中山大学 中山眼科中心 ZHONGSHAN OPHTHALMIC CENTER, SUN YAT-SEN UNIVERSITY

全文收录于 Lighthouse Scholar

眼科学报

官网：journal.gzzoc.org.cn



doi: 10.12419/25052108
View this article at: https://doi.org/10.12419/25052108

• 综　述 •

眼外伤的精准诊断和评估

陈浩宇[1] 综述，李 涛[2] 审校

(1. 汕头大学·香港中文大学联合汕头国际眼科中心, 汕头 515041；2. 中山大学中山眼科中心, 眼病防治全国重点实验室, 广东省眼科视觉科学重点实验室, 广州 510060)

文章亮点

1. 关键发现

• 利用光相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT)、B 超、超声生物显微镜 (ultrasound biomicroscopy, UBM) 等眼科影像学、视网膜电图等视功能检查、人工智能、宏基因组测序等技术，可以对各种类型眼外伤的角膜、前房、晶体、玻璃体、视网膜等组织进行精准诊断和评估。

2. 已知与发现

• 眼外伤是一种非常个体化的疾病，由于致伤物的性质、速度、方向等存在较大的变异性。准确评估眼球组织是否受损及其损害的严重程度，才能应对个体化的问题。传统的评估手段依赖医生的经验，存在主观性，也难以做到精准诊断。

3. 意义与改变

• 应用眼前后段影像学技术、宏基因组测序技术、人工智能技术等技术对眼外伤患眼进行精准诊断和评估，让医生可以更好地判断病情，更好地采用个性化的治疗方法和预测患者的预后。

[摘　要]　眼外伤是一种非常个体化的疾病，由于致伤物的性质、速度、方向等存在较大的变异性，不同的患者所受累的组织、损伤的程度可能是不一样的，因此对眼外伤的患者进行精准诊断和评估，对于确定治疗方案和预测预后至关重要。本文将就眼外伤中常见的一些病变以及如何进行精准评估进行阐述，包括用前节光相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 进行角膜伤口的评估、用人工智能算法对角膜内外界进行自动分割从而实现自动评价、用前节 OCT 定量测量前房炎症和评估前房的纤维渗出、用 B 超对外伤性白内障在术前进行后囊破裂的评估、外伤性白内障不同时期 2 期人工晶状体植入的度数计算比较、用频域 OCT 对视网膜震荡或视网膜损伤的分级和预后预测、用人工智能算法对视网膜挫伤引起的椭圆体带缺失的体积进行三维定量测量、用频域 OCT 对外伤性黄斑裂孔自愈可能性

收稿日期(Received): 2025-05-27; **修订日期(Revised):** 2025-09-23; **接收日期(Accepted):** 2025-10-31

通信作者(Corresponding author): 陈浩宇，Email: chy@jsiec.org

基金项目(Foundation item): 广东省普通高校重点领域项目 (181254310)。This work was supported by the Department of Education of Guangdong Province (181254310).

作者贡献声明: 1) 构思设计：陈浩宇；2) 行政支持：李涛；3) 提供研究材料：陈浩宇；4) 数据收集与汇总：陈浩宇；5) 数据分析与解读：陈浩宇，李涛；6) 稿件撰写：陈浩宇，李涛；7) 稿件最终修订与同意：所有作者

Contributions: Conception and design: CHEN Haoyu; Administrative support: LI Tao; Provision of study materials: CHEN Haoyu; Collection and assembly of data: CHEN Haoyu; Data analysis and interpretation: CHEN Haoyu, LI Tao; Manuscript writing: CHEN Haoyu, LI Tao; Final approval of manuscript: Both authors

电子全文

进行预测、用视网膜电图对金属性眼内异物造成的视网膜功能损害进行定量评估、用宏基因组测序对感染性眼内炎的病原学快速诊断和用频域 OCT 对眼内炎造成的视网膜损伤进行评估、用人工智能算法对外伤性无光感眼的预后预测等。通过这些实例展示眼科影像学、人工智能、宏基因组测序等技术帮助眼外伤的精准诊断和评估。

[关键词] 眼外伤；精准诊断；眼科影像学

[中图分类号] R779.1，R770.41 **[文献标志码]** A

引用本文: 陈浩宇, 李涛. 眼外伤的精准诊断和评估[J]. 眼科学报, 2025, 40(12): 971-977. DOI: 10.12419/25052108.

Precise diagnosis and assessment in ocular trauma

CHEN Haoyu[1], LI Tao[2]

(1. Shantou International Eye Center of Shantou University and Chinese University of Hong Kong, Shantou 515041, China; 2. State Key Laboratory of Ophthalmology, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Ophthalmology and Visual Science, Guangzhou 510060, China)

Abstract Ocular trauma is a highly personalized disease. Given the substantial variability in the nature, speed, and direction of the injuring agents, different patients potentially may suffer damage to various tissues with varying severity. Therefore, precise diagnosis and assessment of ocular trauma are important for determining treatment plans and predicting prognosis. This article will discuss how to conduct precise assessment for specific injuries. It covers a range of methods, including the use of anterior segment optical coherence tomography (OCT) for evaluating corneal wounds; the application of artificial intelligence algorithms for automatic segmentation of the corneal inner and outer boundaries to achieve automated assessment; the use of anterior segment OCT for quantitative measurement of anterior chamber inflammation and evaluating anterior chamber fibrinous exudation; the use of B-mode ultrasound for preoperative assessment of posterior capsule rupture in traumatic cataracts; a comparison of intraocular lens power calculation strategies for secondary implantation in traumatic cataracts; the use of spectral-domain OCT for grading commotio retinae and predicting prognosis; the application of artificial intelligence algorithms for three-dimensional quantitative measurement of the volume of ellipsoid zone loss in commotio retinae; the use of spectral-domain OCT for predicting spontaneous closure of traumatic macular holes; the use of electroretinography for quantitatively assessing retinal dysfunction caused by metallic intraocular foreign body toxicity; the use of metagenomic sequencing for rapid pathogen diagnosis in infectious endophthalmitis; the use of spectral-domain OCT for assessing retinal damage caused by endophthalmitis, and the application of artificial intelligence algorithms for predicting the prognosis of traumatic no-light-perception eyes. These examples demonstrate how ophthalmic imaging, artificial intelligence, metagenomic sequencing, and other technologies can facilitate the precise diagnosis and assessment of ocular trauma.

Keywords ocular trauma; precise diagnosis; ocular imaging

Cite this article as: CHEN Haoyu, LI Tao. Precise diagnosis and assessment in ocular trauma[J]. Yan Ke Xue Bao, 2025, 40(12): 971-977. DOI: 10.12419/25052108.

眼外伤是常见的致盲眼病，常累及眼部多个组织[1]。由于致伤物的性质、速度、角度等特征有较大的变异性，不同的眼外伤患者受损的组织及其严重程度是不同的，也就是说眼外伤是一种高度个性化的疾病。准确评估眼球组织是否受损及其损害的严重程度，不仅是做出正确的诊断的关键，同时也是确定治疗方案、预测预后的重要基础。传统的评估手段例如裂隙灯、检眼镜等方法依赖医生的经验，存在主观性，也难以做到精准诊断。近年来，随着眼科影像学、人工智能、宏基因组测序等技术的发展及在眼外伤患者中的应用，眼外伤的精准诊断和评估也取得一定进展。

1　角膜伤口

开放性角膜伤是常见的眼外伤类型。前节光相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 可以显示高分辨率的角膜横断面图像，前节 OCT 上角膜伤口缝合术后有 2 个重要的指标：内口开口距离和错位高度。角膜伤口缝合后的形态分为 4 种类型，即角膜伤口内口连续或者错位高度≤80 μm、内口错位高度>80 μm、内口张开、内口组织嵌顿。在术后随访过程中，4 种类型可能相互发生转变；初始不同类型的伤口在 6 个月随访结束时角膜厚度和伤口错位高度不同[2]。OCT 上伤口的光密度值 (灰度值) 可以作为伤口瘢痕化严重程度的定量指标，在缝合术后到 6 个月随访的过程中，伤口光密度逐渐增加。缝合术后第 1 天的伤口错位高度是术后 6 个月伤口光密度的唯一预测指标，错位越多，瘢痕越严重，提示角膜伤口缝合时应该尽量避免内口高低错位[3]。此外，利用人工智能技术可以对前节 OCT 上的角膜边界进行自动分割，从而精准地对角膜伤口进行定量分析[4]。这些研究提示利用前节 OCT 可以精准地评价角膜伤口状态，随访甚至预测伤口愈合情况。

2　前房炎症

前节 OCT 不仅可以评价角膜的结构，也可以显示前房的细胞，进行前房细胞的计数，从而定量评估前房的炎症[5]，用于外伤后前房细胞的定量测量，并且定量评价治疗/随访后前房细胞的改变。

此外，在临床上可观察到有严重眼化学伤的患者出现角膜后弹力层脱离，通过前节 OCT 的研究，发现其机制可能是化学伤引起前房炎症，包括前房细胞和纤维渗出，纤维渗出在下方房角处沉积，造成虹膜和角膜内皮粘连，随后纤维收缩，造成对角膜内皮面的牵拉，后弹力层脱离[6]。这提示前节 OCT 可以精细评估前房的炎症状态，有助于眼外伤发病机制的发现。

3　外伤性白内障

外伤性白内障也是常见的眼外伤类型。手术治疗中最大的挑战是后囊破裂和晶状体悬韧带断裂的问题。术前可以采用常规的 10 MHz 超声波评价后囊是否有破裂，其灵敏度和特异度分别达到 86.76% 和 90.28%，如果术前就发现有后囊破裂，就要做好相应的准备，例如备好玻璃体切割器械等，可以更好地应对术中出现的问题[7]。对于晶状体半脱位，注意不要把外伤性睫状体脱离造成的悬韧带松弛误诊为晶状体脱位，用超声生物显微镜 (ultrasound biomicroscopy, UBM) 检查可以帮助鉴别[8]。利用影像学可以精准评估后囊和悬韧带的状态，有利于手术规划。

另一方面，合并角膜缝线的外伤性白内障术后 2 期人工晶状体植入的时机和人工晶状体度数计算存在不同的选项，可以在角膜拆线前，也可以在角膜拆线后；可以采用对侧眼的角膜曲率，也可以用患眼的角膜曲率。笔者通过研究发现，采用角膜拆线后的角膜曲率计算人工晶状体度数，其屈光预测的准确率最好，其次是对侧眼的角膜曲率，最差的是拆线前的角膜曲率[9]。因此，对于合并角膜缝线的外伤性白内障患者，应该尽可能在拆线后再测量角膜曲率计算人工晶状体度数；如果同期拆线和植入人工晶状体 (例如儿童、不想 2 次麻醉者)，应该采用对侧眼的曲率进行计算。

4　视网膜震荡/挫伤

外伤可以引起多种视网膜病变，用频域 OCT 可以帮助发现这些病变，以及对这些病变进行精准的评价。笔者用 OCT 对 138 例外伤性视网膜病变进行研究，发现其主要类型有视网膜萎缩 (50.7%)、脉络膜破裂 (23.2%)、视网膜下出血

(21.7%)、外伤性黄斑裂孔 (18.1%)、内界膜皱褶 (13.8%)、视网膜色素上皮撕裂 (1.4%)，有 34% 的患者发生 2 种或 2 种以上病变[10]。其中视网膜萎缩主要由视网膜损伤造成。

视网膜震荡和视网膜损伤是 2 个不同的名词，但实际上是不同程度的同一种病变。视网膜震荡程度较轻，其视网膜的灰白样改变和视力的降低可完全恢复；而视网膜挫伤程度较重，恢复后常残留色素改变，而且视力也难以完全复原。其发病机制在一开始存在争议，1978 年 Gass 通过灵长类动物试验证明了其损伤的病理基础是感光细胞，尤其是外节的损害，才解决了争议[11]。在频域 OCT 上，视网膜震荡/挫伤主要表现为感光细胞椭圆体带中断、外核层变薄甚至消失，严重者可以出现内层结构紊乱。笔者将 OCT 的表现分为 3 级，第 1 级只有椭圆体带中断不伴有视网膜萎缩，第 2 级为椭圆体带中断伴有外核层变薄，第 3 级为椭圆体带中断伴外核层完全消失，可合并内层视网膜结构紊乱。级别越高，视力预后越差。此外，OCT 也可以定量测量中心凹厚度，厚度越薄，视力预后越差[12]。利用人工智能技术可以为椭圆体带的中段进行三维分割，从而得到定量的椭圆体带缺失的体积，为定量评估视网膜震荡/挫伤提供基础[13]。

也有一些视网膜震荡的患者程度轻微，没有出现椭圆体带中断，有学者认为是 OCT 上椭圆体带的光密度增加[14]。但是笔者通过定量的测量，发现这些患者的椭圆体带的光密度增加只出现在中心凹，而在旁中心处并没有改变；而椭圆体带与视网膜色素上皮的距离缩短，也就是说感光细胞的外节厚度减少，在中心凹和旁中心都有明显的改变，是更好的影像学标记[15]。

这些研究提示视网膜 OCT 可以为视网膜震荡/挫伤提供精准评估，以及预测预后。

5 外伤性黄斑裂孔

外伤性黄斑裂孔和特发性黄斑裂孔都是黄斑中心凹的神经上皮中断。但是两者的易感人群和病因不同，其裂孔形态也有所差别。与特发性黄斑裂孔比较，外伤性黄斑裂孔的基底部直径更大，裂孔边缘视网膜厚度更薄；更少合并孔周的囊腔 (48% 比 96%) 和玻璃体后脱离 (5.3% 比 95%)。这些不同说明 2 种疾病的发病机制不一样。有部分外伤性黄斑裂孔患者合并视网膜下出血、神经上皮层局限性脱离、脉络膜裂伤、视网膜萎缩等外伤的改变[16]。

在预后方面，大约 1/3 的外伤性黄斑裂孔可以自发闭合。自发闭合的裂孔有较小的裂孔直径 (244.9 μm 比 523.9 μm) 和更少比例的孔周囊腔 (10% 比 76.5%)，其中不合并孔周囊腔是裂孔自发闭合的独立预测因素 (图 1)。这些结果可以为临床上决定是否要进行手术治疗提供参考[17]。

6 眼内异物

眼内异物不仅可以引起机械性损害和带入微生物引起眼内炎的风险，金属异物也可能造成视网膜的毒性。视网膜电图 (electroretinogram, ERG) 可以评价视网膜的功能，反映视网膜毒性的严重程度。但是 ERG 有多种参数、多项指标，哪个能最好地反映视网膜毒性是重要问题。笔者对 ERG 的各种指标和眼内金属异物患者术后的视力预后进行关联性分析，结果发现振荡电位 P3 有最高的相关性[18]。这项结果提示临床医生可以采用振荡电位 P3 来反映眼内异物造成的视网膜功能降低，以及预测异物取出后的视力预后。

7 眼内炎

眼内炎临床诊治的要点是确定病原体和敏感的抗菌药物，才能针对性地使用抗菌药物。但是传统的细菌真菌涂片和培养、药敏试验灵敏度低、耗时久。近年来，宏基因组测序技术的发展为病原体检查带来突破，将原来需要数天甚至数周的培养+药敏试验的时间缩短到 1~2 d，而且将灵敏度提高到 90% 左右。宏基因组测序不仅可以检测病原体，也可以检测到耐药基因，并且显示病原体基因的拷贝数，从而定量反映病原体的载量[19]。但是，真菌存在细胞壁，宏基因组测序对真菌的灵敏度较低，可以联合使用 G 试验和 GM 试验提高诊断的灵敏度[20]。另外，宏基因组测序有高灵敏度，但是存在假阳性的问题，在结果解读的时候，应该参考总序列数、微生物检测序列数、内参检出率、覆盖度等质控指标和病原微生物的序列数等，结合临床表现进行判断，必要时联合其

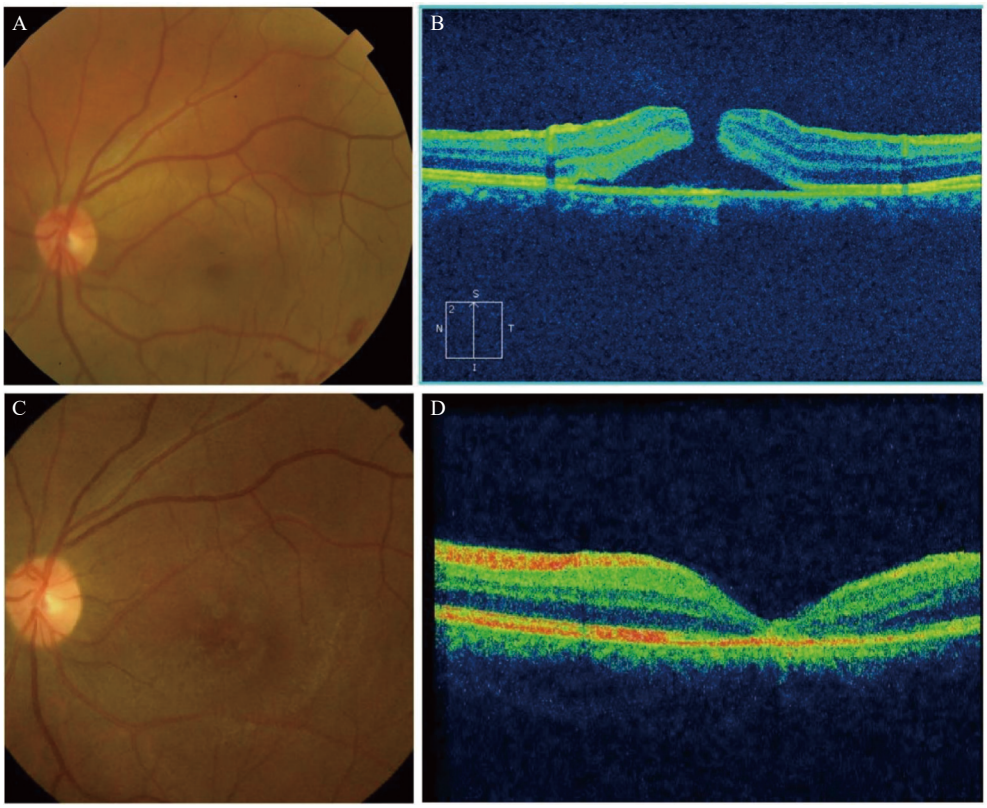


图 1　外伤性黄斑裂孔自愈

Figure 1　Color fundus photographs and OCT images of a patient with traumatic macular hole

外伤后 2 d 的眼底彩照 (A) 显示黄斑区裂孔，视网膜外层灰白色浑浊，OCT(B) 显示黄斑裂孔伴孔周视网膜浅脱离。伤后 1 个月的眼底彩照 (C) 显示后极部视网膜色素紊乱，OCT(D) 显示黄斑裂孔愈合，椭圆体带中断，外核层变薄。

The color fundus photograph taken 2 days after the trauma (A) shows a macular hole with grayish-white opacity in the outer retina at macular region, while the OCT image (B) reveals a macular hole with a shallow retinal detachment around the hole. One month after the injury, the color fundus photograph (C) shows pigmentary disorder in the posterior pole retina, and the OCT image (D) shows healing of the macular hole with disruption of the ellipsoid zone and thinning of the outer nuclear layer.

他的检验手段。

眼内炎经过治疗后炎症受控，但是部分患者视力却无法恢复。眼内炎的视力预后可以通过几种方式进行预测。在临床指标方面，就诊视力差、合并有眼内异物和玻璃体腔多次注射抗生素是治疗后视力差的独立预测因素[21]。在 OCT 中，视网膜内层的萎缩是治疗后视力差的独立预测因素(图 2)，其机制可能是眼内炎造成白细胞大量阻塞视网膜血管，造成了视网膜缺血，从而影响视力的恢复[22]。在病原学上，微生物检测序列数和治疗后视力预后有中度的相关性，说明病原体载量越多，视力越差[19]。也有部分眼内炎患者严重到需要进行眼内容物剜除或者眼球摘除，相对而言，角膜溃疡继发眼内炎和内源性眼内炎有较大的比例无法保留眼球，而外伤性眼内炎和继发于眼内手术的眼内炎则较少，就诊视力差也是无法保留眼球的危险因素[23]。

8　外伤性无光感

部分严重眼外伤可能导致就诊时无光感，对这些患者的处理存在争议。以前认为这些患者已经无光感，没有再修复的价值，应该进行眼内容物剜除以预防交感性眼炎。随着技术的发展，外伤性无光感的患者中有 39% 经过手术治疗后可恢复光感。天津医科大学颜华教授组织了国内多家机构的专家团队，收集了 531 只眼，采用人工智能技术预测能否恢复光感及以上的视力，结果发

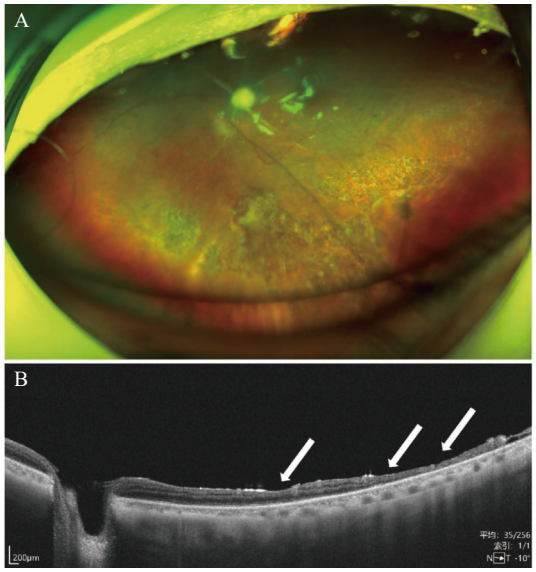


图 2 眼内炎控制后视网膜影像

Figure 2 Retinal images after endophthalmitis control

眼内炎术后 1 个月的激光扫描眼底成像 (A) 显示视网膜血管白线状改变，OCT(B) 显示视网膜内层萎缩，结构紊乱 (disorganization of retinal inner layer，DRIL，箭头所示)。

One month after pars plana vitrectomy for endophthalmitis, Scanning Laser Ophthalmoscopy (A) shows white linear changes in retinal vessels, and Optical coherence tomography (OCT) (B) shows atrophy and disorganization of the retinal inner layer (DRIL, indicated by arrows).

现玻璃体状况、巩膜伤口距离角膜缘的最大距离、眼内异物、伤口总长度、晶状体状态、角膜状况、虹膜状况、玻璃体手术时机、房水状况、穿通伤或者裂伤、视网膜脱离、视网膜残留、视网膜状况、脉络膜脱离、视网膜脱离形态等指标是预测的特征，并且建立了预测模型，可以利用这个模型帮助判断修复手术是否能恢复患者的光感[24-25]。

9 结语

总的来讲，近年来眼前后段影像学技术、宏基因组测序技术、人工智能技术等技术的发展给眼外伤的精准诊断带来了新的进展，让医生可以更好地评估病情，更好地采用个性化的治疗方法和预测患者的预后。但同时我们也要认识到，目前眼外伤的类型种类繁多，目前精准诊断的研究只是局限于其中的一些类型，需要进一步拓展其在更多类型损伤中的应用。另一方面，目前很多研究只局限于诊断研究，需要进一步开展临床研究，验证采用这些精准诊断是否能真正提高患者预后。

声明

在论文撰写中无使用生成式人工智能，所有作者对内容的真实性、完整性和科学性负责。所有科学贡献和智力劳动均由所有作者共同完成。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

开放获取声明

本文适用于知识共享许可协议 (Creative Commons)，允许第三方用户按照署名 (BY)-非商业性使用 (NC)-禁止演绎 (ND)(CC BY-NC-ND) 的方式共享，即允许第三方对本刊发表的文章进行复制、发行、展览、表演、放映、广播或通过信息网络向公众传播，但在这些过程中必须保留作者署名、仅限于非商业性目的、不得进行演绎创作。

参考文献

1. Chen H, Jhanji V, Agrawal R, et al. Editorial: updates on ocular trauma[J]. Front Med, 2022, 9: 906253. DOI: 10.3389/fmed.2022.906253.
2. Zheng KK, Cai J, Rong SS, et al. Longitudinal evaluation of wound healing after penetrating corneal injury: anterior segment optical coherence tomography study[J]. Curr Eye Res, 2017, 42(7): 982-986. DOI: 10.1080/02713683.2016.1274038.
3. Zheng K, Huang H, Peng K, et al. Change of optical intensity during healing process of corneal wound on anterior segment optical coherence tomography[J]. Sci Rep, 2016, 6: 32352. DOI: 10.1038/srep32352.
4. Wang F, Shi F, Zhu W, et al. Automated boundary segmentation and wound analysis for longitudinal corneal OCT images. SPIE Medical Imaging 2017: Biomedical Applications in Molecular, Structural, and Functional Imaging; 2017; Orlando, Florida, United States. SPIE. DOI: 10.1117/12.2254394.
5. Liao X, Jin C, Chen W, et al. Quantification of anterior chamber reaction after intravitreal injections of conbercept and ranibizumab: a pilot study[J]. Eye, 2020, 34(3): 595-596. DOI: 10.1038/s41433-019-0537-5.
6. Zhang X, Jhanji V, Chen H. Tractional Descemet's membrane detachment after ocular alkali burns: case reports and review of

literature[J]. BMC Ophthalmol, 2018, 18(1): 256. DOI: 10.1186/s12886-018-0924-x.

7. Ke X, Li C, Lin L, et al. Accuracy of 10MHz ultrasonography for evaluation of posterior lens capsule in traumatic cataract[J]. Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol, 2024, 262(11): 3629-3634. DOI: 10.1007/s00417-024-06523-9.
8. 麦小婷, 陈浩宇. 外伤性晶状体半脱位诊疗中的几个问题[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2025, 25(1): 83-84. DOI: 10.14166/j.issn.1671-2420.2025.01.018.
Mai XT, Chen HY. Several problems in diagnosis and treatment of traumatic subluxation of lens[J]. Chin J Ophthalmol Otorhinolaryngol, 2025, 25(1): 83-84. DOI: 10.14166/j.issn.1671-2420.2025.01.018.
9. Li C, Chen X, Ke X, et al. Comparison of the effectiveness of different corneal curvature measurement methods for IOL implantation in traumatic aphakic eyes with corneal injury[J]. Int Ophthalmol, 2024, 44(1): 248. DOI: 10.1007/s10792-024-03172-z.
10. 卢玉芳, 夏红和, 陆雪辉, 等. 钝挫伤后外伤性视网膜病变的频域光相干断层扫描的流行病学特征研究[J/OL]. 伤害医学 (电子版), 2018, 7(1): 49-54. DOI: 10.3868/j.issn.2095-1566.2018.01.010.
Lu YF, Xia HH, Lu XH, et al. Microstructural changes in traumatic retinopathy detected by spectral domain optical coherence tomography[J/OL]. Inj Med (Electron Ed), 2018, 7(1): 49-54. DOI: 10.3868/j.issn.2095-1566.2018.01.010.
11. Sipperley JO. Traumatic retinopathy in Primates: the explanation of commotio retinae[J]. Arch Ophthalmol, 1978, 96(12): 2267. DOI: 10.1001/archopht.1978.03910060563021.
12. Chen H, Lu Y, Huang H, et al. Prediction of visual prognosis with spectral-domain optical coherence tomography in outer retinal atrophy secondary to closed globe trauma[J]. Retina, 2013, 33(6): 1258-1262. DOI: 10.1097/IAE.0b013e31827b63ba.
13. Zhu W, Chen H, Zhao H, et al. Automatic three-dimensional detection of photoreceptor ellipsoid zone disruption caused by trauma in the OCT[J]. Sci Rep, 2016, 6: 25433. DOI: 10.1038/srep25433.
14. Joon A, Joon W, Eun K, et al. Optical coherence tomography morphologic grading of macular commotio retinae and its association with anatomic and visual outcomes[J]. Am J Ophthalmol, 2013, 156(5): 994-1001. e1. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.06.023.
15. Xia H, Ke X, Chen LJ, et al. Reduced photoreceptor outer segment layer thickness in mild commotio retinae without ellipsoid zone disruption[J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2020, 258(7): 1437-1442. DOI: 10.1007/s00417-020-04678-9.
16. 史庭坤, 夏红和, 金创, 等. 外伤性黄斑裂孔与特发性黄斑裂孔的光相干断层扫描图像特征比较[J]. 中华眼底病杂志, 2025, 41(4): 289-293. DOI: 10.3760/cma.j.cn511434-20240902-00327.
Shi TK, Xia HH, Jin C, et al. Comparison of optical coherence tomography image characteristics between traumatic macular hole and idiopathic macular hole[J]. Chin J Ocul Fundus Dis, 2025, 41(4): 289-293. DOI: 10.3760/cma.j.cn511434-20240902-00327.
17. Chen H, Chen W, Zheng K, et al. Prediction of spontaneous closure of traumatic macular hole with spectral domain optical coherence tomography[J]. Sci Rep, 2015, 5: 12343. DOI: 10.1038/srep12343.
18. Mai X, Ling F, Gong Y, et al. Correlation between electroretinogram and visual prognosis in metallic intraocular foreign body injury[J]. Front Med, 2021, 8: 688305. DOI: 10.3389/fmed.2021.688305.
19. Zhu J, Xia H, Tang R, et al. Metagenomic next-generation sequencing detects pathogens in endophthalmitis patients[J]. Retina, 2022, 42(5): 992-1000. DOI: 10.1097/IAE.0000000000003406.
20. Li Y, Qian Z, Chen H, et al. The clinical value of β-d-glucan testing and next-generation metagenomic sequencing for the diagnosis of fungal endophthalmitis[J]. Retina, 2024, 44(7): 1209-1216. DOI: 10.1097/IAE.0000000000004073.
21. Lu X, Xia H, Jin C, et al. Prognostic factors associated with visual outcome of salvageable eyes with posttraumatic endophthalmitis [J]. Sci Rep, 2019, 9(1): 12678. DOI: 10.1038/s41598-019-49117-w.
22. Lu X, Chen W, Xia H, et al. Atrophy of retinal inner layers is associated with poor vision after endophthalmitis: a spectral domain optical coherence tomography study[J]. Eye, 2017, 31(10): 1488-1495. DOI: 10.1038/eye.2017.100.
23. Lu X, Ng DS, Zheng K, et al. Risk factors for endophthalmitis requiring evisceration or enucleation[J]. Sci Rep, 2016, 6: 28100. DOI: 10.1038/srep28100.
24. Meng X, Wang Q, Chen S, et al. An interpretable model predicts visual outcomes of no light perception eyes after open globe injury[J]. Br J Ophthalmol, 2024, 108(2): 285-293. DOI: 10.1136/bjo-2022-322753.
25. Yan H, Yang K, Ma Z, et al. Guideline for the treatment of no light perception eyes induced by mechanical ocular trauma[J]. J Evid Based Med, 2022, 15(3): 302-314. DOI: 10.1111/jebm.12496.

(责任编委：丁小虎；编辑：殷秋霞)