

OCTA 定量分析新疆不同民族健康人黄斑区血流参数的差异

杨超^{1,2,3}, 易湘龙³, 张娟⁴, 张荣^{1,2}

引用: 杨超, 易湘龙, 张娟, 等. OCTA 定量分析新疆不同民族健康人黄斑区血流参数的差异. 国际眼科杂志, 2024, 24(4): 623-629.

基金项目: 伊犁州临床医学研究院基金项目 (No.yl2022py18)

作者单位: ¹(835000) 中国新疆维吾尔自治区伊宁市, 伊犁哈萨克自治州友谊医院眼科中心; ²(835000) 中国新疆维吾尔自治区伊宁市, 伊犁州临床医学研究院; ³(830000) 中国新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市, 新疆医科大学第一附属医院眼科; ⁴(830000) 中国新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市中医医院眼科

作者简介: 杨超, 男, 新疆医科大学在职硕士研究生, 主治医师, 研究方向: 眼底病。

通讯作者: 易湘龙, 男, 毕业于中山大学中山眼科中心, 博士研究生, 主任医师, 教授, 博士研究生导师, 研究方向: 屈光不正、白内障、眼底病. yixianglong1010@163.com

收稿日期: 2023-10-18 修回日期: 2024-03-04

摘要

目的: 通过光相干断层扫描血管成像 (OCTA) 测量新疆维吾尔族、汉族、哈萨克族、回族健康人黄斑区浅层毛细血管丛 (SCP) 血流密度 (VD)、深层毛细血管丛 (DCP) VD 以及黄斑中心凹无血管区 (FAZ) 面积、周长、圆度指数等参数, 探讨国内不同民族间健康人黄斑区血流参数的差异性。

方法: 选取 2022-12/2023-03 于伊犁哈萨克自治州友谊医院眼科中心就诊且符合纳排标准的四族健康受试者各 80 例 80 眼共 320 眼为研究对象。根据族别分组编号, 使用自动验光仪及 IOL 生物测量仪获取等效球镜及眼轴, 使用 DRI Triton OCT 检测仪获取黄斑区 3 mm×3 mm 范围的血流图像并通过内置的 IMAGENET6 软件对图像进行分析获取各项血流参数, 对比不同民族间各项血流参数的差异以及性别、年龄、眼轴对不同民族人群黄斑区血流参数的影响。

结果: 四组性别、年龄、眼轴、屈光度、图像质量 (IQ) 无差异 (均 $P>0.05$)。族别差异: SCP 中, 维吾尔族下方 VD 大于哈萨克族, 回族下方 VD 大于汉族、哈萨克族, 汉族、回族鼻侧 VD 大于维吾尔族, 哈萨克族中央凹 VD 大于汉族、回族, 哈萨克族 FAZ 面积小于其它 3 个民族, 汉族、回族 FAZ 周长大于哈萨克族, 回族 FAZ 圆度指数小于其它 3 个民族; DCP 中, 维吾尔族中央凹 VD 大于汉族、回族, 哈萨克族中央凹 VD 大于汉族、回族, 哈萨克族 FAZ 面积、周长小于其它 3 个民族, 哈萨克族 FAZ 圆度指数大于其它 3 个民族 (均 $P<0.05$)。性别差异: SCP 中, 汉族女性 FAZ 面积、周长大于男性, 回族女性 FAZ 圆度指数大于男性 (均 $P<0.05$); DCP 中, 四族女性旁中央凹 VD 及整体 VD 均大于男性 (均 $P<0.05$)。年龄相关性分析: SCP 中, 年龄与哈萨克族 FAZ 圆度指数呈负相关; DCP 中, 年龄与汉族、哈萨克族、回族旁中央凹、整体 VD 呈负相关 (均 $P<0.05$)。眼轴相关性分析: SCP 中, 眼轴与哈萨克族、回族中央凹

VD, 回族旁中央凹 VD, 维吾尔族、哈萨克族、回族整体 VD 呈负相关, 与哈萨克族 FAZ 面积、周长呈正相关; DCP 中, 眼轴与维吾尔族、哈萨克族、回族中央凹 VD、回族整体 VD 呈负相关, 与哈萨克族、回族 FAZ 面积、周长呈正相关 (均 $P<0.05$)。

结论: 维吾尔族、汉族、哈萨克族、回族健康人群间黄斑区血流参数存在差异, 其中哈萨克族 FAZ 面积、周长明显小于其它三族。黄斑区血流参数与性别、年龄、眼轴相关。

关键词: 光相干断层扫描血管成像 (OCTA); 民族; 黄斑区血流参数

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.4.24

Quantitative analysis of differences in blood flow parameters in the macular area of healthy people of different ethnic groups in Xinjiang by OCTA

Yang Chao^{1,2,3}, Yi Xianglong³, Zhang Juan⁴, Zhang Rong^{1,2}

Foundation item: Fund Project of Ili Prefecture Institute of Clinical Medicine (No.yl2022py18)

¹Eye Center, the Friendship Hospital of Ili Kazak Autonomous Prefecture, Yining 835000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; ²Ili Prefecture Institute of Clinical Medicine, Yining 835000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; ³Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; ⁴Department of Ophthalmology, Urumqi Hospital of Traditional Chinese Medicine, Urumqi 830000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

Correspondence to: Yi Xianglong, Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. yixianglong1010@163.com

Received: 2023-10-18 Accepted: 2024-03-04

Abstract

• **AIM:** To measure the superficial capillary plexus (SCP) vessel density (VD), deep capillary plexus (DCP) VD, and the area, circumference, and roundness index of the foveal avascular zone (FAZ) in healthy individuals of four ethnic groups, namely, Uyghur, Han, Kazakh, and Hui by optical coherence tomography angiography (OCTA), and to investigate the differences of blood flow parameters in macular area of healthy individuals among different ethnic groups in China.

• **METHODS:** A total of 80 cases (80 eyes) of healthy subjects if each of the four ethnic groups who went to the

Eye Center of the Friendship Hospital of Ili Kazak autonomous Prefecture from December 2022 to March 2023 and met the criteria were selected for the study, with 320 eyes totally. The patients were grouped and numbered according to their ethnicity, and the spherical equivalent and axial length were obtained by using an autorefractor and IOL Master. The blood flow images of the macular area in the range of 3 mm×3 mm were obtained by using a DRI Triton OCT detector, and the images were analyzed by using the built-in IMAGENET6 software to obtain the blood flow parameters. Furthermore, the differences in the blood flow parameters between different ethnic groups as well as the effects of gender, age, and axial length on macular blood flow parameters of different ethnic groups were compared.

• **RESULTS:** There were no statistically significant differences in gender, age, axial length, diopter, and image quality (IQ) among the four groups of subjects (all $P>0.05$). Ethnic differences: in SCP, Uyghur inferior VD is higher than Kazakh, Hui inferior VD is higher than Han and Kazakh, Han and Hui nasal VD is higher than Uyghur, Kazakh foveal VD is higher than Han and Hui, Kazakh FAZ area is smaller than the other 3 ethnic groups, Han and Hui FAZ perimeter is larger than Kazakh, and Hui FAZ circularity index is lower than the other 3 ethnic groups; in DCP, Uyghur foveal VD is higher than Han and Hui, Kazakh foveal VD is higher than Han and Hui, Kazakh FAZ area and perimeter are smaller than the other 3 ethnic groups and Kazakh FAZ circularity index is higher than the other 3 ethnic groups (all $P<0.05$). Sex differences: in SCP, FAZ area and perimeter of Han females were larger than those of males, and FAZ circularity index of Hui females was higher than that of males (all $P<0.05$); in DCP, parafoveal VD and whole VD in females of all four ethnic groups were higher than those of males (all $P<0.05$). Age correlation: in SCP, age was negatively correlated with the FAZ circularity index of Kazakh; in DCP, age was negatively correlated with the parafoveal and the whole VD of Han, Kazakh, and Hui (all $P<0.05$). Axial length correlation: in SCP, the axial length was negatively correlated with Kazakh and Hui foveal VD, Hui parafoveal VD, Uyghur, Kazakh and Hui whole VD, and positively correlated with Kazakh FAZ area and perimeter; in DCP, the axial length was negatively correlated with Uyghur, Kazakh, Hui foveal VD, Hui whole VD, and positively correlated with Kazakh and Hui FAZ area and perimeter (all $P<0.05$).

• **CONCLUSION:** There were differences in macular blood flow parameters among the Uyghur, Han, Kazakh, and Hui populations, with the area and perimeter of the FAZ of the Kazakh significantly smaller than those of the other three ethnic groups. Gender, age, and axial length are also related to macular blood flow parameters.

• **KEYWORDS:** optical coherence tomography angiography (OCTA); ethnic; macular blood flow parameters

Citation: Yang C, Yi XL, Zhang J, et al. Quantitative analysis of differences in blood flow parameters in the macular area of healthy people of different ethnic groups in Xinjiang by OCTA. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2024,24(4):623-629.

0 引言

黄斑位于视网膜的中央,是视觉最敏锐的区域,任何累及黄斑区的病变都会引起中心视力的明显下降,有效分析黄斑区血流灌注情况是评价视力预后的重要指标之一^[1]。传统的眼底血管检测金标准为眼底荧光血管造影(fluorescein angiography, FFA),但由于检查禁忌证较多、耗时长且有创等原因,一定程度上限制了其在临床诊疗中的应用^[2]。光相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)是一种新兴的眼底成像手段,基于其特殊的检测原理,可以在短时间内非侵入性的获得全层视网膜血管造影图像并分层分析^[3],量化浅层毛细血管丛(superficial capillary plexus, SCP)血流密度(vessels density, VD)、深层毛细血管丛(deep capillary plexus, DCP)VD以及黄斑中心凹无血管区(foveal avascular zone, FAZ)面积、周长、圆度指数等参数,已被广泛应用于糖尿病视网膜病变(diabetic retinopathy, DR)^[4]、视网膜静脉阻塞(retinal vein occlusion, RVO)^[5]、年龄相关性黄斑变性(age-related macular degeneration, ARMD)^[6]等常见眼底病的科研及诊治。然而不同人群的OCTA基线数据可能各有差异,已有研究证明黑、白、黄三大人种之间黄斑区血流参数有显著差异^[7-8],这些差异可能影响不同人群对眼底血管性疾病的耐受性,但目前尚无对国内不同民族之间黄斑区血流参数的对比分析。新疆是一个多民族聚集的地区,其中以维吾尔族、汉族、哈萨克族、回族人口最多,各族之间具有不同的生活习惯和遗传差异。本研究利用OCTA分组分析维吾尔族、汉族、哈萨克族、回族健康人群黄斑区血流参数差异,探讨民族差异对黄斑区血流灌注及相关眼底病易感性的影响,为临床诊疗提供客观依据。

1 对象和方法

1.1 对象 横断面研究。选取2022-12/2023-03于伊犁哈萨克自治州友谊医院眼科中心就诊的维吾尔族、汉族、哈萨克族、回族四族健康人320例320眼(所有人均选取右眼,若右眼不符合纳排标准则选取左眼),其中维吾尔族80眼,平均年龄 34.5 ± 11.2 岁,男性占比42.5%(34眼);汉族80眼,平均年龄 37.2 ± 11.6 岁,男性占比46.3%(37眼);哈萨克族80眼,平均年龄 34.7 ± 10.0 岁,男性占比41.3%(33眼);回族80眼,平均年龄 36.7 ± 10.7 岁,男性占比43.8%(35眼)。纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁;(2)民族:维吾尔族、汉族、哈萨克族、回族;(3)等效球镜 $-3.00\sim +3.00$ D。排除标准:(1)有任何内眼手术史(如白内障术后);(2)屈光间质严重混浊,图像质量(IQ) <60 ;(3)既往有长期吸烟史;(4)人工判读原始图像有明显伪影;(5)既往有任何影响视网膜血供的全身或眼疾史(如高血压、糖尿病、青光眼、葡萄膜炎等)。本研究经过伊犁哈萨克自治州友谊医院伦理委员会审核并批准,所有受试者均知晓并同意参加此项研究,符合《赫尔辛基宣言》。

1.2 方法

1.2.1 基本资料及检查 记录受试者的姓名、年龄、性别、族别、既往史等一般情况,按族别分组编号,使用自动电脑验光仪获取等效球镜,使用IOL Master 700生物测量仪获取眼轴长度。

1.2.2 OCTA检查及图像分析 所有受试者均由同一名技

术熟练的医师使用 DRI Triton OCT 检测仪获取 OCTA 原始图像,扫描区域为以黄斑为中心 3 mm×3 mm 范围。扫描完成后手动录入眼轴,矫正放大效应,基于糖尿病视网膜病变变早期治疗研究(early treatment of diabetic retinopathy study,ETDRS)将图像划分以黄斑中央凹为圆心,直径分别为 1、2.5 mm 的两个同心圆,将小圆范围定义为中央区,大圆范围定义为整体区,环形范围定义为旁中央区,并按不同方位进一步将旁中央区分为上、下、鼻、颞四个象限。使用系统内置的 IMAGENET6 软件自动分层分析获取 SCP、DCP 各区域 VD 及 FAZ 面积、周长、圆度指数等参数,由同一名经验丰富的医师审核记录,必要时手动描绘校准。

统计学分析:所有数据分析均基于 SPSS 26.0 软件,服从正态分布的计量资料使用 $\bar{x} \pm s$ 来表达,组间性别特征对比使用卡方检验,不同性别间血流参数对比使用独立样本 *t* 检验,其余参数组间对比均使用单因素方差分析,事后两两比较使用 LSD-*t* 检验,相关性分析使用 Pearson 检验, $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各族健康人基线比较 本研究纳入四族健康人各 80 例 80 眼共 320 眼,年龄 18-67(平均 35.8±10.9)岁,其中男 139 眼,占比 43.4%。四族健康人的年龄、性别、屈光度、眼轴、IQ 比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

2.2 各族血流参数的基线数据比较 维吾尔族 SCP 平均旁中央凹 VD 为 46.31%±1.36%,FAZ 面积为 0.346±0.120 mm²;DCP 平均旁中央凹 VD 为 44.59%±1.78%,FAZ 面积为 0.676±0.210 mm²。汉族 SCP 平均旁中央凹 VD 为 46.35%±1.49%,FAZ 面积为 0.359±0.100 mm²;DCP 平均旁中央凹 VD 为 44.83%±1.89%,FAZ 面积为 0.691±0.181 mm²。哈萨克族 SCP 平均旁中央凹 VD 为 45.95%±1.31%,FAZ 面积为 0.307±0.127 mm²;DCP 平均旁中央凹 VD 为 44.51%±1.68%,FAZ 面积为 0.539±0.169 mm²。回族 SCP 平均旁中央凹 VD 为 46.46%±1.54%,FAZ 面积为 0.361±0.115 mm²;DCP 平均旁中央凹 VD 为 44.89%±1.68%,FAZ 面积为 0.675±0.195 mm²,见表 2。

表 1 各族健康人的基线比较

组别	性别[男,例(%)]	年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	屈光度($\bar{x} \pm s$,D)	眼轴($\bar{x} \pm s$,mm)	IQ($\bar{x} \pm s$)
合计	139(43.4)	35.8±10.9	-0.34±0.83	23.26±0.83	69.1±3.4
维吾尔族	34(42.5)	34.5±11.2	-0.32±0.80	23.17±0.86	69.4±3.5
汉族	37(46.3)	37.2±11.6	-0.48±0.86	23.36±0.79	68.8±3.2
哈萨克族	33(41.3)	34.7±10.0	-0.25±0.79	23.15±0.87	69.5±3.9
回族	35(43.8)	36.7±10.7	-0.33±0.85	23.36±0.77	68.7±2.9
χ^2/F	0.445	1.283	1.119	1.588	1.271
<i>P</i>	0.931	0.280	0.341	0.192	0.284

表 2 各族血流参数基线数据的比较

参数	维吾尔族(80例)	汉族(80例)	哈萨克族(80例)	回族(80例)	<i>F</i>	<i>P</i>
SCP						
上方 VD(%)	47.23±2.20	46.90±2.18	46.84±1.82	46.94±2.05	0.521	0.668
下方 VD(%)	47.23±2.20	46.72±2.45	46.26±2.13 ^a	47.45±2.41 ^{a,c}	4.281	0.006
鼻侧 VD(%)	45.12±1.91	45.97±2.02 ^a	45.44±1.95	45.76±1.94 ^a	2.932	0.034
颞侧 VD(%)	45.70±1.80	45.81±1.91	45.26±1.83	45.69±1.91	1.365	0.253
中央凹 VD(%)	19.66±4.74	18.36±3.81	20.70±5.33 ^c	18.85±4.45 ^c	3.929	0.009
旁中央凹 VD(%)	46.31±1.36	46.35±1.49	45.95±1.31	46.46±1.54	1.904	0.129
整体 VD(%)	42.05±1.24	41.87±1.36	41.91±1.22	42.04±1.57	0.355	0.786
FAZ 面积(mm ²)	0.346±0.120	0.359±0.100 ^a	0.307±0.127 ^{a,c}	0.361±0.115 ^c	3.721	0.012
FAZ 周长(mm)	2.578±0.481	2.669±0.444	2.439±0.552 ^c	2.741±0.475 ^{a,c}	5.650	<0.001
FAZ 圆度指数	0.637±0.062	0.631±0.064	0.630±0.067	0.596±0.073 ^{a,c,e}	6.408	<0.001
DCP						
上方 VD(%)	45.40±2.64	45.64±2.51	45.51±2.48	45.52±2.79	0.114	0.952
下方 VD(%)	44.98±2.91	45.20±3.56	44.46±2.36	45.45±2.91	1.597	0.190
鼻侧 VD(%)	44.36±2.59	44.88±2.77	44.46±2.38	44.71±2.34	0.687	0.561
颞侧 VD(%)	43.61±2.42	43.61±2.64	43.61±2.32	43.89±2.19	0.268	0.848
中央凹 VD(%)	16.23±4.31	14.57±3.62 ^a	17.10±4.87 ^c	14.72±4.09 ^{a,c}	6.630	<0.001
旁中央凹 VD(%)	44.59±1.78	44.83±1.89	44.51±1.68	44.89±1.68	0.874	0.455
整体 VD(%)	40.05±1.50	39.99±1.69	40.13±1.49	40.06±1.66	0.101	0.959
FAZ 面积(mm ²)	0.676±0.210	0.691±0.181	0.539±0.169 ^{a,c}	0.675±0.195 ^c	11.377	<0.001
FAZ 周长(mm)	3.623±0.654	3.684±0.538	3.155±0.513 ^{a,c}	3.640±0.589 ^c	14.891	<0.001
FAZ 圆度指数	0.643±0.073	0.635±0.072	0.667±0.065 ^{a,c}	0.633±0.064 ^c	4.238	0.006

注:^a $P < 0.05$ vs 维吾尔族;^b $P < 0.05$ vs 汉族;^c $P < 0.05$ vs 哈萨克族。

2.3 各族间血流参数差异 四族 SCP-VD 下方、鼻侧、中央凹,SCP-FAZ 面积、周长、圆度指数,DCP-VD 中央凹,DCP-FAZ 面积、周长、圆度指数差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。在 SCP 中,维吾尔族下方 VD 大于哈萨克族($P = 0.008$),回族下方 VD 大于汉族、哈萨克族($P = 0.045, 0.001$),汉族、回族鼻侧 VD 大于维吾尔族($P = 0.006, 0.038$),哈萨克族中央凹 VD 大于汉族、回族($P = 0.001, 0.012$);维吾尔族、汉族、回族 FAZ 面积大于哈萨克族($P = 0.036, 0.005, 0.004$),汉族、回族 FAZ 周长大于哈萨克族($P = 0.003, < 0.001$),回族 FAZ 周长大于维吾尔族($P = 0.037$),维吾尔族、汉族、哈萨克族 FAZ 圆度指数大于回族(均 $P < 0.001$)。在 DCP 中,维吾尔族中央凹 VD 大于汉族、回族($P = 0.014, 0.025$),哈萨克族中央凹 VD 大于汉族、回族(均 $P < 0.001$);维吾尔族、汉族、回族 FAZ 面积及周长大于哈萨克族(均 $P < 0.001$),哈萨克族 FAZ 圆度指数大于维吾尔族、汉族、回族($P = 0.023, 0.003, 0.002$),见表 2。

2.4 各族性别间血流参数差异 在 SCP 中,汉族女性 FAZ 面积及周长大于男性,回族女性 FAZ 圆度指数大于男性(均 $P < 0.05$,表 3)。在 DCP 中,四族女性旁中央凹 VD、整体 VD 均大于男性(均 $P < 0.05$,表 4)。

2.5 各族血流参数与年龄的相关性分析 在 SCP 中,哈萨克族 FAZ 圆度指数与年龄呈负相关。在 DCP 中,汉族、哈萨克族、回族旁中央凹 VD、整体 VD 与年龄呈负相关,见表 5。

2.6 各族血流参数与眼轴的相关性分析 在 SCP 中,哈萨克族、回族中央凹 VD 与眼轴呈负相关,回族旁中央凹

VD 与眼轴呈负相关,维吾尔族、哈萨克族、回族整体 VD 与眼轴呈负相关,哈萨克族 FAZ 面积、周长与眼轴呈正相关。在 DCP 中,维吾尔族、哈萨克族、回族中央凹 VD 与眼轴呈负相关,回族整体 VD 与眼轴呈负相关,哈萨克族、回族 FAZ 面积、周长与眼轴呈正相关,见表 6。

3 讨论

视网膜位于眼球壁的最内层,能够将光信号转化为电信号,是形成视觉的关键组成部分之一。OCTA 作为近几年新出现的一种视网膜检查手段,基于其无创、可量化、耗时短、可重复性高等优势^[9],已被广泛应用于健康人视网膜血流灌注状态的研究以及常见眼底血管性疾病的诊疗,且较咽喉菁绿血管造影有更高的脉络膜新生血管(choroidal neovascularization, CNV)检出率,能更直观地显示 CNV 的病变范围^[10]。但在既往研究结果中发现,健康人黄斑区血流灌注状态可能受种族、性别、年龄、眼轴、IQ 等多种因素的影响。

国外有研究证明白种人的 FAZ 面积显著小于黑种人和黄种人,黑种人的 VD 小于白种人,并且在白种人中,西班牙裔与非西班牙裔间 FAZ 面积也有显著差异^[7-8,11-13]。这些结论表明各种族人群的视网膜血管结构可能存在先天差异,基线 VD 更小、FAZ 面积更大的种族对视网膜血管性疾病的耐受性更差,并且认为这可能是导致黑种人 DR 的患病率更高以及 RVO 视力损害更严重的解剖学原因之一^[8]。本研究在保证性别、年龄、眼轴、IQ 一致的前提下,对比分析了新疆维吾尔族、汉族、哈萨克族、回族 4 个不同民族黄斑区血流参数的差异。结果表明 4 个民族旁中央凹 VD 差异并不明显,只有维吾尔族-哈萨克族、

表 3 各族不同性别间 SCP 各参数对比

参数	民族			t	P	$\bar{x} \pm s$
		男	女			
中央凹 VD (%)	维吾尔族	20.32±4.37	19.17±5.00	1.073	0.286	
	汉族	19.06±3.80	17.76±3.77	1.541	0.127	
	哈萨克族	21.51±5.86	20.14±4.91	1.136	0.259	
	回族	19.14±4.54	18.63±4.43	0.503	0.616	
旁中央凹 VD (%)	维吾尔族	45.97±1.38	46.57±1.30	-1.974	0.052	
	汉族	46.16±1.42	46.52±1.54	-1.087	0.280	
	哈萨克族	45.87±1.42	46.01±1.24	-0.486	0.628	
	回族	46.23±1.74	46.64±1.35	-1.177	0.243	
整体 VD (%)	维吾尔族	41.87±1.19	42.18±1.28	-1.129	0.262	
	汉族	41.82±1.38	41.92±1.36	-0.314	0.755	
	哈萨克族	41.97±1.24	41.87±1.23	0.344	0.731	
	回族	41.89±1.86	42.16±1.32	-0.736	0.464	
FAZ 面积(mm ²)	维吾尔族	0.323±0.101	0.363±0.131	-1.489	0.141	
	汉族	0.332±0.095	0.383±0.099	-2.367	0.020	
	哈萨克族	0.285±0.131	0.323±0.123	-1.357	0.179	
	回族	0.344±0.112	0.375±0.116	-1.209	0.230	
FAZ 周长(mm)	维吾尔族	2.525±0.458	2.618±0.499	-0.856	0.394	
	汉族	2.559±0.439	2.763±0.431	-2.087	0.040	
	哈萨克族	2.381±0.659	2.479±0.466	-0.787	0.434	
	回族	2.731±0.512	2.748±0.449	-0.161	0.873	
FAZ 圆度指数	维吾尔族	0.623±0.066	0.648±0.057	-1.770	0.081	
	汉族	0.632±0.071	0.630±0.058	0.148	0.883	
	哈萨克族	0.613±0.076	0.642±0.058	-1.933	0.057	
	回族	0.572±0.081	0.614±0.060	-2.664	0.009	

表 4 各族不同性别间 DCP 各参数对比

$\bar{x} \pm s$

参数	民族	男	女	<i>t</i>	<i>P</i>
中央凹 VD(%)	维吾尔族	16.18±4.05	16.26±4.53	-0.089	0.929
	汉族	14.30±3.56	14.80±3.70	-0.610	0.544
	哈萨克族	16.99±5.25	17.19±4.63	-0.183	0.855
	回族	14.77±4.41	14.68±3.87	0.093	0.926
旁中央凹 VD(%)	维吾尔族	43.87±1.45	45.12±1.83	-3.300	0.001
	汉族	44.17±1.98	45.40±1.63	-3.042	0.003
	哈萨克族	44.05±1.70	44.84±1.60	-2.104	0.039
	回族	44.39±1.67	45.28±1.61	-2.414	0.018
整体 VD(%)	维吾尔族	39.44±1.25	40.50±1.51	-3.347	0.001
	汉族	39.39±1.77	40.50±1.46	-3.081	0.003
	哈萨克族	39.72±1.56	40.41±1.39	-2.087	0.040
	回族	39.65±1.62	40.38±1.64	-1.994	0.049
FAZ 面积(mm ²)	维吾尔族	0.727±0.237	0.639±0.181	1.873	0.065
	汉族	0.710±0.184	0.675±0.179	0.877	0.383
	哈萨克族	0.546±0.185	0.533±0.159	0.328	0.744
	回族	0.691±0.221	0.662±0.174	0.639	0.525
FAZ 周长(mm)	维吾尔族	3.769±0.691	3.516±0.610	1.736	0.086
	汉族	3.735±0.547	3.640±0.532	0.787	0.434
	哈萨克族	3.206±0.578	3.119±0.465	0.741	0.461
	回族	3.713±0.614	3.583±0.569	0.976	0.332
FAZ 圆度指数	维吾尔族	0.636±0.077	0.648±0.070	-0.691	0.492
	汉族	0.636±0.069	0.634±0.076	0.124	0.902
	哈萨克族	0.652±0.068	0.678±0.060	-1.780	0.079
	回族	0.619±0.060	0.645±0.065	-1.837	0.070

表 5 各族血流参数与年龄的相关性分析

参数	维吾尔族		汉族		哈萨克族		回族	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
SCP								
中央凹 VD	-0.188	0.095	0.088	0.437	0.084	0.460	-0.186	0.098
旁中央凹 VD	0.004	0.972	-0.151	0.181	-0.104	0.357	-0.057	0.618
整体 VD	-0.111	0.326	-0.099	0.381	-0.036	0.749	-0.131	0.246
FAZ 面积	0.143	0.207	-0.157	0.164	-0.140	0.215	0.173	0.125
FAZ 周长	0.180	0.110	-0.097	0.391	-0.046	0.687	0.201	0.074
FAZ 圆度指数	-0.077	0.496	-0.196	0.081	-0.297	0.007	-0.164	0.147
DCP								
中央凹 VD	-0.024	0.831	0.187	0.096	0.157	0.165	-0.020	0.863
旁中央凹 VD	-0.162	0.152	-0.381	<0.001	-0.372	<0.001	-0.347	0.002
整体 VD	-0.172	0.126	-0.294	0.008	-0.269	0.016	-0.303	0.006
FAZ 面积	0.170	0.132	-0.049	0.668	-0.099	0.384	0.161	0.155
FAZ 周长	0.165	0.144	-0.074	0.515	-0.020	0.860	0.205	0.068
FAZ 圆度指数	-0.074	0.512	-0.001	0.991	-0.178	0.115	-0.180	0.110

汉族-回族及哈萨克族-回族间的 SCP-VD 下方以及维吾尔族-汉族、维吾尔族-回族间的 SCP-VD 鼻侧存在差异,但 FAZ 面积、周长、圆度指数差异十分显著。哈萨克族的 SCP-FAZ 面积显著小于其它 3 个民族,SCP-FAZ 周长显著小于汉族和回族,DCP-FAZ 面积、周长显著小于其它 3 个民族,DCP-FAZ 圆度指数显著大于其它 3 个民族;回族的 SCP-FAZ 圆度指数显著小于其它 3 个民族。已有大量研究表明,FAZ 面积、周长扩大可作为 DR 的早期预测指标之一,虽然目前尚没有 DR 发病率的新疆多民族分

析,但在一项与 DR 密切相关的痛性糖尿病神经病变(painful diabetic neuropathy, PDN)的研究中发现,在 DM 患者中,哈萨克族 PDN 的发病率显著低于汉族和维吾尔族^[14]。本研究通过对四族健康人黄斑区血流参数的分析证明,与其它三族相比,哈萨克族具有更低的基线 FAZ 面积、周长,这可能意味着哈萨克族比其它三族人群具有更高的 DR 耐受性。

性别差异也是眼科热门的解剖学研究因素之一,但目前黄斑区血流灌注方面的研究结果不径相同。一部分

表6 各族血流参数与眼轴的相关性分析

参数	维吾尔族		汉族		哈萨克族		回族	
	r	P	r	P	r	P	r	P
SCP								
中央凹 VD	-0.086	0.451	-0.082	0.471	-0.394	<0.001	-0.268	0.016
旁中央凹 VD	-0.205	0.068	-0.130	0.251	-0.037	0.744	-0.241	0.031
整体 VD	-0.240	0.032	-0.156	0.167	-0.308	0.005	-0.319	0.004
FAZ 面积	-0.033	0.770	0.007	0.950	0.328	0.003	0.186	0.099
FAZ 周长	-0.039	0.732	0.018	0.872	0.289	0.009	0.211	0.061
FAZ 圆度指数	-0.101	0.374	0.090	0.426	0.049	0.664	-0.086	0.448
DCP								
中央凹 VD	-0.0246	0.028	-0.079	0.483	-0.428	<0.001	-0.334	0.002
旁中央凹 VD	-0.036	0.748	-0.112	0.323	0.086	0.446	-0.113	0.318
整体 VD	-0.149	0.186	-0.132	0.243	-0.142	0.208	-0.228	0.042
FAZ 面积	0.171	0.130	0.181	0.108	0.334	0.002	0.267	0.017
FAZ 周长	0.185	0.101	0.220	0.050	0.281	0.012	0.264	0.018
FAZ 圆度指数	-0.109	0.336	-0.145	0.201	0.109	0.337	-0.103	0.361

研究者认为性别不影响黄斑区血流灌注^[7,15-16],另一部分研究者则表示男性比女性具有更低的 VD 以及更大的 FAZ 面积^[17-22]。通过我们的研究发现,在 FAZ 方面,只有汉族女性的 SCP-FAZ 面积、周长大于男性,在其它 3 种民族中,虽然女性的平均 FAZ 面积、周长也都大于男性,但并没有达到统计学标准;但在 VD 方面,四族女性的旁中央凹区 DCP-VD 均大于男性,这与之前研究者的结果是一致的。分析出现这些差异的原因,可能与性激素高低不同以及女性眼球偏小有关,但仍需更大样本量的数据来进一步验证。

年龄是 ARMD、RVO 等常见眼底病的危险因素之一,随着 OCTA 技术的发展,关于年龄对眼底血流灌注影响的分析也颇为广泛。大多数研究表明年龄与 VD 呈负相关^[15,18,20-21,23-24],与 FAZ 面积及 VD 的变异性呈正相关^[25],但也有部分研究者认为眼底血流灌注与年龄无明显相关性^[16,26]。在我们的研究中,汉族、哈萨克族、回族三族的旁中央凹及整体 DCP-VD 与年龄呈负相关,维吾尔族的 DCP-VD 虽然也随年龄增长有下降趋势,但未达统计学意义。这可能与本次研究受试者的年龄普遍集中在 20-40 岁,年龄跨度较小且不够均匀有关,因此还需要年龄设计更合理的研究来进一步阐述年龄对眼底血流灌注的影响,同时建立相应数据库,从而更好地为老年人视力保驾护航。

眼轴是临床中衡量眼球大小的主要参数之一,也是评估很多眼疾治疗风险及预后的重要指标之一,与特发性脉络膜新生血管、高度近视性脉络膜视网膜炎等常见眼底病的发生发展息息相关。通常认为,随着眼轴逐渐增长视网膜被不断拉伸,从而导致眼底血流灌注率下降而 FAZ 范围增加,这一观点已被部分研究证实^[27-28]。但也有些研究表明在非高度近视人群中,眼轴的长短不影响眼底血流灌注^[29]及 FAZ 面积^[30],还有一些研究甚至认为 FAZ 面积与眼轴呈负相关^[16]。由于 OCTA 扫描原理的限制,基于默认眼轴参数对不同轴长的眼球扫描时,当实际眼轴小于默认眼轴参数时,实际扫描的眼底范围要小于预设范围,反之则会大于预设范围,且这个误差比例会随着轴长

差的增大而增大。因此在未经眼轴校准的前提下对 OCTA 图像进行分析时,长轴眼的 FAZ 面积、周长会比实际数值小,短轴眼反之,并且 FAZ 面积的误差在校正前后可以达到 20%-51%^[31]。有研究显示,直至 2020 年,只有大约 8% 的 OCTA 相关研究校正了因眼轴导致的放大效应,还有大约 3.8% 的研究提及了没考虑眼轴引起的放大效应是研究的不足之一^[32]。本研究共收集了 320 名 -3.00 D ≤ 等效球镜 ≤ +3.00 D 的健康人,平均眼轴 23.26 ± 0.83 mm,眼轴区间 21.44-25.35 mm,在校正了眼轴的放大效应后得出,维吾尔族、哈萨克族、回族的整体 SCP-VD、中央凹 DCP-VD 与眼轴呈负相关,哈萨克族、回族的中央凹 SCP-VD 与眼轴呈负相关、DCP-FAZ 面积与眼轴呈正相关,与目前主流的研究结果一致,但这些趋势在汉族中并不显著,可能是因为我们所选受试者的眼轴区间偏窄、样本量偏小所导致的。

据我们所知,这是第一份关于对国内不同民族间 OCTA 血流参数差异的分析报告,获得了新疆维吾尔族、汉族、哈萨克族、回族健康人群黄斑区主要血流参数的基线数据,证明了不同民族间健康人群黄斑区血流参数是有差异的,其中哈萨克族的 FAZ 面积、周长明显小于其它三族,并且黄斑区血流参数与性别、年龄及眼轴相关,在进行相关分析时应当考虑。本研究也有一些不足:(1)入组的样本量比较少,且大部分受试者为青壮年,整体年龄跨度偏窄,可能会造成一些偏倚;(2)没有考虑学历、职业、体质量、身高、血脂等潜在因素,可能存在一些混杂因素;(3)因 OCTA 技术的限制,目前尚无法彻底消除浅层投影对深层血流参数的影响,对深层的分析可能存在一定误差。希望将来能通过样本量更大、数据更完备的研究来进一步确定民族差异对黄斑区血流参数的影响趋势,为本地 OCTA 诊疗提供更合理的客观依据。

参考文献

[1] 李迪,毕伏龙,吕广,等. 视网膜黄斑部解剖特点及病变患者的表现. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2012,27(3):351-354.
 [2] 沈小秋,黄颖,郑燕,等. 荧光素钠和吲哚菁绿眼底血管造影不良反应分析. 中国现代医学杂志, 2021,31(14):85-91.

- [3] Coscas G, Lupidi M, Coscas F. Optical coherence tomography angiography in healthy subjects. *Dev Ophthalmol*, 2016,56:37-44.
- [4] Lajmi H, Choura R, Zahaf A, et al. OCT-Angiography of deep and superficial retinal vascular density changes in diabetes without diabetic retinopathy. *J Fr Ophtalmol*, 2024,47(1):103966.
- [5] Frederiksen KH, Pedersen FN, Vergmann AS, et al. Predictive value of retinal oximetry, optical coherence tomography angiography and microperimetry in patients with treatment-naïve branch retinal vein occlusion. *Int J Retina Vitreous*, 2023,9(1):38.
- [6] Taylor TRP, Menten MJ, Rueckert D, et al. The role of the retinal vasculature in age-related macular degeneration: a spotlight on OCTA. *Eye*, 2024,38:442-449.
- [7] Wylegała A, Wang LF, Zhang SJ, et al. Comparison of foveal avascular zone and retinal vascular density in healthy Chinese and Caucasian adults. *Acta Ophthalmol*, 2020,98(4):e464-e469.
- [8] Massamba N, Mackin AG, Chun LY, et al. Evaluation of flow of chorioretinal capillaries in healthy black and white subjects using optical coherence tomography angiography. *Sci Rep*, 2021,11(1):21886.
- [9] de Carlo TE, Romano A, Waheed NK, et al. A review of optical coherence tomography angiography (OCTA). *Int J Retina Vitreous*, 2015,1:5.
- [10] 肖哲, 兴辰, 吕丽娜, 等. OCTA 与 ICGA 检查在 CNV 和 PCV 中的影像对比分析. *国际眼科杂志*, 2022,22(11):1927-1931.
- [11] Chun LY, Silas MR, Dimitroyannis RC, et al. Differences in macular capillary parameters between healthy black and white subjects with Optical Coherence Tomography Angiography (OCTA). *PLoS One*, 2019,14(10):e0223142.
- [12] Giocanti - Aurégan A, Gazeau G, Hrarat L, et al. Ethnic differences in normal retinal capillary density and foveal avascular zone measurements. *Int Ophthalmol*, 2020,40(11):3043-3048.
- [13] Laotaweungsawat S, Psaras C, Haq Z, et al. Racial and ethnic differences in foveal avascular zone in diabetic and nondiabetic eyes revealed by optical coherence tomography angiography. *PLoS One*, 2021,16(10):e0258848.
- [14] 雷舒煜, 吴蓓妍, 刘磊, 等. 新疆地区糖尿病周围神经病痛性症状的危险因素及此症现状汉族、维吾尔族、哈萨克族人群发病率的比较. *中华疼痛学杂志*, 2020,16(2):123-129.
- [15] Verma A, Magesan K, Amose T, et al. Age-related assessment of foveal avascular zone and surrounding capillary networks with swept source optical coherence tomography angiography in healthy eyes. *Eye*, 2022,36(10):1857-1864.
- [16] Zhou LJ, Wang FQ, Wang L, et al. Quantitative assessment and determinants of foveal avascular zone in healthy volunteers. *J Int Med Res*, 2021,49(5):3000605211014994.
- [17] Gómez-Ulla F, Cutrin P, Santos P, et al. Age and gender influence on foveal avascular zone in healthy eyes. *Exp Eye Res*, 2019,189:107856.
- [18] Lavia C, Bonnin S, Maule M, et al. Vessel density of superficial, intermediate, and deep capillary plexuses using optical coherence tomography angiography. *Retina*, 2019,39(2):247-258.
- [19] Nestrata-Ortiz M, Fichna P, Stankiewicz W, et al. Sex-related variations of retinal and choroidal thickness and foveal avascular zone in healthy and diabetic children assessed by optical coherence tomography imaging. *Ophthalmologica*, 2019,241(3):173-178.
- [20] Sato R, Kunikata H, Asano T, et al. Quantitative analysis of the macula with optical coherence tomography angiography in normal Japanese subjects: The Taiwa Study. *Sci Rep*, 2019,9(1):8875.
- [21] Yilmaz H, Karakurt Y, Icel E, et al. Normative data assessment of vessel density and foveal avascular zone metrics using AngioScan software. *Curr Eye Res*, 2019,44(12):1345-1352.
- [22] Zhou YF, Zhou MW, Gao M, et al. Factors affecting the foveal avascular zone area in healthy eyes among young Chinese adults. *Biomed Res Int*, 2020,2020:7361492.
- [23] 曾运考, 杨大卫, 曹丹, 等. 正常人眼黄斑血流密度及结构与年龄的相关性研究. *中华眼底病杂志*, 2019,35(1):3-7.
- [24] Zheng F, Zhang QQ, Shi YY, et al. Age-dependent changes in the macular choriocapillaris of normal eyes imaged with swept-source optical coherence tomography angiography. *Am J Ophthalmol*, 2019,200:110-122.
- [25] Coscas F, Sellam A, Glacet-Bernard A, et al. Normative data for vascular density in superficial and deep capillary plexuses of healthy adults assessed by optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016,57(9):OCT211-OCT223.
- [26] Shihara H, Terasaki H, Sonoda S, et al. Objective evaluation of size and shape of superficial foveal avascular zone in normal subjects by optical coherence tomography angiography. *Sci Rep*, 2018,8(1):10143.
- [27] Gołębiewska J, Biała - Gosek K, Czeszyk A, et al. Optical coherence tomography angiography of superficial retinal vessel density and foveal avascular zone in myopic children. *PLoS One*, 2019,14(7):e0219785.
- [28] Wang TT, Li H, Zhang RR, et al. Evaluation of retinal vascular density and related factors in youth myopia without maculopathy using OCTA. *Sci Rep*, 2021,11(1):15361.
- [29] Fujiwara A, Morizane Y, Hosokawa M, et al. Factors affecting foveal avascular zone in healthy eyes: an examination using swept-source optical coherence tomography angiography. *PLoS One*, 2017,12(11):e0188572.
- [30] 徐珊珊, 陈一芳, 端宁茜, 等. 基于 OCTA 的单眼近视患儿黄斑区视网膜毛细血管血流密度及厚度分析. *国际眼科杂志*, 2022,22(6):926-930.
- [31] Sampson DM, Gong PJ, An D, et al. Axial length variation impacts on superficial retinal vessel density and foveal avascular zone area measurements using optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2017,58(7):3065-3072.
- [32] Llanas S, Linderman RE, Chen FK, et al. Assessing the use of incorrectly scaled optical coherence tomography angiography images in peer-reviewed studies: a systematic review. *JAMA Ophthalmol*, 2020,138(1):86-94.