

傅里叶域光学相干断层扫描仪测量角膜上皮厚度参数鉴别早期圆锥角膜

任亚茹¹, 徐悦², 庄歆予¹, 寇洒洒¹, 张晓峰^{1,2}

引用:任亚茹,徐悦,庄歆予,等. 傅里叶域光学相干断层扫描仪测量角膜上皮厚度参数鉴别早期圆锥角膜. 国际眼科杂志 2022;22(2):200-204

作者单位:¹(215006)中国江苏省苏州市,苏州大学附属第一医院眼科;²(215125)中国江苏省苏州市,苏州大学附属独墅湖医院眼科

作者简介:任亚茹,女,在读硕士研究生,住院医师,研究方向:角膜、眼表疾病、屈光手术。

通讯作者:张晓峰,男,博士,主任医师,副教授,苏州大学附属独墅湖医院眼科主任,博士研究生导师,研究方向:角膜、眼表疾病、屈光手术. zhangxiaofeng@suda.edu.cn

收稿日期:2021-07-28 修回日期:2022-01-04

摘要

目的:探讨傅里叶域光学相干断层扫描仪(FD-OCT)测量角膜上皮厚度参数在圆锥角膜早期诊断中的价值。

方法:回顾性对照研究。选取2015-01/2020-10于苏州大学附属第一医院就诊的早期圆锥角膜患者55例62眼,选取同期接受近视激光手术治疗的屈光不正患者110例110眼作为对照组。采用FD-OCT测量获得以瞳孔中心7mm直径范围的角膜上皮层厚度参数、以瞳孔中心9mm直径范围25个分区的角膜上皮层平均厚度值及角膜全层平均厚度值,比较各参数值在早期圆锥角膜组及对照组的差异,对有差异的参数分析诊断价值。

结果:早期圆锥角膜组Min_e值较对照组显著减小,Std.Dev值、Max-Min_e值、Max_e值较对照组显著增大(均 $P<0.001$)。Std.Dev值、Max-Min_e值对早期圆锥角膜诊断效能较高(AUC=0.937,0.928),Max_e值、Min_e值诊断效能中等(AUC=0.871,0.797)。25个分区角膜上皮厚度分析,早期圆锥角膜组内环颞下区(EIT₁)角膜上皮层厚度变薄最明显,诊断效能最高(AUC=0.827)。各区域角膜全层厚度分析,早期圆锥角膜组各个分区的角膜全层平均厚度值较对照组明显变薄,内环颞下区(CIT₁)平均厚度值在25个分区中具有较高的诊断效能(AUC=0.903)。

结论:角膜上皮层厚度参数Std.Dev值、Max-Min_e值、Max_e值、Min_e值、内环颞下区角膜上皮层平均厚度值以及内环颞下区角膜平均厚度值可用于鉴别早期圆锥角膜。

关键词:圆锥角膜;角膜上皮层厚度;角膜厚度;傅里叶域光学相干断层扫描仪

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.2.05

Measurement of corneal epithelial thickness parameters by Fourier domain optical coherence tomography to identify early keratoconus

Ya-Ru Ren¹, Yue Xu², Xin-Yu Zhuang¹, Sa-Sa Kou¹, Xiao-Feng Zhang^{1,2}

¹Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu Province, China;

²Department of Ophthalmology, Dushu Lake Hospital Affiliated to Soochow University, Suzhou 215125, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Xiao - Feng Zhang. Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu Province, China; Department of Ophthalmology, Dushu Lake Hospital Affiliated to Soochow University, Suzhou 215125, Jiangsu Province, China. zhangxiaofeng@suda.edu.cn

Received: 2021-07-28 Accepted: 2022-01-04

Abstract

• **AIM:** To explore the value of corneal epithelial thickness parameters in the diagnosis of early keratoconus by Fourier domain optical coherence tomography (FD-OCT).

• **METHODS:** Retrospective control study. Patients with early keratoconus who were admitted to the Department of Ophthalmology of the First Affiliated Hospital of Soochow University from January 2015 to October 2020 and patients who received laser refractive surgery for myopia during the same period were included in this study. Using FD-OCT to measure the cornea in circle centralized by the pupil and with diameter of 9mm in the early-keratoconus group and the control group. This was to obtain the thickness parameter of corneal epithelium with diameter of 7mm, the respective averaged thickness value of corneal epithelium and the respective averaged thickness value of the full corneal layer on each of the 25 divisions. The parameter value differences between the early-keratoconus group and the control group were compared, and the diagnosis value of parameters that hold difference was analyzed.

• **RESULTS:** The Min_e value in early-keratoconus group was significantly lower than that of the control group. On contrary, the value of Std.Dev, Max-Min_e, and Max_e were significantly higher in early-keratoconus group than that in latter one (all $P<0.001$). The value of Std.Dev and Max - Min_e hold a greater diagnostic efficiency on diagnosis of early keratoconus (AUC=0.937, 0.928), while

Max_e value and Min_e value performed a medium diagnostic efficiency (AUC = 0.871, 0.797). Analysis on thickness of corneal epithelium on the 25 divisions found that the thickness of corneal epithelium at infratemporal region of inner ring (EIT₁) became thinner most obviously in early - keratoconus group, with greatest diagnostic efficiency (AUC = 0.827). The average corneal thickness of the 25 zones of the early keratoconus group was significantly thinner than that in the normal control group. Averaged corneal thickness at infratemporal region of inner ring (CIT₁) hold a relatively high diagnostic efficiency among the 25 divisions (AUC=0.903).

• **CONCLUSION:** The parameter values of corneal epithelium thickness including Std.Dev, Max - Min_e, Max_e, Min_e, the averaged thickness value of corneal epithelium at infratemporal region of inner ring, and the thickness value of full corneal layer at infratemporal region of inner ring can all be used for diagnosis of early keratoconus.

• **KEYWORDS:** keratoconus; corneal epithelium thickness; corneal thickness; Fourier domain optical coherence tomography

Citation: Ren YR, Xu Y, Zhuang XY, et al. Measurement of corneal epithelial thickness parameters by Fourier domain optical coherence tomography to identify early keratoconus. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(2):200-204

0 引言

圆锥角膜是一种最为常见的角膜扩张性疾病,其特征为中央和旁中央区角膜变薄并呈圆锥形突起^[1-2],角膜地形图最常用于诊断圆锥角膜^[3]。屈光手术术前即使具有正常地形图,术后发生角膜扩张的病例仍时有报道^[4-6]。一个可能的原因是,早期圆锥角膜局部基质的变薄及突出被重塑的角膜上皮所掩盖^[7]。

典型的圆锥角膜角膜上皮层厚度参数与正常角膜存在显著差异^[8-11]。然而,早期圆锥角膜患者角膜上皮层厚度参数在既往研究中的表现并不一致。Li等^[3]研究中角膜上皮层最薄点厚度及角膜上皮层厚度的标准差值在亚临床期圆锥角膜组与对照组间存在显著差异。Catalan等^[8]研究中角膜上皮层各参数在顿挫型圆锥角膜组及对照组间无显著差别。本研究采用傅里叶域光学相干断层扫描仪(FD-OCT)测量角膜及角膜上皮层厚度,分析角膜及角膜上皮层厚度地形图参数在早期圆锥角膜组及对对照组的差异,探索角膜及角膜上皮层厚度地形图参数在鉴别早期圆锥角膜中的价值。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性对照研究。选取2015-01/2020-10于苏州大学附属第一医院就诊的早期圆锥角膜患者55例62眼。纳入标准:(1)具有典型的圆锥角膜地形图改变(如角膜变薄、中央或下方陡峭、不对称领结,有或无偏轴散光);(2)Amsler-Krumeich分级标准为1级^[12],即角膜中央平均曲率值<48.00D,近视和(或)散光<5.00D。排除标准:(1)各种因素导致的继发性角膜扩张;(2)除圆锥角膜和屈光不正以外患有其他眼科疾病和(或)影响眼睛的全身疾病;(3)既往眼部手术病史。选取同期接受近视激光手术治疗的屈光不正者110例110眼作为对照组。纳

入标准:(1)18周岁以上;(2)角膜地形图形态正常,无角膜扩张倾向;(3)最佳矫正视力 ≥ 1.0 ;(4)角膜最薄点厚度>460 μm 。排除标准:(1)角膜瘢痕;(2)除屈光不正以外患有其他眼科疾病和(或)影响眼睛的全身疾病;(3)既往眼部手术史。对照组均选其右眼纳入本研究。本研究已取得所有入组者知情同意并通过医院医学伦理委员会审批,符合《赫尔辛基宣言》。

1.2 方法

1.2.1 FD-OCT 检测角膜及角膜上皮层厚度 采用FD-OCT检测角膜及角膜上皮层厚度。患者在测量前2h内均未使用滴眼液,在半暗室环境由同一位技术熟练的技师完成。使用宽角角膜适配镜头,嘱患者注视镜头中央光点,对准瞳孔正中心,采用PachymetryWide模式重复扫描3次,获得以瞳孔为中心直径9mm圆形区域的角膜及角膜上皮层厚度地形图。

1.2.2 角膜上皮层厚度地形图参数 FD-OCT软件自动生成瞳孔中心直径7mm范围的角膜上皮层厚度参数值,包括:Min_e值(以瞳孔为中心7mm直径范围内角膜上皮层最薄点厚度)、Max_e值(以瞳孔为中心7mm直径范围内角膜上皮层最厚点厚度)、Std.Dev值(以瞳孔为中心7mm直径范围内角膜上皮层厚度的标准差值)、Max-Min_e值(以瞳孔为中心7mm直径范围内角膜上皮层最厚点与最薄点的厚度差值)。

1.2.3 角膜及角膜上皮层厚度地形图的分区 以瞳孔为中心9mm直径范围角膜厚度地形图共分为25个区域,FD-OCT软件自动生成各个分区的角膜及角膜上皮层平均厚度值。具体分区方法为:以瞳孔为圆心分为中央2mm区域(中央区)、2~5mm区域(内环)、5~7mm区域(中环)及7~9mm区域(外环),除中央区(C)外,内环、中环、外环区域按轴向八等分,分为上方区(S)、颞上区(ST)、颞侧区(T)、颞下区(IT)、下方区(I)、鼻下区(IN)、鼻侧区(N)及鼻上区(SN),下标₁、₂、₃分别代表内环、中环、外环区域(图1)。

统计学分析:用Excel2010对年龄、性别、角膜及角膜上皮层厚度参数汇总,采用SPSS26.0软件进行数据分析。非正态分布数据以 $P_{50}(P_{25}, P_{75})$ 来描述,采用Mann-Whitney U检验比较, $P < 0.05$ 为差异存在统计学意义,将两组间有显著统计学差异的参数进行ROC分析。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较 共纳入早期圆锥角膜55例62眼,其中男41例47眼,女14例15眼,年龄为27(21, 32)岁。对照组共纳入110例110眼,其中男82例82眼,女28例28眼,年龄为24(21, 29)岁。两组患者年龄比较差异无统计学意义($Z = 0.802, P = 0.423$)。

2.2 两组患者角膜上皮层厚度比较

2.2.1 两组患者角膜上皮层厚度相关参数比较 早期圆锥角膜组Min_e值较对照组显著变薄,差异有统计学意义($P < 0.001$),Max_e值、Max-Min_e值、Std.Dev值较对照组均显著增大,差异均有统计学意义($P < 0.001$),见表1。

2.2.2 两组患者各分区平均角膜上皮厚度值比较 早期圆锥角膜组中央区、内环颞侧区、颞下区、下方区角膜上皮层平均厚度较对照组显著变薄,差异均有统计学意义($P_{中央区} = 0.041, P_{内环颞侧区} = 0.040, P_{内环颞下区} < 0.001, P_{内环下方区} < 0.001$);早期圆锥角膜组内环上方区、颞上区、鼻侧区、鼻上区、中环下方区、鼻下区、鼻侧区、外环下方区角膜上皮

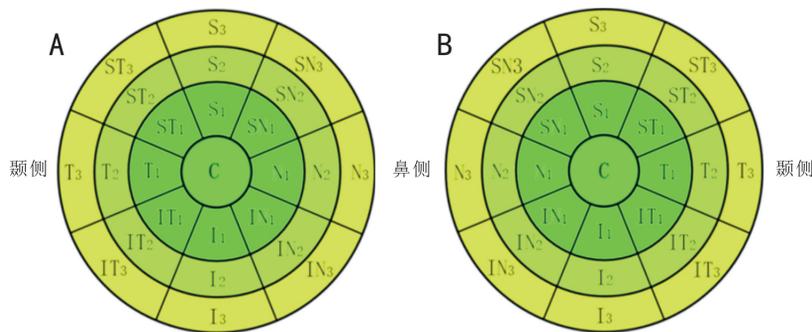


图1 角膜上皮层及角膜全层厚度地形图的分区 A:OD;B:OS。

表1 两组患者角膜上皮层厚度地形图参数比较

[$P_{50}(P_{25}, P_{75})$, μm]

分组	眼数	Min_e	Max_e	Std.Dev	Max-Min_e
早期圆锥角膜组	62	44.00(40.00,48.00)	63.00(60.00,65.00)	4.15(3.20,5.00)	18.50(14.00,24.00)
对照组	110	49.00(47.00,51.00)	58.00(55.00,59.00)	1.70(1.30,2.10)	8.00(6.00,10.00)
Z		-6.483	8.108	9.520	9.337
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:对照组:同期接受近视激光手术治疗的屈光不正患者;Min_e值:以瞳孔为中心7mm直径范围内的角膜上皮层最薄点厚度值;Max_e值:以瞳孔为中心7mm直径范围内的角膜上皮层最厚点厚度值;Std.Dev值:以瞳孔为中心7mm直径范围内的角膜上皮层厚度的标准差值;Max-Min_e值:以瞳孔为中心7mm直径范围内的角膜上皮层最厚点与最薄点的厚度差值。

表2 两组患者中央区及内环8个分区的角膜上皮层厚度比较

[$P_{50}(P_{25}, P_{75})$, μm]

分组	眼数	中央区	上方区	颞上区	颞侧区	颞下区	下方区	鼻下区	鼻侧区	鼻上区
早期圆锥角膜组	62	53.50 (51.00,57.00)	56.00 (53.00,57.00)	56.00 (53.00,58.00)	53.00 (51.00,56.00)	50.00 (47.00,53.00)	53.00 (50.00,55.00)	55.00 (53.00,58.00)	57.00 (55.00,60.00)	56.00 (54.00,58.00)
对照组	110	55.00 (53.00,56.00)	54.00 (52.00,56.00)	54.00 (52.00,56.00)	54.00 (53.00,56.00)	55.00 (53.00,57.00)	55.00 (53.00,57.00)	55.00 (53.00,57.00)	55.00 (53.00,57.00)	54.00 (52.00,56.00)
Z		-2.046	2.855	2.537	-2.052	-7.153	-4.958	0.313	4.171	3.718
P		0.041	0.004	0.001	0.040	<0.001	<0.001	0.754	<0.001	<0.001

注:对照组:同期接受近视激光手术治疗的屈光不正患者。

表3 两组患者中环8个分区的角膜上皮层厚度比较

[$P_{50}(P_{25}, P_{75})$, μm]

分组	眼数	上方区	颞上区	颞侧区	颞下区	下方区	鼻下区	鼻侧区	鼻上区
早期圆锥角膜组	62	52.50 (50.00,54.00)	53.50 (51.00,56.00)	55.00 (53.00,57.00)	54.00 (52.00,57.00)	56.00 (54.00,59.00)	57.00 (55.00,59.00)	55.00 (53.00,57.00)	54.00 (52.00,56.00)
对照组	110	51.00 (49.00,54.00)	53.00 (51.00,55.00)	54.00 (52.00,56.00)	54.00 (53.00,57.00)	55.00 (53.00,57.00)	55.00 (53.00,56.00)	55.00 (53.00,56.00)	53.00 (51.00,55.00)
Z		0.848	1.111	1.610	-0.973	2.843	4.019	1.991	0.837
P		0.397	0.267	0.107	0.331	0.004	<0.001	0.046	0.403

注:对照组:同期接受近视激光手术治疗的屈光不正患者。

表4 两组患者外环8个分区的角膜上皮层厚度比较

[$P_{50}(P_{25}, P_{75})$, μm]

分组	眼数	上方区	颞上区	颞侧区	颞下区	下方区	鼻下区	鼻侧区	鼻上区
早期圆锥角膜组	62	47.00 (44.00,50.00)	50.00 (47.00,53.00)	53.00 (51.00,55.00)	54.00 (52.00,56.00)	54.00 (52.00,57.00)	55.00 (53.00,57.00)	54.50 (53.00,57.00)	50.50 (48.00,53.00)
对照组	110	47.00 (44.00,49.00)	50.00 (48.00,52.00)	53.00 (51.00,55.00)	54.00 (52.00,56.00)	53.00 (51.00,56.00)	54.00 (52.00,56.00)	55.00 (53.00,56.00)	50.00 (48.00,52.00)
Z		0.662	-0.370	0.211	0.463	2.077	1.662	0.245	0.951
P		0.508	0.712	0.833	0.643	0.038	0.096	0.806	0.342

注:对照组:同期接受近视激光手术治疗的屈光不正患者。

层平均厚度较对照组显著增厚,差异均有统计学意义($P_{\text{内环上方区}} = 0.004$ 、 $P_{\text{内环颞上区}} = 0.001$ 、 $P_{\text{内环颞侧区}} < 0.001$ 、 $P_{\text{内环鼻上区}} < 0.001$ 、 $P_{\text{中环下方区}} = 0.004$ 、 $P_{\text{中环鼻下区}} < 0.001$ 、 $P_{\text{中环鼻侧区}} = 0.046$ 、 $P_{\text{外环下方区}} = 0.038$),见表2~4。

2.2.3 ROC分析 各参数中Std.Dev值及Max-Min_e值诊断效能较高(AUC=0.937、0.928),Max_e值、Min_e诊断效

能中等(AUC=0.871、0.797);25个分区中,内环颞下区(EIT₁)平均角膜上皮厚度值诊断效能中等(AUC=0.827),见图2。

2.3 两组患者角膜分区厚度值比较

2.3.1 两组患者各分区角膜厚度比较 早期圆锥角膜组25个分区各分区的角膜平均厚度值均显著薄于对照组,

表 5 两组患者中央区及内环 8 个分区的角膜全层厚度比较

[$P_{50}(P_{25}, P_{75}), \mu\text{m}$]

分组	眼数	中央区	上方区	颞上区	颞侧区	颞下区	下方区	鼻下区	鼻侧区	鼻上区
早期圆锥角膜组	62	496.00	549.00	540.50	515.50	503.50	508.50	524.50	536.50	551.00
对照组	110	536.00	573.50	564.50	553.00	551.00	553.50	558.50	564.00	573.00
		(476.00,519.00)	(529.00,577.00)	(517.00,563.00)	(496.00,539.00)	(480.00,524.00)	(488.00,531.00)	(500.00,547.00)	(513.00,559.00)	(528.00,572.00)
Z		-7.24	-4.478	-4.628	-6.61	-8.766	-8.406	-6.589	-5.215	-4.566
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:对照组:同期接受近视激光手术治疗的屈光不正患者。

表 6 两组患者中环 8 个分区的角膜全层厚度比较

[$P_{50}(P_{25}, P_{75}), \mu\text{m}$]

分组	眼数	上方区	颞上区	颞侧区	颞下区	下方区	鼻下区	鼻侧区	鼻上区
早期圆锥角膜组	62	604.50	588.50	552.50	537.50	555.00	571.00	580.00	598.00
对照组	110	623.00	605.00	585.00	586.50	595.50	600.50	602.00	615.00
		(579.00,628.00)	(561.00,603.00)	(530.00,574.00)	(521.00,566.00)	(530.00,581.00)	(544.00,598.00)	(553.00,605.00)	(570.00,624.00)
Z		-3.378	-3.591	-5.857	-7.652	-7.057	-5.168	-4.532	-3.813
P		0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:对照组:同期接受近视激光手术治疗的屈光不正患者。

表 7 两组患者外环 8 个分区的角膜全层厚度比较

[$P_{50}(P_{25}, P_{75}), \mu\text{m}$]

分组	眼数	上方区	颞上区	颞侧区	颞下区	下方区	鼻下区	鼻侧区	鼻上区
早期圆锥角膜组	62	640.00	624.50	595.50	600.00	612.00	617.50	619.50	643.50
对照组	110	670.00	650.50	624.50	632.50	641.50	650.00	650.00	665.00
		(617.00,671.00)	(596.00,654.00)	(573.00,612.00)	(576.00,627.00)	(588.00,644.00)	(601.00,650.00)	(604.00,648.00)	(613.00,663.00)
Z		-4.239	-4.252	-4.955	-4.842	-4.451	-4.116	-4.754	-4.500
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:对照组:同期接受近视激光手术治疗的屈光不正患者。

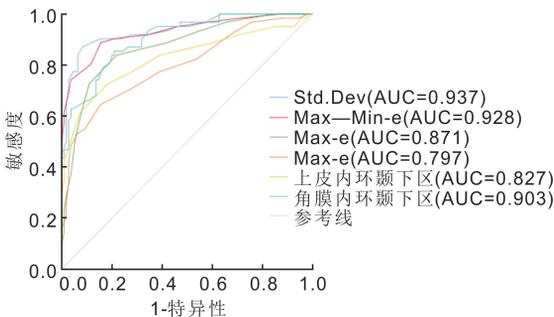


图 2 角膜上皮层及角膜全层厚度参数 ROC 分析 Std.Dev:以瞳孔为中心 7mm 直径范围内角膜上皮层厚度的标准差值;Max-Min_e:以瞳孔为中心 7mm 直径范围内角膜上皮层最厚点与最薄点的厚度差值;Max_e:以瞳孔为中心 7mm 直径范围内角膜上皮层最厚点厚度;Min_e:以瞳孔为中心 7mm 直径范围内角膜上皮层最薄点厚度。

差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 5~7。

2.3.2 ROC 分析 内环颞下区(CIT₁)平均角膜厚度值在 25 个分区中具有最高的诊断效能(AUC=0.903),见图 2。内环颞侧区、下方区、鼻下区及中环颞下区、下方区角膜平均厚度的诊断效能中等(AUC=0.804、0.886、0.803、0.852、0.824),其余分区诊断效能<0.800。

3 讨论

光学相干断层成像(OCT)是一种基于低相干干涉原理的非接触角膜成像技术,具有较高的轴向及横向分辨率,可精确测量角膜及角膜上皮层厚度^[10,13]。在既往对早期圆锥角膜患者角膜上皮层厚度参数在各研究中,结果并不一致。Li 等^[3]及 Toprak 等^[14]的研究中,Min_e 值在亚临床期圆锥角膜组较对照组显著减小,Std.Dev 值在亚临床期圆锥角膜组及顿挫型圆锥角膜组较对照组间显著

增大^[3,15]。Hwang 等^[16]的研究中,Min_e 值在顿挫型圆锥角膜组较对照组显著减小,Max-Min_e 值在顿挫型圆锥角膜组较对照组间显著增大。然而在其它的研究中^[8-9,17],角膜上皮层厚度参数 Min_e 值、Std.Dev 值、Max-Min_e 值及 Max_e 值在早期圆锥角膜组及对照组间无显著差异。既往的研究使用 OCT 测量早期圆锥角膜组 6mm 直径范围内的角膜上皮层厚度,OCT 软件自动生成 5mm 直径范围的角膜上皮层厚度参数^[3,8-10,16]。本研究 FD-OCT 联合宽角角膜适配镜头测量 9mm 直径范围的角膜上皮层厚度,FD-OCT 软件自动生成 7mm 直径范围上皮层厚度参数,测量范围较以往研究扩大。本组病例研究显示:Std.Dev 值、Max-Min_e 值及 Max_e 值在早期圆锥角膜组较对照组显著增高,Min_e 值较对照组显著减小,结果与 Li 等^[3]及 Hwang 等^[16]报道一致。这可能是扩大测量范围,7mm 直径角膜上皮层厚度参数在诊断早期圆锥角膜时表现更优异。

既往多项研究将角膜上皮层厚度地形图 2~5mm 区域均分为上下 2 个半环区域,下方 2~5mm 半环区域角膜上皮层平均厚度在圆锥角膜组较对照组显著变薄^[8,10-11]。Li 等^[10]的研究中,下方 2~5mm 半环区域诊断圆锥角膜组的 AUC 值为 0.64,诊断效能较差。Ostadian 等^[17]将 2~5mm 范围内的角膜上皮层厚度地形图均分为上方、下方、鼻侧、颞侧 4 个扇形区域,各区域角膜上皮层平均厚度在早期圆锥角膜组与对照组间无显著差别。本研究中,2~5mm 内环区域按轴向等分为 8 个扇形区域,分区较前增加。早期圆锥角膜组中央及颞下方区域角膜上皮层平均厚度较对照组显著变薄,其中内环颞下区(EIT₁)变薄最明显。诊断早期圆锥角膜时,EIT₁在 25 个分区中诊断效能最高(AUC=0.827)。据我们所知,这是首次将内环颞下

区角膜上皮厚度值用于诊断早期圆锥角膜,与既往研究中2~5mm下方半环区域相比,EIT₁值在诊断圆锥角膜时表现更优异,出现这种差异的原因可能是锥顶角膜上层变薄区域偏向颞下方,EIT₁变薄较内环其它区域更明显。

在圆锥角膜角膜全层厚度研究中,Hwang等^[16]发现顿挫型圆锥角膜组各个分区的角膜平均厚度值均显著薄于对照组,但是各分区角膜平均厚度值单独诊断顿挫型圆锥角膜时表现不佳。本研究中,早期圆锥角膜组各个分区的角膜平均厚度较对照组显著变薄,内环颞下区(CIT₁)平均角膜厚度值在25个分区中具有最高的诊断价值(AUC=0.903)。诊断效能的提高可能与两个研究中患者圆锥角膜分期不同相关。本研究仅纳入了Amsler-Krumeich分级为1级的圆锥角膜患者,对于顿挫型及亚临床期圆锥角膜等疾病的更早期阶段,角膜及角膜上皮厚度参数的诊断能力需进一步研究。

多项研究证实,使用FD-OCT测量角膜中央9mm直径范围内的角膜上皮厚度具有较好的可重复性^[18-20]。然而也有研究认为,受裂隙大小、眼睑压力等的影响,周边部角膜上皮厚度测量的准确性和可靠性较低^[21-22]。因此,虽然本研究显示7mm直径范围的角膜上皮厚度参数、内环颞下区角膜上皮平均厚度值及内环颞下区平均角膜厚度值可用于诊断早期圆锥角膜,周边部上皮厚度测量的准确性和可重复性仍然需进一步的研究。

参考文献

- 1 Lian Y, Shen M, Jiang J, et al. Vertical and horizontal thickness profiles of the corneal epithelium and Bowman's layer after orthokeratology. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54(1):691-696
- 2 中华医学会眼科学分会角膜病学组. 中国圆锥角膜诊断和治疗专家共识(2019年). *中华眼科杂志* 2019;55(12):891-895
- 3 Li Y, Chamberlain W, Tan O, et al. Subclinical keratoconus detection by pattern analysis of corneal and epithelial thickness maps with optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(2):284-295
- 4 Taneri S, Kiessler S, Rost A, et al. Corneal Ectasia After LASIK Combined With Prophylactic Corneal Cross-linking. *J Refract Surg* 2017;33(1):50-52
- 5 Bohac M, Koncarevic M, Pasalic A, et al. Incidence and Clinical Characteristics of Post LASIK Ectasia: A Review of over 30,000 LASIK Cases. *Semin Ophthalmol* 2018;33(7-8):869-877
- 6 Qin V, Saad A, Gatinel D. Unilateral Post-LASIK Ectasia and Contralateral Spontaneous Ectasia. *J Refract Surg* 2016;32(2):127-130
- 7 Reinstein DZ, Silverman RH, Sutton HF, et al. Very high-frequency ultrasound corneal analysis identifies anatomic correlates of optical complications of lamellar refractive surgery: anatomic diagnosis in lamellar surgery. *Ophthalmology* 1999;106(3):474-482
- 8 Catalan S, Cadarso L, Esteves F, et al. Assessment of Corneal Epithelial Thickness in Asymmetric Keratoconic Eyes and Normal Eyes Using Fourier Domain Optical Coherence Tomography. *J Ophthalmol*

- 2016;2016:5697343
- 9 Temstet C, Sandali O, Bouheraoua N, et al. Corneal epithelial thickness mapping using Fourier-domain optical coherence tomography for detection of forme fruste keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(4):812-820
- 10 Li Y, Tan O, Brass R, et al. Corneal epithelial thickness mapping by Fourier-domain optical coherence tomography in normal and keratoconic eyes. *Ophthalmology* 2012;119(12):2425-2433
- 11 Sella R, Zangwill LM, Weinreb RN, et al. Repeatability and Reproducibility of Corneal Epithelial Thickness Mapping With Spectral-Domain Optical Coherence Tomography in Normal and Diseased Cornea Eyes. *Am J Ophthalmol* 2019;197:88-97
- 12 Alió JL, Shabayek MH. Corneal higher order aberrations: a method to grade keratoconus. *J Refract Surg* 2006;22(6):539-545
- 13 Li Y, Meisler DM, Tang M, et al. Keratoconus diagnosis with optical coherence tomography pachymetry mapping. *Ophthalmology* 2008;115(12):2159-2166
- 14 Toprak I, Vega A, Alió Del Barrio JL, et al. Diagnostic Value of Corneal Epithelial and Stroma Thickness Distribution Profiles in Forme Fruste Keratoconus and Subclinical Keratoconus. *Cornea* 2021;40(1):61-72
- 15 Yang Y, Pavlatos E, Chamberlain W, et al. Keratoconus detection using OCT corneal and epithelial thickness map parameters and patterns. *J Cataract Refract Surg* 2021;47(6):759-766
- 16 Hwang ES, Perez - Straziota CE, Kim SW, et al. Distinguishing Highly Asymmetric Keratoconus Eyes Using Combined Scheimpflug and Spectral - Domain OCT Analysis. *Ophthalmology* 2018;125(12):1862-1871
- 17 Ostadian F, Farrahi F, Mahdian RA. Comparison of Corneal Epithelial Thickness Map Measured by Spectral Domain Optical Coherence Tomography in Healthy, Subclinical and Early Keratoconus Subjects. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2019;8(2):85-91
- 18 Latifi G, Mohammadi SS, Davoodabadi M. Longitudinal Epithelial Thickness Profile Changes 18 Months After Photorefractive Keratectomy. *Cornea* 2021;40(4):430-439
- 19 Ma JX, Wang L, Weikert MP, et al. Evaluation of the Repeatability and Reproducibility of Corneal Epithelial Thickness Mapping for a 9-mm Zone Using Optical Coherence Tomography. *Cornea* 2019;38(1):67-73
- 20 Mohr N, Shajari M, Krause D, et al. Pellucid marginal degeneration versus keratoconus: distinction with wide-field SD-OCT corneal sublayer pachymetry. *Br J Ophthalmol* 2020;105(12):1638-1644
- 21 Ma XJ, Wang L, Koch DD. Repeatability of corneal epithelial thickness measurements using Fourier - domain optical coherence tomography in normal and post-LASIK eyes. *Cornea* 2013;32(12):1544-1548
- 22 Lu NJ, Chen D, Cui LL, et al. Repeatability of Cornea and Sublayer Thickness Measurements Using Optical Coherence Tomography in Corneas of Anomalous Refractive Status. *J Refract Surg* 2019;35(9):600-605