

早期糖尿病视网膜膜病变患者黄斑神经节细胞层厚度及视盘参数的变化

吴丹萍,王雪,廖宇洁,朱皓皓

引用:吴丹萍,王雪,廖宇洁,等.早期糖尿病视网膜膜病变患者黄斑神经节细胞层厚度及视盘参数的变化.国际眼科杂志 2023; 23(7):1168-1172

基金项目:上海市闵行区自然科学研究课题资助(No. 2021MHZ060)

作者单位:(200240)中国上海市,复旦大学附属上海市第五人民医院眼科

作者简介:吴丹萍,毕业于上海交通大学医学院,硕士,住院医师,研究方向:白内障、糖尿病视网膜膜病变。

通讯作者:朱皓皓,毕业于同济大学医学院,本科,副主任医师,研究方向:青光眼、糖尿病视网膜膜病变. zhuhaohao@fudan.edu.cn

收稿日期:2022-12-16 修回日期:2023-06-02

摘要

目的:使用 Cirrus HD-OCT 比较早期糖尿病视网膜膜病变患者和健康对照者之间的视盘参数、视盘周围视网膜神经纤维层(pRNFL)厚度和黄斑神经节细胞层(mGCL)厚度改变。

方法:横断面比较研究。选取45例无糖尿病视网膜膜病变(NDR)、52例轻度非增殖期糖尿病视网膜膜病变(NPDR)及55例中度NPDR的2型糖尿病患者和64例年龄匹配的健康对照者纳入本研究。采集患者的空腹血糖、糖尿病病程、糖化血红蛋白及既往史。通过 Cirrus HD-OCT 测量视盘参数(即双眼RNFL厚度对称性百分比、盘沿面积、视盘面积、杯盘比、杯容积)、pRNFL厚度和mGCL厚度。组间比较采用单因素方差分析。

结果:与健康对照组比较,NDR、轻度NPDR、中度NPDR组双眼RNFL厚度对称性百分比、盘沿面积明显降低,平均C/D、垂直C/D明显增加(均 $P < 0.05$)。与健康对照组比较,NDR、轻度NPDR、中度NPDR组患眼视盘周围各象限(上方、颞侧、下方、鼻侧)及平均RNFL厚度和黄斑(平均、最小、上方、颞上方、颞下方、下方、鼻上方、鼻下方)GCL厚度显著变薄(均 $P < 0.05$)。

结论:与健康对照者相比,早期DR患者的双眼RNFL厚度对称性百分比、盘沿面积、pRNFL和mGCL厚度明显降低,而杯盘比显著增高。本研究结果支持DM导致内层视网膜神经退行性变化的说法,即使在无明显微血管病变的T2DM患者中。

关键词:糖尿病视网膜膜病变;Cirrus HD-OCT;视盘参数;视网膜神经纤维层厚度;黄斑神经节细胞层厚度

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.7.21

Alterations of macular ganglion cell layer thickness and optic disc parameters in patients with early diabetic retinopathy

Dan-Ping Wu, Xue Wang, Yu-Jie Liao, Hao-Hao Zhu

Foundation item: Natural Science Research Project of Minhang District, Shanghai (No.2021MHZ060)

Department of Ophthalmology, Shanghai Fifth People's Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai 200240, China

Correspondence to: Hao-Hao Zhu. Department of Ophthalmology, Shanghai Fifth People's Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai 200240, China. zhuhaohao@fudan.edu.cn

Received:2022-12-16 Accepted:2023-06-02

Abstract

• **AIM:** To compare the changes of optic disc parameters, peripapillary retinal nerve fibers layer (pRNFL) thickness and macular ganglion cell layer (mGCL) thickness among patients with early diabetes retinopathy and healthy controls by Cirrus HD - optical coherence tomography (OCT).

• **METHODS:** In this cross-sectional comparative study, 45 non-diabetic retinopathy (NDR), 52 mild nonproliferative diabetic retinopathy (NPDR), 55 moderate NPDR with type 2 diabetes mellitus (T2DM) and 64 age-matched healthy controls were included. The fasting blood glucose (FBG), duration of diabetes, glycosylated hemoglobin (HbA1c) and past history of the patients were collected in detail. Optic disc parameters (i.e., binocular RNFL thickness symmetry percentage, rim area, optic disc area, cup-to-disc ratio, cup volume), pRNFL thickness and mGCL thickness were measured by Cirrus HD-OCT. The comparison of different groups was performed by one-way analysis of variance.

• **RESULTS:** Compared with the control group, the binocular RNFL thickness symmetry percentage and rim area were significantly decreased, while the average C/D and vertical C/D were significantly increased in the NDR group, mild NPDR group and moderate NPDR group (all $P < 0.05$). Compared with the control group, the peripapillary RNFL thicknesses (superior, temporal, inferior, nasal) and macular GCL thickness (average, minimum, superior, supero-temporal, infero-temporal, inferior, supero-nasal, and infero-nasal) became thinner in the NDR group, mild NPDR group, and moderate NPDR group (all $P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** Patients with early DR have significantly decreased binocular RNFL thickness asymmetry, rim area, pRNFL and mGCL thickness, while they have significantly increased cup-to-disc ratio when compared to healthy controls. The results support the statement that DM causes inner retinal neurodegenerative changes even in T2DM patients without overt microangiopathy.

• **KEYWORDS:** diabetes retinopathy; Cirrus HD - OCT; optic disc parameters; retinal nerve fiber layer thickness; macular ganglion cell layer thickness

Citation: Wu DP, Wang X, Liao YJ, *et al.* Alterations of macular ganglion cell layer thickness and optic disc parameters in patients with early diabetic retinopathy. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023;23(7):1168-1172

0 引言

糖尿病视网膜病变 (diabetic retinopathy, DR) 是与糖尿病 (diabetes mellitus, DM) 相关的高度特异性微血管并发症,是工作年龄人群失明的最常见原因,影响全球约 1.9 亿人^[1-2]。DR 长期以来一直被认为是微血管病变,其特征是微血管系统逐渐发生变化,导致视网膜无灌注、血管通透性增加和眼内新生血管生成。然而,越来越多的临床和实验研究表明,视网膜神经变性可能先于微血管变化,包括神经节细胞的丢失和神经胶质细胞反应性增生,并已有研究检测到视网膜神经纤维层 (retinal nerve fibers layer, RNFL) 厚度和神经节细胞层 (ganglion cell layer, GCL) 厚度的变薄^[3-6]。光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 是一种安全、非接触、无创的组织成像技术,可快速获得高轴向分辨率的高质量图像,可定性及定量分析视网膜的细微结构^[7-8]。因此,本研究应用 Cirrus HD-OCT 测量早期阶段 DR 患者和健康对照组的视盘参数、视盘旁视网膜神经纤维层 (peripapillary retinal nerve fibers layer, pRNFL) 及黄斑神经节细胞层 (macular ganglion cell layer, mGCL) 厚度,以期探索用于早期筛查 DR 的形态学观察指标。现将结果报道如下。

1 对象和方法

1.1 对象 临床横断面比较研究,招募 2021-08/2022-08 于我院内分泌科住院治疗的 2 型糖尿病 (T2DM) 患者 152 例 152 眼 [无糖尿病视网膜病变 (NDR) 45 例 45 眼、轻度非增殖期糖尿病视网膜病变 (NPDR) 52 例 52 眼、中度 NPDR 55 例 55 眼] 及同期在我院眼科门诊就诊的年龄性别相匹配的健康对照组 64 例 64 眼纳入研究。每一受试者只纳入一只眼数据进行分析 (若双眼都符合纳入标准,则选取右眼)。四组间的年龄、性别构成比及三组 DM 患者糖尿病病程、空腹血糖 (fasting blood-glucose, FBG) 和糖化血红蛋白 (glycated hemoglobin, HbA1c) 比较,差异均无统计学意义 ($P>0.05$, 表 1)。纳入标准: (1) 年龄 ≥ 18 岁的 T2DM 患者; (2) 早期 DR 患者 (包括 NDR、轻度 NPDR、中度 NPDR 患者)。排除标准: (1) 最佳矫正视力 <0.5 ; (2) 存在黄斑水肿; (3) 等效球镜 $<-6D$ 或 $>+3D$; (4) 因明显屈光介质混浊或配合不佳而无法获得清晰眼底图像; (5) 除 DR 外,其他会影响视网膜厚度的眼部疾病 (如视网膜血管阻塞、黄斑变性、视神经炎等); (6) 既往眼外伤史和内眼手术史 (如视网膜激光、玻璃体切除术等); (7) 青

光眼史、青光眼家族史、明确的青光眼视盘改变、双眼 C/D 比值差值 >0.2 ; (8) 可能影响视觉系统的全身状况 (如帕金森病、多发性硬化、痴呆等); (9) 有眼动或眨眼伪影的 OCT 图像或视网膜层自动分割明显失败或图像信号强度 <6 。本研究已通过医院伦理委员会批准,所有患者均知情同意。

1.2 方法 受检者均行详细的眼科检查 (包括视力、眼压、验光、直接检眼镜、裂隙灯显微镜、免散瞳眼底彩色照相和 Cirrus HD-OCT 检查)、FBG 和 HbA1c 检查。暗室下拍摄分别以视盘和黄斑为中心的标准 2 视野眼底图片。由同一位眼底病专家根据文献 [9] 对图像进行 DR 分级。采用 Cirrus HD-OCT 4000, 使用 Optic Disc cube 200 \times 200 模式来进行盘周视网膜环形扫描,获得 4 个扇形区 (上方、下方、鼻侧和颞侧) 及平均的 pRNFL 厚度和视盘参数 (包括双眼 RNFL 厚度对称性百分比、视盘面积, 盘沿面积, 平均 C/D, 垂直 C/D, 视杯容积), 双眼 RNFL 厚度对称性百分比定义为对称相对的眼周视盘周围区域之间的 RNFL 厚度相似程度。用 Macular Cube 512 \times 128 扫描模式, 扫描以黄斑中心凹为中心的 6mm \times 6mm 区域, 通过系统中的 Ganglion cell OU Analysis 分析, 得到黄斑旁中心凹总的 GCL 平均、最小厚度和 6 个扇形区 (上方、颞上方、颞下方、下方、鼻上方、鼻下方) 的平均厚度。

统计学分析: 使用 SPSS 23.0 进行数据统计分析, 符合正态分布的连续型计量资料采用均值 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表达, 四组间的一般情况、视盘参数、pRNFL 厚度及 mGCL 厚度比较采用单因素方差分析, 使用 LSD-*t* 检验进行组间两两比较; 不符合正态分布的连续型计量资料采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表达, DM 组患者各组间的 DM 病程比较采用 Kruskal-Wallis *H* 检验; 计数资料采用卡方检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 四组受检眼视盘参数比较 与健康对照组受检眼比较, NDR 组、轻度 NPDR 组、中度 NPDR 组双眼 RNFL 厚度对称性百分比、盘沿面积明显降低, 而平均 C/D、垂直 C/D 明显升高, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。中度 NPDR 组与 NDR 组、轻度 NPDR 组双眼 RNFL 厚度对称性百分比比较, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。NDR 组、轻度 NPDR 组的杯容积较对照组明显增加, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。四组视盘面积比较差异无统计学意义 ($P>0.05$), 见表 2。

2.2 四组受检眼 pRNFL 厚度比较 与健康对照组受检眼 pRNFL 厚度比较, NDR 组、轻度 NPDR 组、中度 NPDR 组患眼 pRNFL 平均、上方、下方、颞侧厚度变薄, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。中度 NPDR 组与 NDR 组、轻度 NPDR 组间的 pRNFL 平均、上方、下方厚度比较, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。对照组与轻度 NPDR 组、中度 NPDR 组, 及 NDR 组与中度 NPDR 组的 pRNFL 鼻侧厚度差异均有统计学意义 ($P<0.05$), 见表 3。

2.3 四组受检眼 mGCL 厚度比较 各组间 mGCL 平均、最小、上方、颞上方、颞下方、下方、鼻下方、鼻上方厚度差异均有统计学意义 ($P<0.01$)。与健康对照组受检眼 mGCL 厚度比较, NDR 组、轻度 NPDR 组、中度 NPDR 组患眼 mGCL 平均、最小、上方、颞上方、颞下方、下方、鼻上方、鼻下方厚度变薄, 差异均有统计学意义 ($P<0.01$), 见表 4。

表1 四组受检者一般情况比较

组别	例数	年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	性别(女/男,例)	DM病程[$M(P_{25},P_{75}),a$]	HbA1c($\bar{x}\pm s$,%)	FBG($\bar{x}\pm s$,mmol/L)
健康对照组	64	56.19±8.27	26/38	-	-	-
NDR组	45	57.64±13.27	15/30	10.00(2.00,19.00)	8.67±2.20	7.07±2.02
轻度NPDR组	52	58.94±12.43	19/33	10.00(5.00,15.75)	9.32±2.09	7.28±1.93
中度NPDR组	55	61.76±12.42	23/32	10.00(3.00,18.50)	9.11±2.09	7.78±2.20
$F\chi^2/H$		2.424	0.970	0.375	1.290	1.599
P		0.067	0.809	0.829	0.279	0.191

注:健康对照组:同期在我院眼科门诊就诊的年龄性别相匹配的健康者。

表2 四组受检眼视盘参数比较

组别	眼数	双眼RNFL厚度对称性百分比(%)	盘沿面积(mm ²)	视盘面积(mm ²)	平均C/D	垂直C/D	杯容积(mm ³)
健康对照组	64	91.72±2.39	1.49±0.24	2.04±0.43	0.48±0.13	0.45±0.13	0.12±0.12
NDR组	45	83.82±6.7 ^a	1.30±0.23 ^a	2.02±0.34	0.57±0.12 ^a	0.53±0.12 ^a	0.20±0.13 ^a
轻度NPDR组	52	79.65±12.07 ^a	1.33±0.30 ^a	2.02±0.38	0.56±0.13 ^a	0.52±0.13 ^a	0.18±0.12 ^a
中度NPDR组	55	72.56±16.9 ^{a,c,e}	1.28±0.19 ^a	1.98±0.32	0.56±0.14 ^a	0.53±0.13 ^a	0.16±0.12
F		31.870	9.330	0.239	5.574	4.861	3.958
P		<0.01	<0.01	0.869	0.001	0.003	0.009

注:健康对照组:同期在我院眼科门诊就诊的年龄性别相匹配的健康者。^a $P<0.05$ vs 对照组;^c $P<0.05$ vs NDR组;^e $P<0.05$ vs 轻度NPDR组。

表3 四组受检眼pRNFL厚度比较

组别	眼数	平均	上方	下方	鼻侧	颞侧
健康对照组	64	103.23±8.44	128.70±14.78	139.61±14.59	70.80±8.34	73.78±11.68
NDR组	45	91.20±6.44 ^a	108.69±13.39 ^a	120.51±12.79 ^a	66.93±10.91	67.84±10.91 ^a
轻度NPDR组	52	89.08±9.12 ^a	108.17±16.75 ^a	115.13±13.64 ^a	64.81±11.67 ^a	67.77±13.80 ^a
中度NPDR组	55	83.93±9.32 ^{a,c,e}	99.84±15.32 ^{a,c,e}	105.51±16.77 ^{a,c,e}	61.75±10.17 ^{a,c}	68.69±13.91 ^a
F		56.165	39.574	58.016	8.195	3.053
P		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.029

注:健康对照组:同期在我院眼科门诊就诊的年龄性别相匹配的健康者。^a $P<0.05$ vs 对照组;^c $P<0.05$ vs NDR组;^e $P<0.05$ vs 轻度NPDR组。

表4 四组受检眼mGCL厚度比较

组别	眼数	平均	最小	上方	颞上方
健康对照组	64	87.98±3.86	84.81±4.22	89.14±4.29	86.84±4.29
NDR组	45	79.91±2.29 ^a	74.73±6.73 ^a	80.84±4.19 ^a	79.69±4.39 ^a
轻度NPDR组	52	76.17±3.42 ^{a,c}	68.33±10.97 ^{a,c}	77.65±5.37 ^{a,c}	76.15±6.17 ^{a,c}
中度NPDR组	55	69.49±8.28 ^{a,c,e}	56.55±15.58 ^{a,c,e}	71.53±9.93 ^{a,c,e}	72.02±11.21 ^{a,c,e}
F		136.620	77.889	77.801	46.470
P		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

组别	眼数	颞下方	下方	鼻下方	鼻上方
健康对照组	64	87.50±4.87	86.27±4.47	87.98±4.50	90.61±4.28
NDR组	45	80.64±3.47 ^a	77.69±3.18 ^a	78.87±4.26 ^a	81.13±6.40 ^a
轻度NPDR组	52	76.63±4.56 ^{a,c}	73.67±4.03 ^{a,c}	75.73±6.16 ^{a,c}	77.02±6.42 ^{a,c}
中度NPDR组	55	70.64±11.94 ^{a,c,e}	64.58±11.87 ^{a,c,e}	67.29±10.30 ^{a,c,e}	71.49±9.52 ^{a,c,e}
F		58.183	99.854	94.234	82.767
P		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

注:健康对照组:同期在我院眼科门诊就诊的年龄性别相匹配的健康者。^a $P<0.05$ vs 对照组;^c $P<0.05$ vs NDR组;^e $P<0.05$ vs 轻度NPDR组。

3 讨论

DR 是主要的全球健康负担,早期一般无眼部自觉症状。T2DM 的早期检测和视网膜病变的筛查与视网膜病

变的发病率和严重程度降低相关^[10]。一旦出现临床可见的视网膜病变,很难逆转损害,DR 的进展风险增加^[11]。目前 DR 的治疗主要集中在晚期,此时视网膜结构和视

已经受到影响^[12]。越来越多的证据证实视网膜神经变性发生在DR的早期阶段^[13]。DM患者的视网膜神经损伤在结构上表现为内层视网膜厚度变薄、神经节细胞凋亡和反应性神经胶质细胞增生,在功能上表现为视网膜电图异常、暗适应和对比敏感度降低、色觉障碍和微视野检查结果异常等^[14]。

本研究结果显示早期DR眼中的双眼RNFL厚度对称性百分比显著低于健康对照组。Pekel等^[15]也发现与正常受试者相比,T2DM临床前期DR的双眼RNFL厚度不对称性更高。Pekel等^[16]报道1型DM儿童的双眼RNFL厚度不对称性程度显著高于对照组。此结果支持DM患者视网膜神经元的早期病变。此外,据报道,视盘周围平均RNFL厚度的眼间差异可能表明早期青光眼损伤^[17]。双眼RNFL厚度对称性百分比降低一定程度可反映DM和青光眼患者的早期视网膜神经损伤。

既往研究表明DM对视盘有多方面的影响^[18-19]。Terai等^[18]在动物模型中发现DM影响视盘的生物力学特性。而Elgin等^[20]通过视网膜断层扫描仪检查发现无青光眼的1型DM儿童患者眼和健康受试者眼具有相似的视盘地形图参数。Pekel等^[15]发现临床前期DR患者的平均和垂直C/D显著高于正常受试者。本研究结果显示,与健康对照组相比,早期DR眼具有更高的平均和垂直杯盘比、更低的盘沿面积。以上发现在一定程度可反映在长期随访中DM眼相对易患青光眼性视盘损伤,与此相对应的,本研究也发现DM眼的平均RNFL厚度显著变薄和双眼RNFL厚度对称性百分比显著降低。此外,Rim等^[21]的研究显示与无DM患者相比,DM患者更容易发生开角型青光眼。推测DM与青光眼之间的关联可能有以下几种机制解释:(1)视神经和视网膜血流量的自动调节功能受损可导致血流减少和低氧损伤。(2)另外,视网膜对青光眼损伤的易感性增加可能与DM相关的血管损伤有关。(3)其他因素,如DM诱导的视盘或小梁网的结缔组织重塑;继发于高血糖的神经损伤和自主神经功能障碍也可能增加DM患者发生青光眼的风险^[21]。

本研究结果显示,与健康对照组比较,早期DR患者的pRNFL厚度及mGCL厚度均显著变薄。尹玉如等^[22]发现DM患者pRNFL、黄斑神经节细胞复合体厚度变薄与DR严重程度相关。Carpineto等^[23]的研究显示与对照组相比,临床前期DR的神经节细胞-内丛状层复合体(ganglion cell-inner plexiform layer,GC-IPL)和RNFL厚度显著降低。Lim等^[5-6]报道,与健康对照组相比,DM患者3a后的pRNFL和mGC-IPL变薄率更高。本研究结果与上述结果一致,支持DM患者的视网膜神经变性是DR发病机制的早期事件,甚至在临床可见的视网膜微血管变化之前就已经出现视网膜神经组织病变。既往研究表明,慢性高血糖会引起神经血管单元的谷氨酸积累、炎症反应、氧化应激和缺血缺氧,导致视网膜神经变性包括神经细胞凋亡、神经胶质细胞反应性增生和Müller细胞活化,最终引起内层视网膜的厚度变薄^[24-26]。

我们的研究有一些局限性:(1)横断面研究,样本量较小;(2)我们没有进行眼底荧光血管造影,这可能显示常规视网膜检查无法发现的早期视网膜病变;(3)未根据金标准眼底照相(ETDRS 7视野照片)进行DR评估;(4)对照组的FBG和HbA1c未知,一些健康参与者可能患有

亚临床DM。尚需匹配良好的大规模前瞻性研究以明确DM患者的视盘参数及内层视网膜变化特征。

总之,与健康对照组相比,早期DM患者具有更多的双眼RNFL厚度不对称性、更高的杯盘比、更低的盘沿面积和更薄的pRNFL及mGCL厚度。由于早期发现DM眼部并发症对于维持有用的视力至关重要,因此内层视网膜变薄可能表明DM在出现明显视网膜病变之前对后极部的初始损伤。由于本研究中使用的检查技术对青光眼的诊断具有特异性,我们推测DM可能相对易患青光眼性视网膜损伤。

参考文献

- 1 Lee R, Wong TY, Sabanayagam C. Epidemiology of diabetic retinopathy, diabetic macular edema and related vision loss. *Eye Vis* 2015;2(1):17
- 2 Jia XH, Zhong ZJ, Bao TC, et al. Evaluation of early retinal nerve injury in type 2 diabetes patients without diabetic retinopathy. *Front Endocrinol* 2020;11:475672
- 3 Cui RZ, Wang L, Qiao SN, et al. ON-type retinal ganglion cells are preferentially affected in STZ-induced diabetic mice. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019;60(5):1644-1656
- 4 Channa R, Lee K, Staggers KA, et al. Detecting retinal neurodegeneration in people with diabetes: findings from the UK biobank. *PLoS One* 2021;16(9):e0257836
- 5 Lim HB, Shin YI, Lee MW, et al. Ganglion cell - inner plexiform layer damage in diabetic patients: 3 - year prospective, longitudinal, observational study. *Sci Rep* 2020;10(1):1470
- 6 Lim HB, Shin YI, Lee MW, et al. Longitudinal changes in the peripapillary retinal nerve fiber layer thickness of patients with type 2 diabetes. *JAMA Ophthalmol* 2019;137(10):1125-1132
- 7 尹玉如, 赵博军. 糖尿病视网膜病变早期诊断技术及其应用. *国际眼科杂志* 2022;22(3):438-442
- 8 Kołodziej M, Waszczykowska A, Korzeniewska-Dyl I, et al. The HD-OCT study may be useful in searching for markers of preclinical stage of diabetic retinopathy in patients with type 1 diabetes. *Diagnostics* 2019;9(3):105
- 9 中华医学会眼科学会眼底病学组. 我国糖尿病视网膜病变临床诊疗指南(2014年). *中华眼科杂志* 2014;50(11):851-865
- 10 Olafsdottir E, Andersson DK, Dedorsson I, et al. Early detection of type 2 diabetes mellitus and screening for retinopathy are associated with reduced prevalence and severity of retinopathy. *Acta Ophthalmol* 2016;94(3):232-239
- 11 Kim K, Kim ES, Yu SY. Longitudinal relationship between retinal diabetic neurodegeneration and progression of diabetic retinopathy in patients with type 2 diabetes. *Am J Ophthalmol* 2018;196:165-172
- 12 Simó R, Stitt AW, Gardner TW. Neurodegeneration in diabetic retinopathy: does it really matter? *Diabetologia* 2018;61(9):1902-1912
- 13 Li ST, Wang XN, Du XH, et al. Comparison of spectral-domain optical coherence tomography for intra-retinal layers thickness measurements between healthy and diabetic eyes among Chinese adults. *PLoS One* 2017;12(5):e0177515
- 14 Santos AR, Ribeiro L, Bandello F, et al. Functional and structural findings of neurodegeneration in early stages of diabetic retinopathy: cross-sectional analyses of baseline data of the EUROCONDOR project. *Diabetes* 2017;66(9):2503-2510
- 15 Pekel E, Tufaner G, Kaya H, et al. Assessment of optic disc and ganglion cell layer in diabetes mellitus type 2. *Medicine* 2017; 96(29):e7556
- 16 Pekel E, Altıncık SA, Pekel G. Evaluation of optic disc, retinal nerve fiber and macular ganglion cell layers in pediatric diabetes. *Int Ophthalmol* 2018;38(5):1955-1961

17 Mwanza JC, Durbin MK, Budenz DL, *et al.* Interocular symmetry in peripapillary retinal nerve fiber layer thickness measured with the cirrus HD-OCT in healthy eyes. *Am J Ophthalmol* 2011;151(3):514-521.e1
 18 Terai N, Spoerl E, Hausteiner M, *et al.* Diabetes mellitus affects biomechanical properties of the optic nerve head in the rat. *Ophthalmic Res* 2012;47(4):189-194
 19 Gonzalez de la Rosa M, de-la-Huerga-Moreno S, Alfonso-Lopez F, *et al.* Comparison of age-related vascular changes in the optic disc of patients with diabetes, with glaucomatous and non-glaucomatous features. *BMJ Open Ophthalmol* 2022;7(1):e001100
 20 Elgin U, Cankaya B, Simsek T, *et al.* Comparison of optic disc topography in non-glaucomatous eyes of children with juvenile diabetes mellitus and normal children. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2010;47(5):313-316
 21 Rim TH, Lee SY, Bae HW, *et al.* Increased risk of open-angle glaucoma among patients with diabetes mellitus: a 10-year follow-up

nationwide cohort study. *Acta Ophthalmol* 2018;96(8):e1025-e1030
 22 尹玉如, 焦万珍, 赵博军. 糖尿病患者视网膜神经组织变性及微血管损伤研究. *中华眼底病杂志* 2022;38(1):27-33
 23 Carpineto P, Toto L, Aloia R, *et al.* Neuroretinal alterations in the early stages of diabetic retinopathy in patients with type 2 diabetes mellitus. *Eye* 2016;30(5):673-679
 24 Vujosevic S, Muraca A, Alkabes M, *et al.* Early microvascular and neural changes in patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus without clinical signs of diabetic retinopathy. *Retina* 2019;39(3):435-445
 25 Damian I, Nicoară SD. Correlations between retinal arterial morphometric parameters and neurodegeneration in patients with type 2 diabetes mellitus with No or mild diabetic retinopathy. *Medicina* 2021;57(3):244
 26 龙小凤, 谭薇, 杨曼. 糖尿病视网膜神经变性机制的研究进展. *国际眼科杂志* 2021;21(7):1179-1182

2022《中国科技期刊引证报告》核心版眼科期刊主要指标及排名 (以综合评价总分为序)

期刊名称	核心总被引频次		核心影响因子		综合评价总分	
	数值	排名	数值	排名	数值	排名
中华眼科杂志	2082	2	1.855	1	77.22	1
眼科新进展	1257	3	0.842	3	56.16	2
国际眼科杂志	2100	1	0.721	5	54.31	3
中华实验眼科杂志	1076	4	0.861	2	41.19	4
中华眼底病杂志	762	6	0.581	6	34.36	5
中华眼科医学杂志(电子版)	151	10	0.512	7	34.01	6
临床眼科杂志	326	8	0.377	9	33.71	7
中华眼视光学与视觉科学杂志	805	5	0.752	4	22.35	8
眼科	356	7	0.336	10	19.61	9
中国斜视与小兒眼科杂志	237	9	0.414	8	15.76	10

摘编自 2022 版《中国科技期刊引证报告》核心版

2022《中国科技期刊引证报告》扩展版眼科期刊主要指标及排名 (以总被引频次为序)

期刊名称	总被引频次	影响因子	即年指标	他引率	引用刊数	开放因子
国际眼科杂志	5011	1.805	0.329	0.9	584	44.2
中华眼科杂志	3496	2.299	0.568	0.92	504	23
眼科新进展	2436	1.696	0.188	0.94	434	38.1
中华实验眼科杂志	1843	1.482	0.214	0.87	382	23
中华眼底病杂志	1405	1.266	0.162	0.91	286	25.7
中华眼视光学与视觉科学杂志	1372	1.373	0.176	0.82	278	15
临床眼科杂志	950	1.019	0.077	0.98	274	41.2
眼科	701	0.683	0.126	0.92	233	26.7
中国斜视与小兒眼科杂志	508	0.993	0.046	0.94	165	25.8
中华眼科医学杂志(电子版)	295	0.984	0.045	0.91	142	26.3

摘编自 2022 版《中国科技期刊引证报告》扩展版