的检测手段,可清晰的观察脉络膜和黄斑区视网膜微结构,并评估视网膜和脉络膜的血流变化,对于 IERM 术后视力预测,确立手术时机具有重要价值。本文总结了 OCT 与 OCTA 各参数和 IERM 术后视力预测的相关研究现状,见表 1。目前,已经发现 EZ 和 IZ 的完整性,COST 层的完整性,EIFL 的存在,INL 厚度,PROS 长度和 FAZ 面积对术后的预测价值最大。但是,关于这些指标仍然存在一定争议,可能与使用不同的 OCT 和 OCTA 设备、随访时间长短、是否进行白内障手术、测量误差等因素有关,因此,未来有希望开展大型的前瞻性临床研究去证实这些标志物的有效性。此外,除了 OCT 和 OCTA,未来还可以结合微视野,多焦视网膜电图以及人工智能,更准确、高效地预测 IERM 术后结局,为临床工作者确定手术时机和权衡手术收益提供依据。

参考文献

[1] Zhu XB, Yang MC, Wang YX, et al. Prevalence and risk factors of epiretinal membranes in a Chinese population: the Kailuan eye study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2020,61(11):37.  
 [2] Fung AT, Galvin J, Tran T. Epiretinal membrane: a review. *Clin Exp Ophthalmol*, 2021,49(3):289-308.  
 [3] Suh MH, Seo JM, Park KH, et al. Associations between macular findings by optical coherence tomography and visual outcomes after epiretinal membrane removal. *Am J Ophthalmol*, 2009, 147 ( 3 ): 473-480.  
 [4] Kunikata H, Abe T, Kinukawa J, et al. Preoperative factors predictive of postoperative decimal visual acuity  $\geq 1.0$  following surgical treatment for idiopathic epiretinal membrane. *Clin Ophthalmol*, 2011,5: 147-154.  
 [5] Ozdek S, Zeydanli EO, Karabas L, et al. Relation of anatomy with function following the surgical treatment of idiopathic epiretinal membrane: a multicenter retrospective study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2021,259(4):891-904.  
 [6] Mathews NR, Tarima S, Kim DG, et al. Foveal contour changes following surgery for idiopathic epiretinal membrane. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014,55(12):7754-7760.  
 [7] Tao LW, Wu ZC, Guymer RH, et al. Ellipsoid zone on optical

coherence tomography: a review. *Clin Exp Ophthalmol*, 2016,44(5): 422-430.  
 [8] Inoue M, Morita S, Watanabe Y, et al. Preoperative inner segment/outer segment junction in spectral-domain optical coherence tomography as a prognostic factor in epiretinal membrane surgery. *Retina*, 2011,31(7):1366-1372.  
 [9] Kim JH, Kim YM, Chung EJ, et al. Structural and functional predictors of visual outcome of epiretinal membrane surgery. *Am J Ophthalmol*, 2012,153(1):103-110.  
 [10] Scheerlinck LME, van der Valk R, van Leeuwen R. Predictive factors for postoperative visual acuity in idiopathic epiretinal membrane: a systematic review. *Acta Ophthalmol*, 2015,93(3):203-212.  
 [11] Miguel AIM, Legris A. Prognostic factors of epiretinal membranes: a systematic review. *J Fr Ophthalmol*, 2017,40(1):61-79.  
 [12] Itoh Y, Inoue M, Rii T, et al. Correlation between foveal cone outer segment tips line and visual recovery after epiretinal membrane surgery. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013,54(12):7302-7308.  
 [13] Jeon S, Jung B, Lee WK. Long-term prognostic factors for visual improvement after epiretinal membrane removal. *Retina*, 2019,39(9): 1786-1793.  
 [14] 白淑玮,李凤至,毕春潮,等.特发性黄斑前膜手术前后嵌合体带改变与视功能的相关性. *国际眼科杂志*, 2023,23(1):153-157.  
 [15] Fernandes TF, Sousa K, Azevedo I, et al. Baseline visual acuity and interdigitation zone as predictors in idiopathic epiretinal membranes: a retrospective cohort study. *Eur J Ophthalmol*, 2021, 31 ( 3 ): 1291-1298.  
 [16] Shimozono M, Oishi A, Hata M, et al. The significance of cone outer segment tips as a prognostic factor in epiretinal membrane surgery. *Am J Ophthalmol*, 2012,153(4):698-704.  
 [17] Zeyer JC, Parker P, Dajani O, et al. Preoperative domed macular contour correlates with postoperative visual gain after vitrectomy for symptomatic epiretinal membrane. *Retina*, 2021,41(3):505-509.  
 [18] Kinoshita T, Kovacs KD, Wagley S, et al. Morphologic differences in epiretinal membranes on ocular coherence tomography as a predictive factor for surgical outcome. *Retina*, 2011,31(8):1692-1698.  
 [19] Kim JY, Kim DY, Kim KT, et al. Visual prognostic factors of epiretinal membrane surgery in patients with pseudophakia. *Ophthalmologica*, 2020,243(1):43-50.  
 [20] Shiono A, Kogo J, Klose G, et al. Photoreceptor outer segment length: a prognostic factor for idiopathic epiretinal membrane surgery. *Ophthalmology*, 2013,120(4):788-794.  
 [21] Hashimoto Y, Saito W, Saito M, et al. Retinal outer layer thickness increases after vitrectomy for epiretinal membrane, and visual improvement positively correlates with photoreceptor outer segment length. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2014,252(2):219-226.  
 [22] Kinoshita T, Imaizumi H, Miyamoto H, et al. Two-year results of Metamorphopsia, visual acuity, and optical coherence tomographic parameters after epiretinal membrane surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2016,254(6):1041-1049.  
 [23] Yüksel K, Karaktükük Y, Özkaya A, et al. Comparison of photoreceptor outer segment length in diabetic and idiopathic epiretinal membranes. *Eye*, 2015,29(11):1446-1452.  
 [24] İğöz M, Toklu Y, Arıkan Yorgun M. Evaluation of the optical coherence tomography findings of patients with idiopathic epiretinal membrane. *Photodiagn Photodyn Ther*, 2023,41:103286.  
 [25] Rii T, Itoh Y, Inoue M, et al. Outer retinal morphological changes

and visual function after removal of epiretinal membrane. *Can J Ophthalmol*, 2014,49(5):436-442.

[26] Zur D, Igllicki M, Feldinger L, et al. Disorganization of retinal inner layers as a biomarker for idiopathic epiretinal membrane after macular surgery – the DREAM study. *Am J Ophthalmol*, 2018, 196: 129-135.

[27] Cho KH, Park SJ, Cho JH, et al. Inner-retinal irregularity index predicts postoperative visual prognosis in idiopathic epiretinal membrane. *Am J Ophthalmol*, 2016,168:139-149.

[28] Kim JH, Kang SW, Kong MG, et al. Assessment of retinal layers and visual rehabilitation after epiretinal membrane removal. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2013,251(4):1055-1064.

[29] Zou J, Tan W, Huang WL, et al. Association between individual retinal layer thickness and visual acuity in patients with epiretinal membrane: a pilot study. *PeerJ*, 2020,8:e9481.

[30] Govetto A, Lalane RA 3rd, Sarraf D, et al. Insights into epiretinal membranes: presence of ectopic inner foveal layers and a new optical coherence tomography staging scheme. *Am J Ophthalmol*, 2017, 175: 99-113.

[31] Govetto A, Virgili G, Rodriguez FJ, et al. Functional and anatomical significance of the ectopic inner foveal layers in eyes with idiopathic epiretinal membranes: surgical results at 12 months. *Retina*, 2019,39(2):347-357.

[32] González-Saldivar G, Berger A, Wong D, et al. Ectopic inner foveal layer classification scheme predicts visual outcomes after epiretinal membrane surgery. *Retina*, 2020,40(4):710-717.

[33] Kim BH, Kim DI, Bae KW, et al. Influence of postoperative ectopic inner foveal layer on visual function after removal of idiopathic epiretinal membrane. *PLoS One*, 2021,16(11):e0259388.

[34] Gesualdo C, Rossi S, Iodice CM, et al. Multimodal assessment of the prognostic role of ectopic inner foveal layers on epiretinal membrane surgery. *J Clin Med*, 2023,12(13):4449.

[35] Michalewska Z, Michalewski J, Ornafe-Sagan K, et al. Swept-source optical coherence tomography correlations between retina and choroid before and after vitrectomy for epiretinal membranes. *Am J Ophthalmol*, 2016,165:100-107.

[36] Kim M, Lee Y, Kim RY, et al. Choroidoscleral Interface

Irregularity Index: a novel optical coherence tomography – based parameter in patients with epiretinal membrane. *Sci Rep*, 2020, 10(1):696.

[37] Yagi T, Sakata K, Funatsu H, et al. Macular microcirculation in patients with epiretinal membrane before and after surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2012,250(6):931-934.

[38] Kim YJ, Kim S, Lee JY, et al. Macular capillary plexuses after epiretinal membrane surgery: an optical coherence tomography angiography study. *Br J Ophthalmol*, 2018,102(8):1086-1091.

[39] Chen H, Chi W, Cai XJ, et al. Macular microvasculature features before and after vitrectomy in idiopathic macular epiretinal membrane: an OCT angiography analysis. *Eye*, 2019,33(4):619-628.

[40] Shihara H, Terasaki H, Sonoda S, et al. Association of foveal avascular zone with the Metamorphopsia in epiretinal membrane. *Sci Rep*, 2020,10(1):17092.

[41] Mastropasqua L, Borrelli E, Carpineto P, et al. Microvascular changes after vitrectomy with internal limiting membrane peeling: an optical coherence tomography angiography study. *Int Ophthalmol*, 2018, 38(4):1465-1472.

[42] 张凌, 何东林, 刘强, 等. 特发性黄斑前膜术后视力与黄斑区形态结构和血流密度的相关性. *国际眼科杂志*, 2023, 23(3): 504-507.

[43] Feng JY, Yang XT, Xu MQ, et al. Association of microvasculature and macular sensitivity in idiopathic macular epiretinal membrane: using OCT angiography and microperimetry. *Front Med*, 2021,8:655013.

[44] Shen YJ, Ye X, Tao JW, et al. Quantitative assessment of retinal microvascular remodeling in eyes that underwent idiopathic epiretinal membrane surgery. *Front Cell Dev Biol*, 2023,11:1164529.

[45] Fang IM, Hsu HY, Chiang WL, et al. Correlation between visual acuity and optical coherence tomography angiography parameters in unilateral idiopathic epiretinal membrane. *J Clin Med*, 2020,10(1):26.

[46] Li ZX, Zhang J, Lin T, et al. Macular vascular circulation and retinal oxygen saturation changes for idiopathic macular epiretinal membrane after vitrectomy. *Acta Ophthalmol*, 2019,97(3):296-302.

[47] Wang XL, Yang JR, Li ZH, et al. Insights into the underlying choroid in different stages of idiopathic epiretinal membranes after Viteromacular surgery. *Acta Ophthalmol*, 2023,101(4):403-412.