

超广角眼底成像在近视周边视网膜病变及豹纹状眼底评估中的应用价值

刘慧露, 韦迪耀, 甘柳珠, 邓佳碧, 谢树凤, 庞雯, 刘春华, 蒋中栋, 吴晶晶

引用: 刘慧露, 韦迪耀, 甘柳珠, 等. 超广角眼底成像在近视周边视网膜病变及豹纹状眼底评估中的应用价值. 国际眼科杂志, 2026, 26(11): 1898–1903.

基金项目: 广西壮族自治区卫生健康委员会自筹经费科研课题 (No.Z-B20221551)
作者单位: (545001) 中国广西壮族自治区柳州市红十字会医院 柳州市眼科医院
作者简介: 刘慧露, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 眼底病。
通讯作者: 韦迪耀, 学士, 研究方向: 眼视光. weidiyao1996@163.com
收稿日期: 2026-04-14 **修回日期:** 2026-09-03

摘要

目的: 探讨不同近视程度人群的眼部参数差异, 分析豹纹状眼底 (FT) 程度与眼部生物参数及眼底病变的相关性, 评估周边视网膜病变与 FT 在近视眼底病变风险评估中的临床价值以及超广角眼底成像 (UWFI) 在近视眼底病变风险评估中的临床价值。

方法: 横断面研究。回顾性收集 2022 年 6 月至 2025 年 6 月于柳州市红十字会医院眼科就诊的屈光不正患者, 根据等效球镜 (SE) 不同分为四组: 正视和轻度近视组 ($-3.0\text{ D} < \text{SE} \leq +0.50\text{ D}$)、中度近视组 ($-6.0\text{ D} < \text{SE} \leq -3.0\text{ D}$)、高度近视组 ($-10.0\text{ D} < \text{SE} \leq -6.0\text{ D}$)、超高度近视组 ($\text{SE} \leq -10.0\text{ D}$)。测量四组的眼轴长度 (AL)、前房深度 (ACD)、角膜厚度 (CCT)、SE, 利用 UWFI 图像评估 FT 程度 (0 = 无, 1 = 轻, 2 = 中, 3 = 重) 及辅助确诊眼底病变, 并进行四组间的比较。

结果: 本研究共纳入患者 197 例 197 眼, 其中男 88 例, 女 109 例, 年龄 36.00 (27.00, 47.00) 岁。正视和轻度近视组 25 眼, 年龄 36.00 (23.00, 47.00) 岁, 男 13 例, 女 12 例。中度近视组 38 眼, 年龄 30.00 (23.00, 37.00) 岁, 男 18 例, 女 20 例。高度近视组 94 眼, 年龄 36.00 (23.00, 47.00) 岁, 男 40 例, 女 54 例。超高度近视组 40 眼, 年龄 42.50 (27.25, 52.75) 岁, 男 17 例, 女 23 例。AL 随近视程度加深而增加, SE 随近视程度加深而降低, 组间差异显著 (均 $P < 0.001$)。FT 程度随近视程度加深而加重 ($H = 68.057, P < 0.001$)。FT 与 AL 呈正相关 ($r_s = 0.669, P < 0.001$), 与 SE 呈负相关 ($r_s = -0.628, P < 0.001$)。多因素分析显示, 含 AL 模型中 AL、年龄、性别、格子样变性 (LD) 及近视黄斑病变 (MM) 是 FT 的影响因素 (均 $P < 0.05$); 含 SE 模型中 SE、年龄、性别、周边视网膜色素改变、LD 及 MM 是 FT 的影响因素 (均 $P < 0.05$)。

结论: FT 程度随近视程度加深而加重, 可作为反映 AL 伸长和近视进展的简便指标, 与周边视网膜病变共同在近视眼底病变风险评估中具有重要临床价值。

关键词: 近视; 豹纹状眼底; 周边视网膜病变; 超广角眼底成像; 眼轴长度; 风险评估
DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2026.11.06

Application value of ultra - wide - field fundus imaging in the assessment of peripheral retinal lesions and tessellated fundus in myopia

Liu Huilu, Wei Diyao, Gan Liuzhu, Deng Jiabi, Xie Shufeng, Pang Wen, Liu Chunhua, Jiang Zhongdong, Wu Jingjing

Foundation item: Self-funded Scientific Research Project of Health Commission of Guangxi Zhuang Autonomous Region (No. Z - B20221551)
Liuzhou Red Cross Hospital (Eye Hospital of Liuzhou City), Liuzhou 545001, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China
Correspondence to: Wei Diyao. Liuzhou Red Cross Hospital (Eye Hospital of Liuzhou City), Liuzhou 545001, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China. weidiyao1996@163.com
Received: 2026-04-14 **Accepted:** 2026-09-03

Abstract

• **AIM:** To investigate the differences in ocular parameters among patients with varying degrees of myopia, analyze the correlation between tessellated fundus (FT) severity and ocular biometric parameters as well as fundus lesions, and evaluate the clinical value of peripheral retinal lesions, FT, and ultra-wide-field imaging (UWFI) in the risk assessment of myopic fundus lesions.

• **METHODS:** Patients with ametropia who were admitted to the Department of Ophthalmology, Liuzhou Red Cross Hospital from June 2022 to June 2025 were retrospectively collected. The participants were divided into four groups according to different spherical equivalent (SE): emmetropia and mild myopia group ($-3.0\text{ D} < \text{SE} \leq +0.50\text{ D}$), moderate myopia group ($-6.0\text{ D} < \text{SE} \leq -3.0\text{ D}$), high myopia group ($-10.0\text{ D} < \text{SE} \leq -6.0\text{ D}$), and ultra-high myopia group ($\text{SE} \leq -10.0\text{ D}$). Axial length (AL), anterior chamber depth (ACD), central corneal thickness (CCT), and SE of four groups were measured. UWFI images were used to evaluate the FT severity (0 = none, 1 = mild, 2 = moderate, 3 = severe) and to assist in the diagnosis of fundus lesions, and the comparison between the four groups was performed.

• **RESULTS:** A total of 197 patients (197 eyes) were

enrolled, including 88 males and 109 females, with a median age of 36.00 (27.00, 47.00) y. Totally 25 eyes (13 males and 12 females) were in emmetropia and mild myopia group with a median age of 36.00 (23.00, 47.00) y; 38 eyes (18 males and 20 females) were in moderate myopia group with a median age of 30.00 (23.00, 37.00) y; 94 eyes were in high myopia group (40 males and 54 females) with a median age of 36.00 (23.00, 47.00) y; 40 eyes were in ultra-high myopia group (17 males and 23 females), with a median age of 42.50 (27.25, 52.75) years. AL increased and SE decreased progressively with myopia severity, with significant differences among all groups (all $P < 0.001$). The severity of FT also increased progressively with myopia severity ($H = 68.057$, $P < 0.001$). FT was positively correlated with AL ($r_s = 0.669$, $P < 0.001$) and negatively correlated with SE ($r_s = -0.628$, $P < 0.001$). Multivariate analysis showed that AL, age, gender, lattice degeneration (LD) and myopic macular degeneration (MM) in the AL-containing model were the influencing factors of FT (all $P < 0.05$). In the SE-containing model, SE, age, gender, peripheral retinal pigmentary changes, LD and MM were the influencing factors of FT (all $P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** FT severity is positively correlated with the degree of myopia and can serve as a simple indicator reflecting AL elongation and myopia progression. Together with peripheral retinal lesions, it has important clinical value in the risk assessment of myopic fundus lesions.

• **KEYWORDS:** myopia; tessellated fundus; peripheral retinal lesions; ultra-wide-field imaging; axial length; risk assessment

Citation: Liu HL, Wei DY, Gan LZ, et al. Application value of ultra-wide-field fundus imaging in the assessment of peripheral retinal lesions and tessellated fundus in myopia. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026,26(11):1898-1903.

0 引言

近年来,全球近视患病率迅速上升,其中高度近视 (high myopia, HM) 比例的增长尤为显著,导致病理性近视 (pathologic myopia, PM) 成为中青年人群不可逆性视力损伤乃至致盲的重要病因之一^[1-2]。PM 对视功能的损害主要源于其引发的多种进行性眼底并发症,包括脉络膜新生血管 (choroidal neovascularization, CNV)、近视黄斑病变 (myopic maculopathy, MM)、孔源性视网膜脱离 (rhegmatogenous retinal detachment, RRD) 及视网膜劈裂 (retinoschisis, RS) 等^[3]。除后极部病变外,近视也可导致周边视网膜出现病理性改变,但这些病变往往难以早期发现^[4]。有研究表明:随着近视度数增加,超广角成像 (ultra-widefield imaging, UWFI) 检测出的周边视网膜病变 (peripheral retinal lesions) 患病率亦相应上升^[5]。豹纹状眼底 (tessellated fundus, FT) 表现为因脉络膜大血管显露增强而形成的豹纹状斑,常见于多种眼底疾病,尤其与近视密切相关^[6-7]。然而,对于周边部视网膜病变与 FT 的相关性研究较少。因此,本研究通过 Optos 200°超广角眼底激光扫描检查对不同等效球镜患者的视网膜进行检查,

研究不同屈光度下其视网膜病变患病情况,分析 FT 改变与各类视网膜病变的相关性,探讨 UWFI 检查在周边视网膜病变检查中的应用价值。

1 对象和方法

1.1 对象 横断面研究。回顾性收集 2022 年 6 月至 2025 年 6 月于柳州市红十字会医院眼科就诊的屈光不正患者。纳入标准:(1)年龄 18-60 岁;(2)眼压 ≤ 21 mmHg。排除标准:(1)青光眼、糖尿病、既往视网膜病变史、眼部炎症等其他眼部或全身性疾病;(2)内眼手术史、眼部激光或眼部外伤史;(3)屈光介质混浊。本研究已通过柳州市红十字会医院医学伦理委员会审查批准 (审批号:2022 N0.06),所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法 所有患者均行眼部常规视力、眼压、裂隙灯显微镜检查,非睫状肌麻痹下电脑自动验光[选取等效球镜 (spherical equivalent, SE) 较低眼入组, SE 相等时取右眼],应用光学生物测量仪 LS900 型测量眼轴 (axial length, AL)、角膜厚度 (central corneal thickness, CCT)、前房深度 (anterior chamber depth, ACD)。根据 SE 不同分为四组:正视和轻度近视组 ($-3.0 D < SE \leq +0.50 D$)、中度近视组 ($-6.0 D < SE \leq -3.0 D$)、高度近视组 ($-10.0 D < SE \leq -6.0 D$)、超高度近视组 ($SE \leq -10.0 D$)。该分组标准参考了国际近视学会 (IMI) 及 META-PM 分期系统的推荐标准。

采用 Optos 200°超广角激光扫描检眼镜在半暗室 (照度 5-20 Lx) 中行非散瞳状态下五方位眼底检查。操作规范及图像质控依据《我国超广角眼底成像术的操作和阅片规范 (2018 年)》^[8]。本研究仅纳入视野完整、清晰度达标、无明显伪影的合格图像,图像采用无损格式存储。由两位眼科专科医生阅片,记录周边视网膜病变:非压迫白 (white without pressure, WWOP):视网膜呈白色样改变,无压力时可见;格子样变性 (lattice degeneration, LD):视网膜呈网格状萎缩变性;视网膜裂孔 (retinal tear, RT) 或伴孔源性视网膜脱离 (rhegmatogenous retinal detachment, RRD);其他周边视网膜病变:包括囊样变性、蜗牛迹样变性等;记录 MM 情况。FT 分级参照文献^[9]:0 级无脉络膜大血管显露;1 级轻度显露;2 级中度显露;3 级重度显露。由两位眼科专科医生独立阅片,结果不一致时由第三位副主任医师裁定。

统计学分析:采用统计学软件 SPSS27.0 分析数据。数据符合正态分布且方差齐者用 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组间比较采用单因素方差分析,事后两两比较采用 Tukey HSD 检验;非正态分布者用 $M (P_{25}, P_{75})$ 表示,多组间比较采用 Kruskal-Wallis H 检验,事后两两比较采用 Mann-Whitney U 检验及 Bonferroni 进行校正 ($\alpha = 0.0083$);因年龄组间不均衡,AL 及 ACD 以广义线性模型校正年龄, CCT 以协方差分析校正年龄,多重比较行 Bonferroni 校正。分类资料用 $n (%)$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法检验。FT 分级的一致性检验,采用 Kappa 统计分析。FT 与眼部生物参数采用 Spearman 相关分析。FT 等级与各类视网膜病变采用单因素分析 Mann-Whitney U 检验。采用有序 Logistic 回归进行因素分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组一般资料及眼部生物参数比较 本研究共纳入患者 197 例 197 眼,其中男 88 例 (44.7%),女 109 例

(55.3%); 年龄 18-60 [36.00 (27.00, 47.00)] 岁; SE 为 -22.125-0.0 (平均-7.20±4.02) D。四组间性别分布均衡可比 ($\chi^2=0.902, P=0.825$)。四组间年龄分布有差异 ($H=9.911, P=0.019$)。四组间 AL、ACD、CCT 及 SE 的比较结果见表 1。AL 和 SE 随近视程度加深而增加, 组间差异显著 (AL: $H=130.571, P<0.001$; SE: $H=171.463, P<0.001$), 两两比较显示各组间 AL 及 SE 差异均有统计学意义 (均 $P<0.0083$)。ACD 组间有差异 ($H=8.956, P=0.030$), 其中中度组大于正视和轻度组 ($P=0.005$)。四组间 CCT 有差异 ($F=2.788, P=0.042$), 高度组厚于超高度组 ($P=0.028$)。

由于四组年龄分布不均衡, 进一步校正年龄后重新分析上述指标。校正后, AL 组间差异仍显著 (Wald $\chi^2=443.149, P<0.001$), 年龄对 AL 无显著影响 (Wald $\chi^2=2.614, P=0.106$), 四组间两两比较均有显著差异 (均 $P<0.0083$)。ACD 组间差异仍有统计学意义 (Wald $\chi^2=12.705, P=0.005$), 年龄对 ACD 有显著影响 (Wald $\chi^2=30.610, P<0.001$); 两两比较显示, 正视和轻度组 ACD 显著小于中度组 (差值 = -0.227 mm, $P=0.004$)、高度组 (差

值 = -0.199 mm, $P=0.003$) 及超高度组 (差值 = -0.258 mm, $P<0.0083$), 而中度、高度及超高度三组间 ACD 差异无统计学意义 (均 $P>0.0083$)。CCT 校正后总体差异仍有统计学意义 ($F=2.934, P=0.035$), 年龄对 CCT 无显著影响 ($F=0.637, P=0.426$); 仅高度组 CCT 厚于超高度组, 但差异无统计学意义 (差值 = 16.823 μm , 95% CI: 1.316-32.330, $P=0.026$), 其余组间差异无统计学意义 (均 $P>0.0083$)。提示年龄对本研究中 AL、ACD、CCT 的组间比较结果未造成明显影响, 具有稳健性。

2.2 各组 FT 程度比较 FT 程度随近视程度加深而加重 ($H=68.057, P<0.001$), 在正视和轻度组与中度组、中度组与高度组、高度组与超高度组之间, 差异有统计学意义 (均 $P<0.0083$), 见表 2。由于正视和轻度组样本量较小, 该组与中度组之间的差异显著性需结合临床综合判断。

2.3 各组眼底病变发生率比较 四组 WWOP、LD、其他周边病变、MM 的发生率比较, 差异有统计学意义 (均 $P<0.05$), 见表 3。

2.4 FT 与眼部生物参数及视网膜病变关系 Spearman 相关分析显示, FT 与 AL 呈正相关 ($r_s=0.669, P<0.001$), 与

表 1 不同近视程度组别的一般资料及眼部生物参数比较

组别	例数 (<i>n</i>)	性别 (男, 例)	年龄 [<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅), 岁]	AL [<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅), mm]	ACD [<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅), mm]	SE [<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅), D]	CCT ($\bar{x}\pm s, \mu\text{m}$)
正视和轻度近视组	25	13(52.0)	36.00 (23.00, 47.00)	24.38 (24.03, 24.85)	2.78 (2.67, 2.98)	-2.25 (-3.50, -1.25)	538.68±23.64
中度近视组	38	18(47.4)	30.00 (23.00, 37.00)	25.73 (25.33, 26.10)	3.11 (2.96, 3.28)	-5.50 (-6.50, -5.00)	537.24±33.13
高度近视组	94	40(42.6)	36.00 (23.00, 47.00)	27.05 (26.60, 27.55)	3.05 (2.80, 3.24)	-8.50 (-9.88, -7.00)	545.72±30.55
超高度近视组	40	17(42.5)	42.50 (27.25, 52.75)	28.70 (28.06, 29.61)	3.04 (2.82, 3.22)	-13.69 (-16.19, -11.78)	529.58±31.30
$\chi^2/H/F$		0.902	9.911	130.571	8.956	171.463	2.788
<i>P</i>		0.825	0.019	<0.001	0.030	<0.001	0.042

注: 正视和轻度近视组 -3.0 D<SE≤+0.50 D; 中度近视组 -6.0 D<SE≤-3.0 D; 高度近视组 -10.0 D<SE≤-6.0 D; 超高度近视组 SE≤-10.0 D。

表 2 不同近视程度组别的 FT 程度分布比较

组别	眼数	0 级	1 级	2 级	3 级
正视和轻度近视组	25	12(48.0)	11(44.0)	2(8.0)	0
中度近视组	38	8(21.1)	14(36.8)	13(34.2)	3(7.9)
高度近视组	94	1(1.1)	34(36.2)	43(45.7)	16(17.0)
超高度近视组	40	0	4(10.0)	13(32.5)	23(57.5)
合计	197	21(10.7)	63(32.0)	71(36.0)	42(21.3)

注: 正视和轻度近视组 -3.0 D<SE≤+0.50 D; 中度近视组 -6.0 D<SE≤-3.0 D; 高度近视组 -10.0 D<SE≤-6.0 D; 超高度近视组 SE≤-10.0 D。FT 分级的一致性检验, 采用 Kappa 统计分析, 结果 Kappa=0.847(95% CI: 0.742-0.952), 一致性良好。

表 3 不同近视程度组别的眼底病变发生率比较

组别	眼数	WWOP	周边视网膜色素改变	LD	视网膜裂孔或伴 RRD	其他周边病变	MM
正视和轻度近视组	25	7(28.0)	3(12.0)	0	1(4.0)	0	0
中度近视组	38	11(28.9)	11(28.9)	1(2.6)	4(10.5)	6(15.8)	5(13.2)
高度近视组	94	46(48.9)	22(23.4)	15(16.0)	14(14.9)	21(22.3)	7(7.4)
超高度近视组	40	26(65.0)	9(22.5)	7(17.5)	4(10.0)	8(20.0)	10(25.0)
<i>P</i>		0.003	0.477	0.015	0.550	0.036	0.007

注: 正视和轻度近视组 -3.0 D<SE≤+0.50 D; 中度近视组 -6.0 D<SE≤-3.0 D; 高度近视组 -10.0 D<SE≤-6.0 D; 超高度近视组 SE≤-10.0 D。

SE 呈负相关($r_s = -0.628, P < 0.001$), 与年龄呈正相关($r_s = 0.283, P < 0.001$)。FT 等级在合并周边视网膜色素改变、LD、其他周边病变及 MM 的患者中均显著高于无相应病变者(均 $P < 0.05$); 而在合并 WWOP 或视网膜裂孔/伴 RRD 的患者中, 差异无统计学意义(均 $P > 0.05$), 见表 4。

2.5 FT 的多因素分析 因 AL 与 SE 相关($r_s = -0.842$), 分别构建两个模型。平行线检验显示模型成立(模型一 $P = 0.317$, 模型二 $P = 0.607$)。模型一: AL ($OR = 2.92$)、年龄 ($OR = 1.03$)、性别(男 $OR = 0.29$)、LD ($OR = 0.32$)、MM ($OR = 0.10$) 是 FT 的影响因素(均 $P < 0.05$)。模型二: SE ($OR = 0.63$)、年龄 ($OR = 1.04$)、性别 ($OR = 0.44$)、周边视网膜色素改变 ($OR = 0.41$)、LD ($OR = 0.24$)、MM ($OR = 0.09$) 是 FT 的影响因素(均 $P < 0.05$), 见表 5。

3 讨论

HM 人群逐年扩增, 发病率持续上升, PM 已成为不可逆视功能损害的核心诱因, 其病因、眼底病变演变规律及临床特征已成为研究热点。近视发病受遗传、环境、视网膜代谢等多重因素共同调控^[2]。近年研究提示 FT 可作为 MM 的早期预警体征^[10-11], 但 FT 与全周性视网膜病变的联动评估体系仍缺乏完善的本土临床证据。本研究采用 200°非散瞳 UWFI 开展横断面分层观察, 围绕不同近视分级人群眼部生物参数、FT 分级、各类周边及黄斑眼底病变开展量化分析, 结合国内外同类文献对比验证结果异同, 着重阐释本研究创新价值、分层诊疗方案并

客观梳理研究局限。

3.1 周边视网膜病变和 MM 与近视程度的关联分析 本研究显示, WWOP、LD、各类周边变性及 MM 发生率随近视度数升高显著上升, 该趋势与陈剑英等^[12]广角眼底筛查研究、Zhang 等^[13]的大样本队列研究结论完全吻合, 轴性拉长牵拉视网膜神经上皮层, 造成周边组织缺血萎缩, 后极部脉络膜持续变薄则诱发黄斑退行性改变, 研究还证实周边视网膜病变与更长的 AL、更高的度数呈正相关。高龄和高度数是 MM 的公认高危因素^[14-15]。多项研究表明 MM 的发生与能量代谢、氧化应激及免疫炎症反应密切相关^[16-17]。本研究中视网膜裂孔或伴 RRD 组间发生率无统计学差异, 与多数文献存在小幅分歧, 主要源于正视和轻度近视组样本量偏少、门诊就诊人群存在选择偏倚, 大范围脱离患者多直接转诊手术未纳入本研究, 加之非散瞳成像对极周边微小裂孔检出敏感度有限, 因此该结果解读需结合临床谨慎判断。

3.2 FT 的形成机制及其与 AL 的相关性解读 FT 的本质为 AL 延长诱发的脉络膜毛细血管-视网膜色素上皮复合体变薄, 脉络膜大血管裸露形成的特征性眼底改变^[18]。Chen 等^[19]的 Meta 分析显示 FT 其严重程度与 AL 呈正相关, 本研究数据与之高度一致, FT 与 AL 呈正相关($r_s = 0.669, P < 0.001$), 有序 Logistic 回归显示 AL 是 FT 程度加重的危险因素 ($OR = 2.92$), 含 AL 模型拟合优度优于 SE 模型, 印证了眼球病理性轴性扩张是 FT 发生发展的核心

表 4 FT 等级与各类视网膜病变的单因素分析

视网膜病变	分组	眼数	秩平均值	Z	P
WWOP	无	107	92.85	-1.731	0.084
	有	90	106.31		
周边视网膜色素改变	无	152	93.68	-2.523	0.011
	有	45	116.97		
LD	无	174	94.52	-3.183	0.001
	有	23	132.91		
视网膜裂孔或伴 RRD	无	174	96.97	-1.440	0.153
	有	23	114.35		
其他周边病变	无	162	94.63	-2.425	0.015
	有	35	119.21		
MM	无	175	91.90	-5.169	<0.001
	有	22	155.48		

表 5 FT 影响因素的多元有序 Logistic 回归分析

变量	模型一(含 AL)		模型二(含 SE)	
	OR(95%CI)	P	OR(95%CI)	P
AL	2.92(2.27-3.76)	<0.001		
SE			0.63(0.56-0.71)	<0.001
年龄	1.03(1.01-1.06)	0.017	1.04(1.02-1.07)	0.002
性别(男 vs 女)	0.29(0.15-0.56)	<0.001	0.44(0.23-0.83)	0.011
周边视网膜色素改变	0.50(0.24-1.03)	0.060	0.41(0.20-0.84)	0.016
LD	0.32(0.11-0.96)	0.041	0.24(0.08-0.70)	0.009
MM	0.10(0.03-0.36)	<0.001	0.09(0.03-0.30)	<0.001
内戈尔科 R ²	0.659		0.623	
平行线检验 P	0.317		0.607	

注:分类变量的 OR 值表示“无病变 vs 有病变”的比较,参照有病变,OR<1 表示无病变者 FT 程度更轻。仅列出有显著差异或边缘显著的变量。

驱动因素,相较于以普通社区人群为主体的北京眼病研究^[20],本研究纳入足量超高度近视样本,极大强化了FT与AL的线性关联强度,进一步凸显AL在近视眼底损伤评估中的核心地位。

3.3 FT作为集成生物标志物与近视并发症的内在关联
FT被证实与多种近视并发症紧密关联。本研究证实FT与MM、LD显著相关,无黄斑病变、无LD人群FT严重程度明显更低,反向提示FT分级越高后极部黄斑区、周边视网膜双重病变风险同步升高,重度FT代表全眼球视网膜脉络膜广泛营养不良,是黄斑病变、周边变性共同的眼底表征^[3]。既往研究多仅单独分析FT与黄斑病变或AL的单一关联,本研究同步纳入多类周边视网膜病变开展系统性匹配分析,明确FT可作为集成性“生物标志物”同步预判后极部与周边双重眼底损伤风险,填补了该领域多病变联合关联分析的研究空白。

3.4 UWFI技术的筛查优势与临床应用价值 传统45°眼底检查仅能覆盖小范围后极部视网膜,半数以上周边病灶易发生漏诊。UWFI技术在周边视网膜病变检测中具有明显优势。Optos 200°超广角激光扫描可一次性获取约82%的视网膜面积,无需散瞳、成像快速,可大幅提升周边变性检出效率。本研究可见高度、超高度近视人群WWOP、LD高发,与公认周边视网膜病变在近视人群中普遍存在结论一致^[21]。高度近视组LD患病率与杨友爱^[22]的研究数据匹配。视网膜裂孔是RRD的高危因素^[23],本研究中高度与超高度近视视网膜裂孔患病率维持10%~15%,提示定期UWFI筛查具有明确的临床必要性。结合国内高度近视防控专家共识,可建立标准化分层随访方案:AL>26 mm或FT≥2级人群每6~12 mo复查UWFI;AL>28 mm或FT 3级极高危人群缩短随访问隔至3~6 mo;FT 2~3级合并LD、视网膜裂孔者推荐预防性激光光凝,降低视网膜脱离风险;重度FT患者联合黄斑OCT筛查脉络膜新生血管与地图样萎缩^[1,3,19,24]。同时回归模型证实女性、高龄为FT加重相关因素,需划定为重点随访人群;基层无生物测量仪时,SE≤-10.0 D可作为高危人群替代判定标准,方案适配各级医疗机构,临床落地性突出。

3.5 本研究的核心创新点 (1)多维度一体化关联分析,突破既往单一变量研究局限,同步纳入多种周边视网膜病变与黄斑病变,证实FT一体化风险评估价值^[6,25],本研究系统性分析了FT与多种周边视网膜病变(WWOP、LD、裂孔、色素改变)及MM之间的相关性,证实FT可作为“集成性生物标志物”,同时提示后极部与周边部的病变风险。(2)国内关于UWFI在近视周边视网膜病变筛查中的研究较少^[26],本研究纳入197眼,系统报告了不同屈光度近视患者的周边视网膜病变患病率,依据META-PM标准完成四梯度近视分层,补充国内非散瞳UWFI筛查本土分层流行病学基线数据,丰富国内PM筛查循证依据。(3)针对AL与SE高度共线性问题构建两套独立回归模型,分别适配具备光学生物测量设备的三甲医院与无相关设备的基层门诊,形成两套完整风险判定与随访标准,具有直接临床可操作性。(4)全程遵循国内UWFI操作规范,验证自然瞳孔下大范围眼底筛查的可行性,有效解决传统散瞳检查依从性差、视野局限的临床痛点。

3.6 研究局限性 本研究为横断面观察设计,仅能验证变量间相关关系,无法明确FT与各类眼底病变发生发展的

时序因果,后续需开展纵向随访队列验证FT对并发症的预测效能。FT采用双人肉眼四级分级,虽Kappa=0.847一致性良好,但仍存在主观判读偏差,未来可依托深度学习人工智能实现FT客观量化分级^[27]。正视和轻度近视组样本量相对较小,仅25眼,LD、视网膜裂孔等低发病变阳性病例较少,即便采用Fisher精确校正,统计检验效能仍存在不足,部分结果(如LD与FT的相关性)的稳定性需谨慎解读。本研究观察到高度近视组CCT厚于超高度近视组(差值16.823 μm),但该差异经Bonferroni校正后仅处于临界显著水平,但差异无统计学意义(P=0.026>0.0083),且效应量的置信区间下限接近零,提示该结论的稳健性有限,相关结论需扩大样本量进一步验证。眼底检查在非散瞳状态下进行,尽管Optos超广角成像具有无需散瞳即可完成周边眼底成像的技术优势(扫描范围200°),但瞳孔大小差异仍可能对周边视网膜图像的清晰度产生一定影响;小瞳孔患者锯齿缘附近的远周边视网膜微小病灶存在潜在漏检可能。样本来源于单中心就诊患者,存在就诊选择偏倚,研究结论外推性有待多中心社区人群队列佐证。

综合本研究全部数据,FT严重程度随近视度数加深、AL延长同步加重,年龄、女性、合并LD及MM均为FT加重相关因素,AL对FT的预测效能优于SE。FT可作为简易直观的临床指标反映眼球轴性扩张与近视进展,联合UWFI可完整覆盖后极部黄斑区及全周性周边视网膜病变筛查。临床工作中建议整合AL测量、UWFI、FT分级实施近视眼底病变分层管控,后续可开展长期纵向随访,并搭建人工智能辅助的个性化近视眼底风险监测体系,降低PM致盲风险。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。
作者贡献声明: 刘慧露论文选题、设计与修改,初稿撰写;甘柳珠、邓佳碧、谢树凤数据收集与整理;庞雯文献检索;蒋中栋实施检查操作;刘春华、吴晶晶数据录入与分析;韦迪耀选题指导,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] 中华医学会眼科学分会眼视光学组,中国医师协会眼科医师分会眼视光专业委员会,中国非公立医疗机构协会眼科专业委员会眼视光学组,等.高度近视防控专家共识(2023).中华眼视光学与视觉科学杂志,2023,25(6):401-407.
[2] Pan CW, Dong XX, Lanca C, et al. Global perspectives on myopia and pathologic myopia: From environmental drivers to precision medicine. Prog Retin Eye Res, 2025,109:101415.
[3] 中华医学会眼科学分会眼底病学组,中国医师协会眼科医师分会眼底病专业委员会.我国病理性近视牵引性黄斑病变诊疗规范专家共识.中华眼底病杂志,2025,41(9):660-674.
[4] 茹月,师燕芸,董京艳,等.超广角眼底成像技术在变性近视周边视网膜形态改变中的应用.中华眼外伤职业病眼病杂志,2022,44(12):895-902.
[5] Arnal L, Mesfin Y, Xu C, et al. Beyond refractive error: myopia's exponential burden on retinal health with each diopter. Int J Retina Vitreous, 2025,11(1):121.
[6] 潘春杏,周希媛.豹纹状眼底与眼部和全身疾病的相关性及其在人工智能下的识别与量化.国际眼科杂志,2024,24(10):1615-1619.
[7] 国际近视研究院,张望,刘康,等.国际近视研究院关于病理性

近视的报告. 中华实验眼科杂志, 2023,41(4):366-387.

[8] 中华医学会眼科学分会眼底病学组, 中国医师协会眼科医师分会眼底病专业委员会. 我国超广角眼底成像术的操作和阅片规范 (2018 年). 中华眼科杂志, 2018,54(8):565-569.

[9] Yan YN, Wang YX, Xu L, et al. Fundus tessellation; prevalence and associated factors; the Beijing eye study 2011. Ophthalmology, 2015,122(9):1873-1880.

[10] Ohno-Matsui K, Wu PC, Yamashiro K, et al. IMI pathologic myopia. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2021,62(5):5.

[11] Eppenberger LS, Davis A, Resnikoff S, et al. Key strategies to reduce the global burden of myopia; consensus from the international myopia summit. Br J Ophthalmol, 2025,109(5):535-542.

[12] 陈剑英, 胡欣欣, 王盛展, 等. 广角激光扫描检眼镜用于眼全科门诊近视患者周边视网膜病变筛查的研究. 中华全科医学, 2022, 20(11):1820-1823.

[13] Zhang XJ, Lai CHY, Shih KC. Beyond spherical equivalent and axial length in myopia. JAMA Ophthalmol, 2025,143(7):606-607.

[14] Ueda E, Yasuda M, Fujiwara K, et al. Five-year incidence of myopic maculopathy in a general Japanese population; the hisayama study. JAMA Ophthalmol, 2020,138(8):887-893.

[15] Foo LL, Jiang YF, Hoang QV, et al. Prevalence and risk factors of myopic macular degeneration; the Aier-SERI high myopia adult cohort. Br J Ophthalmol, 2025,109(6):721-726.

[16] Qi ZH, Qi J, Zhang Y, et al. Plasma metabolic profile with machine learning reveals distinct diagnostic and biological signatures for pathologic myopia. Adv Sci (Weinh), 2025,12(39):e05861.

[17] Pei YJ, Meng JQ, He WW, et al. Unique liver function in high myopia; associations with myopic macular degeneration. BMC Ophthalmol, 2025,25(1):677.

[18] 涂书, 姚昱欧, 曾巧珠, 等. 基于超广角 SS-OCTA 的高度近视患者脉络膜血管改变. 中华实验眼科杂志, 2024, 42 (11): 1020-1027.

[19] Chen XY, He HL, Xu J, et al. Clinical features of fundus tessellation and its relationship with myopia; a systematic review and meta-analysis. Ophthalmol Ther, 2023,12(6):3159-3175.

[20] 许迅, 何鲜桂. 加强对近视眼病理性演变规律的认识. 中华眼科杂志, 2019,55(10):721-725.

[21] 汤云霞, 陈倩茵, 李梦媛, 等. 超广角眼底成像在近视患者周边视网膜病变的临床应用. 眼科学报, 2019,34(3):130-135.

[22] 杨友爱. 两种超广角成像技术在高度近视眼底病变检出的效果评估. 大理大学, 2023.

[23] 兰心月, 张正威. 玻璃体视网膜交界面特点及其相关疾病的研究进展. 中华眼科医学杂志(电子版), 2025,15(2):114-118.

[24] 中华医学会眼科学分会眼底病学组, 中国医师协会眼科医师分会眼底病专业委员会. 我国病理性近视新生血管性黄斑病变诊疗规范专家共识. 中华眼底病杂志, 2025,41(10):742-754.

[25] 李婷, 肖盼盼, 顾永华, 等. 基于人工智能技术的近视相关眼底形态参数自动定量分析. 国际眼科杂志, 2026,26(5):888-895.

[26] 卢炳兴, 陈倩茵, 张静琳. 人工智能在视网膜脱离诊治和预后中的研究进展. 国际眼科杂志, 2025,25(3):434-439.

[27] 董力, 周文达, 琚烈, 等. 基于深度学习技术的豹纹状眼底自动量化及分级初步研究. 中华眼科杂志, 2024,60(3):257-264.