

不同角膜形态在Pentacam测量中的差异分析



袁冬青^{1,2}, 钟 华³, 陈 琴^{1,2}

1. 江苏省人民医院眼科 (南京 210029)
2. 南京医科大学第一附属医院眼科 (南京 210029)
3. 昆明医科大学第一附属医院眼科 (昆明 650032)

【摘要】目的 探讨不同角膜形态在 Pentacam Scheimpflug 断层扫描结果中的差异及其辅助诊断角膜后表面高度异常的可行性。**方法** 选取 2020 年 4 月至 9 月在江苏省人民医院行角膜屈光手术术前检查的近视患者 120 例 (240 眼)。患者均进行了全面的眼部屈光度数检查, 并行 Pentacam 三维眼前节分析系统检查。选取 Pentacam 眼前节分析系统中角膜前表面曲率 (ASK)、后表面曲率 (PSK)、前表面散光 (AAstig)、后表面散光 (PAstig)、中央角膜厚度 (CCT)、角膜直径 (W-W)、角膜前表面差异图的偏差 (Df)、角膜后表面差异图的偏差 (Db)、角膜平均厚度进展的偏差 (Dp)、角膜最薄点的厚度偏差 (Dt)、Ambrosio 关联厚度参数偏差 (Da) 和总体正态性偏差 (BAD-Do) 共 12 个参数进行分析。根据角膜直径大小分组, 比较组间和组内差异, 分析 BAD-Do 的影响因素, 并建立多元线性回归模型。**结果** 根据角膜直径大小将 120 例患者分为四组。其中, A 组 (直径 ≤ 11.0 mm) 纳入 36 眼, B 组 (直径为 11.1~11.5 mm) 纳入 76 眼, C 组 (直径为 11.6~12.0 mm) 纳入 82 眼, D 组 (直径 > 12.0 mm) 纳入 46 眼。各组间的球镜度数、柱镜度数、角膜厚度差异无统计学意义。Pentacam 测量发现 PSK 在不同角膜直径组患者中差异具有统计学意义。在 BAD-Do 方面, 除 A、B 两组组间无差异外, 其余两两比较均显示组间差异具有统计学意义。将每组患者 BAD-Do 与 Pentacam 参数进行相关性分析发现, BAD-Do 与 PSK 存在低度相关 ($r=-0.27, P=0.001$), 与角膜直径存在弱相关 ($r=-0.39, P=0.001$), 但与屈光度数、角膜厚度等参数相关性无统计学意义 ($P > 0.05$)。**结论** 角膜形态学参数中角膜直径和 PSK 是影响 BAD-Do 的主要因素, 角膜直径越小的患者出现 BAD-Do 异常的可能性越大, 在 Pentacam 结果判读中需考虑角膜直径和 PSK 变化对结果的影响。

【关键词】 Pentacam; 角膜直径; 角膜后表面曲率; BAD-Do

Variation analysis and influencing factors in different corneal morphologies measured by the Pentacam system

Dong-Qing YUAN^{1,2}, Hua ZHONG³, Qin CHEN^{1,2}

1. Department of Ophthalmology, Jiangsu Province Hospital, Nanjing 210029, China

2. Department of Ophthalmology, The First Affiliated Hospital with Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202012042

基金项目: 国家自然科学基金 (81760170)

通信作者: 陈琴, 博士, 副主任医师, E-mail: chenqin@jshp.org.cn

<http://www.jnewmed.com>

3. Department of Ophthalmology, The First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming 650032, China

Corresponding author: Qin CHEN, E-mail: chenqin@jsph.org.cn

【Abstract】Objective To explore the variation in different corneal morphologies in Pentacam Scheimpflug tomography and the feasibility of assisting diagnosis of abnormal corneal posterior surface height. **Methods** In this retrospective study 120 myopia patients (240 eyes) who underwent preoperative examination of corneal refractive surgery in Jiangsu province hospital from April 2020 to September 2020 were selected. All patients had a comprehensive eye refractive power examination, and were examined by Pentacam three-dimensional anterior segment analysis system. The anterior surface curvature (ASK), posterior surface curvature (PSK), anterior surface astigmatism (AAstig), posterior surface astigmatism (PAstig), central corneal thickness (CCT), corneal diameter (W-W), deviation (Df) of corneal anterior surface difference map, deviation (Db) of corneal posterior surface difference map and progress of corneal average thickness were selected from Pentacam anterior segment analysis system. They were divided into four groups according to corneal diameter, and the differences between groups and within groups were compared. Spearman rank correlation analysis was used to explore the related influencing factors of BAD-Do (belin/ambrosio enhanced ectasia display-overall deviation of normality), and a multiple linear regression model was established to find the main influencing factors of BAD-Do. **Results** All patients included in the study were divided into four groups according to corneal diameter, including group A, B, C and D. There are 36 eyes in group A, 76 eyes in group B, 82 eyes in group C and 46 eyes in group D. There was no significant difference in refractive power between groups, that is, spherical power, cylindrical power and corneal thickness. Pentacam measurement showed that there were significant differences between PSK groups in patients with different corneal diameters. In the aspect of overall normal deviation BAD-Do, there were significant differences between group A, group C and D. There were also significant differences between group B, group C and D, but there is no significant difference between group A and group B. By analyzing the correlation between BAD-Do and Pentacam parameters in each group, it was found that BAD-Do had no statistical correlation with refractive power and corneal thickness ($P > 0.05$), but it had a low correlation with PSK ($r = -0.27$, $P = 0.001$). In addition, there was a weak correlation between BAD-Do value and corneal diameter ($r = -0.39$, $P = 0.001$). **Conclusion** Corneal diameter and posterior surface curvature are the main factors affecting BAD-Do. The smaller the corneal diameter, the more likely the patients will have BAD-Do abnormality. In the interpretation of Pentacam results, the influence of corneal diameter and corneal posterior surface curvature on the results should be considered.

【Keywords】 Pentacam; Corneal diameter; PSK; BAD-Do

Pentacam 眼前节全景仪是以 Scheimpflug 摄像原理为基础,光源为波长 475 μm 的二极管激光,采用 360° 旋转的测量探头进行眼前段的扫描,通过旋转摄像,可以得到 Scheimpflug 图像,根据测量数据计算分析并模拟眼前节的三维图像^[1-2]。Pentacam 不仅可以测量角膜前表面曲率,还可以

测量角膜后表面曲率,并通过与最佳拟合球面(best fit sphere, BFS)进行对比,预测角膜扩张情况,是圆锥角膜筛查和早期诊断的重要工具^[3-4]。圆锥角膜是一种角膜扩张性病变,通常表现为双侧、非对称性、进行性角膜扩张,其在 Pentacam 测量上表现为增强扩张图(belin/ambrosio enhanced

ectasia display, BAD) 结果异常^[5]。但是 BAD 结果与较多因素密切相关, 其中角膜厚度、角膜曲率和角膜直径等均被报道可影响结果判读^[6-8]。因此, 在实际临床工作中, 经常会遇到一些角膜屈光图、厚度图、高度图数据正常的眼在 Pentacam 系统中提示 BAD 异常, 且这些眼的角膜其他参数均不符合圆锥角膜的诊断, 可能会对临床医师筛查可疑圆锥角膜造成较大的困扰。本研究通过收集不同角膜直径患者相关资料, 分析其 pentacam 各项参数值的变化, 观察不同角膜形态参数对总体正态性偏差 (belin/ambrosio enhanced ectasia display-overall deviation of normality, BAD-Do) 值的影响, 并预测角膜的扩张趋势, 为圆锥角膜早期筛查提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取 2020 年 4 至 9 月在江苏省人民医院眼科行角膜屈光手术的近视患者 120 例 (240 眼)。纳入标准: ①患者无其他眼部疾病及全身病史; ②近两年屈光状态稳定; ③最佳矫正视力 ≥ 1.0 , 眼压正常范围; ④软性隐形眼镜停戴 1 周以上或硬性角膜接触镜停戴 3 周以上或塑形镜停戴 3 个月以上; ⑤术前裂隙灯检查和特殊检查均质量可靠。排除标准: ①角膜营养不良患者; ②有其他器质性眼病史或眼外伤史; ③结缔组织疾病、自身免疫性疾病等全身疾病者。本研究得到了江苏省人民医院伦理委员会的批准, 并遵循赫尔辛基宣言, 所有患者均被告知研究的目的和意义, 并签署知情同意书。

1.2 检查方法

采用 Pentacam 检查方法, 在暗室、自然瞳孔状态下完成测量。所有被检查者的测量必须在睡醒睁眼后大于 3 h, 且在 10:00 至 17:00 完成, 以避免生理节律的变化对角膜的影响。检测仪器采用 Pentacam 三维眼前节分析系统 (OCULUS, 德国)

利用单旋转 Scheimpflug 原理, 以特制的蓝色二极管为光源, 在不到 2 s 的时间内旋转 360°, 采集 25 幅 Scheimpflug 图像, 分析 138 000 个真实点的数据, 对角膜前表面、后表面、前房及晶状体进行定量测量。本研究中所有检测均由同一位操作者完成, 连续测量至少 3 次, 并取平均值。

采集的数据包括前表面曲率 (the anterior sim Ks, ASK)、后表面曲率 (the posterior sim Ks, PSK)、前表面散光 (the anterior astigmatism, AAstig)、后表面散光 (the posterior astigmatism, PAstig)、中央角膜厚度 (the central corneal thickness, CCT)、角膜直径 (white to white, W-W), 与 BFS 比较的角膜前表面差异图的偏差 (Df)、角膜后表面差异图的偏差 (Db)、角膜平均厚度进展的偏差 (Dp)、角膜最薄点的厚度偏差 (Dt)、Ambrosio 关联厚度参数偏差 (Da) 和 BAD-Do 共 12 项患者角膜形态学参数。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 17.0 统计软件包进行数据处理。首先对所采集数据进行正态分布检验 (Kolmogorov-Smirnov 检验), $P > 0.05$ 时服从正态分布。参数采用均数和标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示, 组间数据比较采用 Kruskal-Wallis H 检验, 两两比较采用 LSD 法。BAD-Do 与 Pentacam 参数间的相关性采用 Pearson 相关分析及线性回归分析进行数据处理, 以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

本研究共纳入 120 人 (240 眼), 其中男性 65 人 (54.2%)、女性 55 人 (45.8%), 平均年龄为 23.4 ± 5.7 岁 (范围: 18~43 岁)。根据角膜直径的大小, 将 240 眼分为 A、B、C、D 四组^[9] (表 1), 其中角膜直径 ≤ 11.0 mm 为 A 组, 共 36 眼; 直径在 11.1~11.5 mm 为 B 组, 共 76 眼; 直径在 11.6~12.0 mm 为 C 组, 共 82 眼; 直径

表1 各组近视患者眼角膜形态学参数比较

Table 1. Comparison of parameters of corneal morphology of eyes with myopia in each group

参数	分组				F值	P值
	A组 (n=36)	B组 (n=76)	C组 (n=82)	D组 (n=46)		
球镜度数 (D)	-5.39 \pm 2.36	-5.78 \pm 2.17	-5.18 \pm 2.24	-5.39 \pm 2.35	1.317	0.269
柱镜度数 (D)	-2.13 \pm 0.97	-2.45 \pm 1.02	-2.27 \pm 0.98	-2.26 \pm 1.01	1.465	0.225
角膜厚度	539.67 \pm 30.11	539.83 \pm 27.02	541.10 \pm 29.19	537.36 \pm 27.10	0.227	0.877

> 12.0 mm 为 D 组, 共 46 眼。其中, A 组平均年龄为 23.5 ± 5.2 岁, B 组平均年龄为 23.3 ± 4.9 岁, C 组和 D 组的平均年龄分别为 23.6 ± 6.4 岁和 23.4 ± 5.5 岁。各组在年龄、性别、球镜度数、柱镜度数和角膜厚度等方面无统计学差异。

2.2 Pentacam 测量所得角膜参数

除 Dt 外, 不同角膜直径组在 Pentacam 测量所得角膜参数上均存在差异 (表 2)。通过 LSD

法进一步两两比较结果显示 (图 1), ASK 除在 C、D 组间差异不显著外, 其余不同组间差异均有统计学意义。PSK 方面, 4 组两两之间均有差异。AAstig 仅 A 与 B 组间、C 与 D 组间差异不显著外, 其余不同组间差异均有统计学意义。PAstig 方面, C 组和 A、B、D 组均有显著差异, 但其他各组之间差异无统计学意义。Df 方面, A、B 组分别与 C、D 组间差异存在统计学意义, 但 A

表2 各组近视患者Pentacam参数比较

Table 2. Comparison of Pentacam parameters of myopia patients in each group

参数	分组				F值	P值
	A组 (n=36)	B组 (n=76)	C组 (n=82)	D组 (n=46)		
ASK (D)	43.79 ± 0.62	43.33 ± 0.76	42.98 ± 0.72	43.23 ± 0.75	12.44	<0.001
PSK (D)	-6.44 ± 0.07	-6.35 ± 0.09	-6.30 ± 0.06	-6.20 ± 0.05	85.02	<0.001
AAstig (D)	1.85 ± 0.80	1.69 ± 0.74	1.47 ± 0.53	1.34 ± 0.46	5.837	0.001
PAstig (D)	0.62 ± 0.18	0.61 ± 0.12	0.70 ± 0.12	0.60 ± 0.16	7.180	<0.001
Df	1.50 ± 1.94	1.18 ± 1.58	0.63 ± 1.35	0.11 ± 1.11	7.931	<0.001
Db	1.35 ± 1.77	0.64 ± 1.37	0.58 ± 1.14	0.58 ± 0.90	3.492	0.016
Dp	1.47 ± 1.98	0.89 ± 1.16	0.76 ± 1.39	0.20 ± 1.21	5.759	0.001
Dt	-0.22 ± 1.25	-0.43 ± 1.13	-0.16 ± 1.10	-0.10 ± 0.91	1.164	0.324
Da	-0.35 ± 1.43	-0.13 ± 1.09	0.30 ± 1.02	0.10 ± 0.91	3.654	0.013
BAD-Do	1.41 ± 0.83	1.35 ± 0.81	0.83 ± 0.86	0.42 ± 0.86	15.98	<0.001

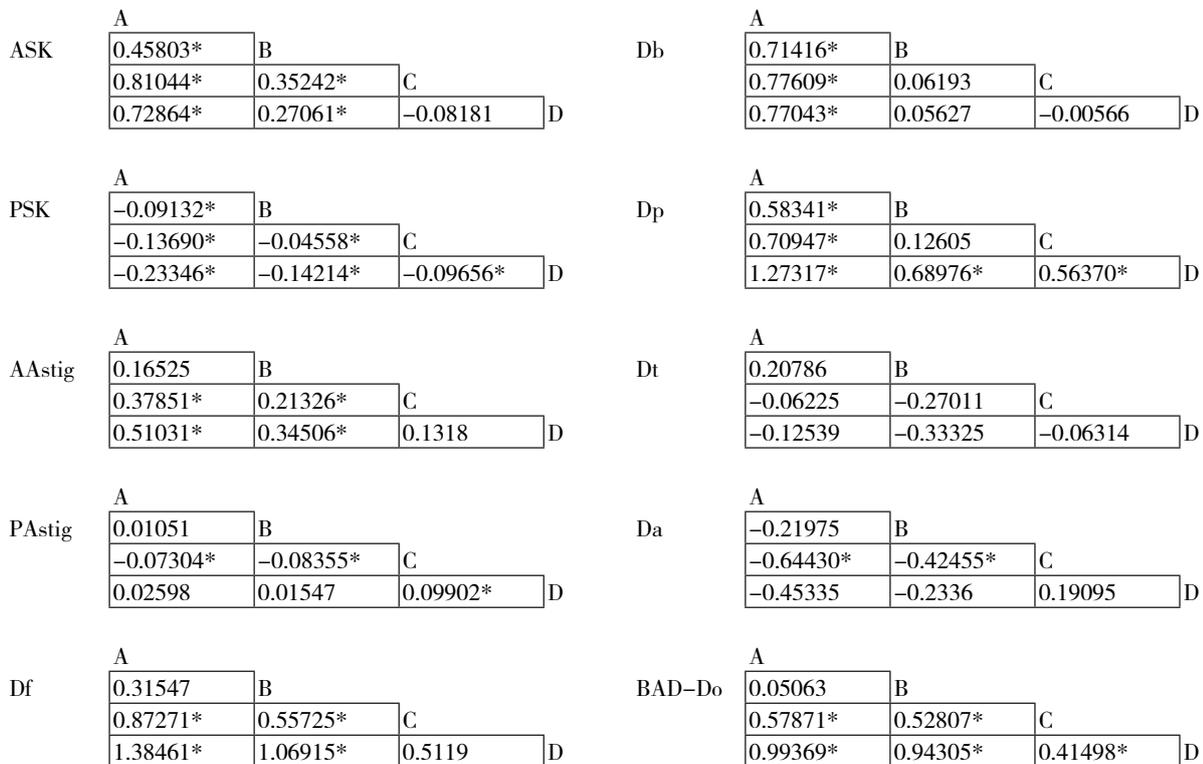


图1 Pentacam各参数在不同角膜直径组间的两两比较

Figure 1. Pairwise comparison of Pentacam parameters in different corneal diameter groups

注: 图中数值为两组间均数差, *表示差异有统计学意义

组与B组,C组与D组之间无显著差异。Db方面,A组与B、C、D组均存在显著差异,但其他组之间差异不具有统计学意义。Dp方面,除B、C组间差异不显著外,其他组间差异均有统计学意义。Da方面,仅A、B组与C组间存在显著差异,其他组间未见明显差异。BAD-Do方面,仅A、B组间无统计学差异。

2.3 BAD-Do值与Pentacam其他参数间的相关关系

对各组及所有患者的BAD-Do与角膜形态学参数进行相关分析,结果见图2。BAD-Do与

屈光度数、角膜厚度等参数在统计学上均无相关性($P > 0.05$),但其与PSK存在低度相关($r=-0.27, P=0.001$),与角膜直径存在弱相关($r=-0.39, P=0.001$)。以BAD-Do为因变量,以角膜形态学参数为自变量,建立的多元线性回归分析模型,采用逐步回归法进行变量筛选后,独立影响共线性诊断结果显示,PSK与BAD-Do有线性回归关系($t=-4.399, P < 0.001$)。判定系数 $R^2=0.073$,调整后判定系数 $R^2=0.069$ 。经逐步拟合,最优回归方程为 $\bar{Y} = -14.956 - 2.527X$,其中 \bar{Y} 代表BAD-Do, X代表PSK,见表3。

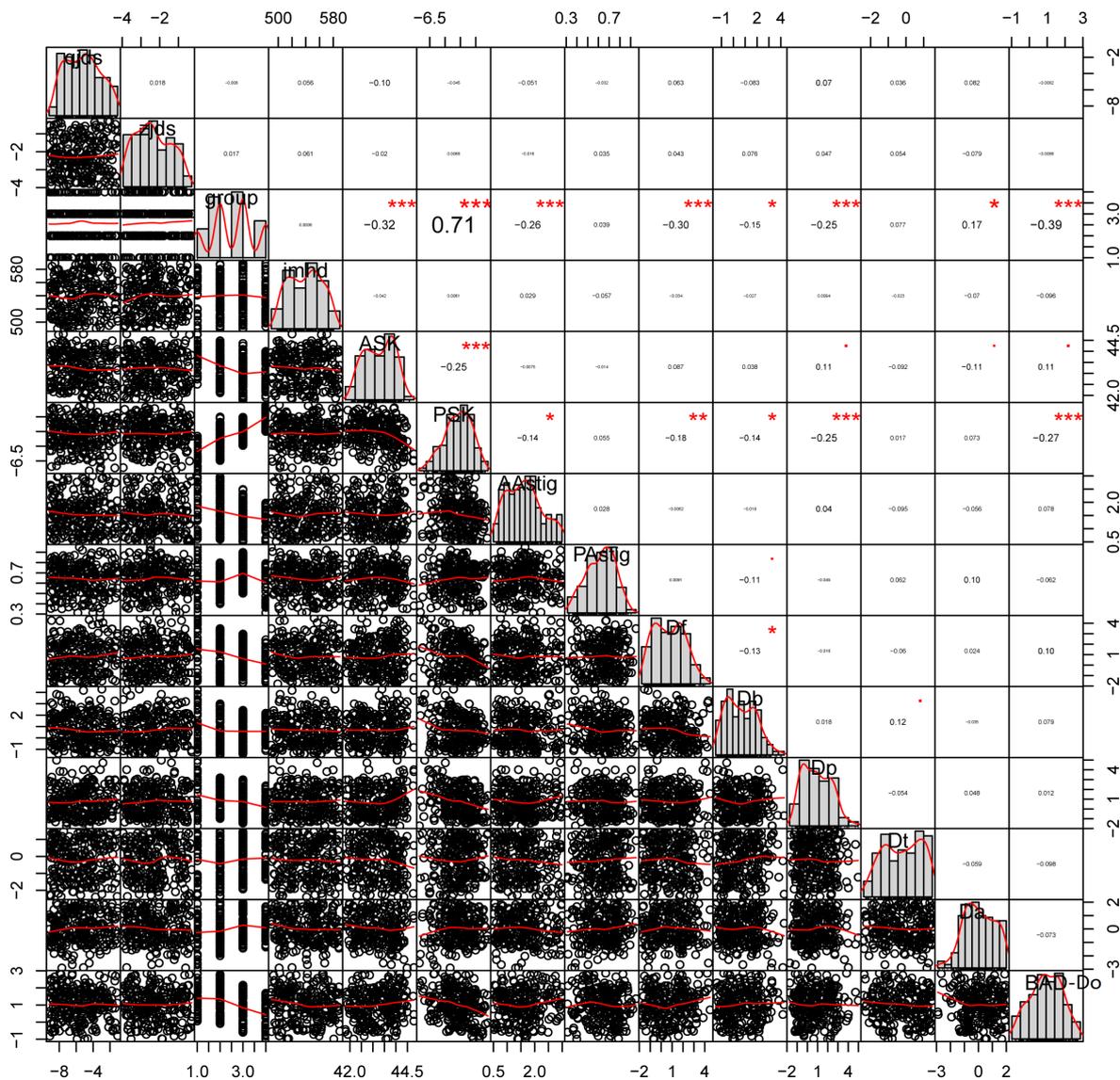


图2 BAD-Do与角膜形态学参数的相关分析

Figure 2. Correlation analysis between BAD-Do and corneal morphological parameters

注: qjds表示球镜度数, zjds表示柱镜度数, group表示角膜分组, jmhd表示中央角膜厚度, ASK表示角膜前表面曲率, PSK表示后表面曲率, AAstig表示前表面散光, PAstig表示后表面散光, Df表示角膜前表面差异图的偏差, Db表示角膜后表面差异图的偏差, Dp表示角膜平均厚度进展的偏差, Dt表示角膜最薄点的厚度偏差, Da表示Ambrosio关联厚度参数偏差, BAD-Do表示总体正态性偏差。
*表示 $P < 0.05$; **表示 $P < 0.01$; ***表示 $P < 0.001$ 。

表3 调整后BAD-Do与角膜形态学参数PSK的相关性

Table 3. Correlation between adjusted BAD-Do and corneal morphological parameters PSK

模型	未标准化系数		标准化系数		t值	P值	95% CI
	B	标准误差	Beta				
1	常量	-14.956	3.679		-4.065	<0.001	(-22.204, -7.708)
	PSK	-2.527	0.582	-0.271	-4.339	<0.001	(-3.674, -1.379)

因变量: BAD-Do; 回归方程: $\bar{Y} = -14.956 - 2.527X$

3 讨论

Pentacam 检查是屈光手术术前检查的重要工具,可精确测量角膜前后表面的曲率和角膜直径等参数,并通过与 BFS 进行比较,从而得到准确的角膜后表面高度等各项重要参数。但是,目前 Pentacam 测量仪是以 BFS 直径为 8.0 mm 为对比的,且 BFS 的曲率随着角膜直径尺寸的扩大而增加^[10]。除了屈光四图以外,Scheimpflug 系统还提供了几种用于扩张检测的标准化指标,包括 BAD。前期有研究发现,中国患者的角膜直径比白种人患者小,通过 Scheimp 断层扫描测量,角膜直径 ≤ 11 mm 的占比为 9% 至 13%,角膜直径为 11 至 12 mm 的占比为 75% 至 78%,角膜直径 ≥ 12 mm 的占比为 9% 至 16%^[11-12]。因此,对于角膜相对较小(如 ≤ 11 mm)或较大(如 ≥ 12 mm)的眼睛,其与 BFS(直径 8.0 mm)比较可能会导致 BAD 结果的异常。因此,比较不同角膜直径间的 BAD,并找到相关影响因素和线性关系是目前亟待解决的问题。本研究采用 Pentacam 眼前节分析仪测量拟手术的患者角膜形态学参数,并根据测量的角膜直径进行分组,分析 BAD-Do 与角膜直径之间的关系,结果发现,BAD-Do 与角膜直径呈负相关,角膜直径越小,BAD-Do 结果越大,且在不同角膜直径中,BAD-Do 与 PSK 也存在负相关。

前期有研究发现,BAD 是识别圆锥角膜和临床前期圆锥角膜的最佳 Pentacam 指标之一^[13-15]。但是在临床实际中,很多患者 Pentacam 检查发现 BAD 可能异常,但通过详细的临床检查和角膜生物力学检查证实正常,推测角膜直径的大小和角膜曲率的较大变化可能会影响 BAD 的检测结果。本研究发现,在角膜直径 < 11 mm 的患者中,其 BAD-Do 的值较角膜直径 > 11.5 mm 组的患者明显增大,角膜直径越小的患者,其发生 BAD-Do

异常的可能性较角膜直径大的患者更大。因此,将角膜直径大小作为附加变量纳入 BAD 的计算中,并分析它们的相关关系和角膜直径在其中的权重是临床医生需解决的问题。临床工作中为了排除小角膜直径对 BAD 的影响,同时甄别是否存在亚临床期圆锥角膜的风险,不仅仅应检测角膜形态学参数,同时还要对患者进行角膜生物力学的检查,最大程度的避免可能发生的误诊和漏诊。

已知的 Pentacam 检查仪中已经导入了亚洲人群的基线数据,且其中 BFS 是以直径为 8 mm 作为正常对照进行计算,但对于小角膜患者,其中央角膜的直径范围较 8 mm 可能偏小,因此,在与 BFS 进行比较时,其周边角膜曲率和厚度的变化可能被纳入了与 BFS 的比较范围内,从而导致计算结果出现偏差。本研究发现,角膜直径最小组的患者其 BAD-Do 值最大,且 BAD-Do 与角膜直径呈低度负相关,推测可能是由于角膜直径减小,排除中央 3.5 mm 后,3.5~8.0 mm 区域内的有效高度与健康人群有效高度存在偏差,所得结果更倾向于可疑圆锥角膜后表面高度特点,但不能真实客观反映角膜后表面是否有锥形改变。有研究表明,平均形态的 BFS 不能准确描述单个体的角膜情况,而根据角膜最薄点为中心、直径 3.5~8.0 mm 区域内的有效高度信息计算得到的增强型后表面高度 BFS 效果更佳^[16]。这与本研究结果基本一致,出现这种现象的原因可能是由于排除了中央 3.5 mm 以外的高度数据后 8 mm 内的高度值在正常角膜中不会对 BFS 造成影响,但对于圆锥角膜患者或者临床前期圆锥角膜患者,其中央区域以外的高度数据会显著影响与 BFS 比较的结果。

本研究还发现角膜后表面曲率 PSK 在不同角膜直径患者组间有明显差异,表面曲率越高,出现后表面高度异常的可能性越大。此外,研究还发现 PSK 与 BAD-Do 值呈弱负相关。在圆锥角膜

的排除检查中,我们特别关注患者角膜后表面高度的变化,其过高是诊断亚临床期或者顿挫型圆锥角膜的重要依据^[17]。对于角膜后表面曲率 PSK 而言,角膜直径越小,代表角膜最薄点至角膜周边的距离越短,角膜中央至角膜周边的曲率变化越快,因此,PSK 在小角膜患者中会显示出更大的结果。对于 BAD-Do 而言,PSK 的变化可以反映患者角膜后表面高度的变化,PSK 越大,角膜后表面高度异常的可能性越高,BAD-Do 显示可疑或异常的风险越大。因此,在 Pentacam 的结果判读中,临床医师需要考虑 PSK 对总体结果的影响,而不能单纯依据 BAD-Do 值来判断患者是否存在可疑圆锥角膜。

本研究也存在一定的局限性。其一,Pentacam 检查提供了多方面多层次的数据信息,其中还包括厚度进展指数(PPI)、Ambrósio 的最大相关厚度指数(ARTMax)等,这些数据结果也可能在一定程度上影响结果判读,因此,在后续的研究中,应纳入更多的数据指标,进一步完善角膜形态学参数差异对 Pentacam 结果的影响;其二,本研究根据角膜直径的大小直接分组,未予明确角膜直径大小具体数值与 BAD 值的相关关系,后续研究应进一步扩大样本量,将角膜直径等参数以量化的形式,分析 BAD 值相关性及其在 Pentacam 检查结果判读中的权重。

综上所述,角膜直径的大小与 Pentacam 检查中 BAD 密切相关,且角膜后表面曲率 PSK 也在一定程度上影响结果的判读。因此,临床医师在评估屈光手术前 Pentacam 检查结果时,除考虑患者屈光度数、角膜厚度和角膜后表面高度等方面以外,仍需进一步关注患者角膜直径的大小,如 BAD 值提示异常,需结合全面的眼部临床检查和角膜生物力学检查进行综合评估,从而有效排除手术禁忌,提高手术的远期安全性。

参考文献

- Motlagh MN, Moshirfar M, Murri MS, et al. Pentacam corneal tomography for screening of refractive surgery candidates: a review of the literature, part I[J]. Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol, 2019, 8(3): 177–203.
- Hashemi H, Heydarian S, Ali Yekta A, et al. Agreement between pentacam and handheld auto-refractor/keratometer for keratometry measurement[J]. J Optom, 2019, 12(4): 232–239. DOI: [10.1016/j.optom.2019.06.001](https://doi.org/10.1016/j.optom.2019.06.001).
- Ruiseñor Vázquez PR, Galletti JD, Minguez N, et al. Pentacam scheimpflug tomography findings in topographically normal patients and subclinical keratoconus cases[J]. Am J Ophthalmol, 2014, 158(1): 32–40.e2. DOI: [10.1016/j.ajo.2014.03.018](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2014.03.018).
- Chan E, Chong EW, Lingham G, et al. Prevalence of keratoconus based on scheimpflug imaging: the raine study[J]. Ophthalmology, 2021, 128(4): 515–521. DOI: [10.1016/j.ophtha.2020.08.020](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2020.08.020).
- Hashemi H, Beiranvand A, Yekta A, et al. Pentacam top indices for diagnosing subclinical and definite keratoconus[J]. J Curr Ophthalmol, 2016, 28(1): 21–26. DOI: [10.1016/j.joco.2016.01.009](https://doi.org/10.1016/j.joco.2016.01.009).
- Sorkin N, Ohri A, Jung H, et al. Factors affecting central corneal thickness measurement agreement between Scheimpflug imaging and ultrasound pachymetry in keratoconus[J]. Br J Ophthalmol, 2020, [bjophthalmol-2020-317111](https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2020-317111). DOI: [10.1136/bjophthalmol-2020-317111](https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2020-317111).
- Yu AY, Shao H, Pan A, et al. Corneal biomechanical properties in myopic eyes evaluated via Scheimpflug imaging[J]. BMC Ophthalmol, 2020, 20(1): 279. DOI: [10.1186/s12886-020-01530-w](https://doi.org/10.1186/s12886-020-01530-w).
- 曹开伟, 刘李娜, 孙煜林, 等. 不同角膜直径对 Pentacam 角膜地形图中 BAD 系统关于角膜扩张分析结果的影响[J]. 中华眼科杂志, 2020, 56(10): 761–767. DOI: [10.3760/cma.j.cn.112142-20200220-00093](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn.112142-20200220-00093). [Cao KW, Liu LN, Sun YL, et al. The influence of different corneal diameters on Belin/Ambrosio enhanced ectasia display of Pentacam corneal topography[J]. Zhonghua Yan Ke Za Zhi, 2020, 56(10): 761–767.]
- Ding L, Wang J, Niu L, et al. Pentacam scheimpflug tomography findings in chinese patients with different corneal diameters[J]. J Refract Surg, 2020, 36(10): 688–695. DOI: [10.3928/1081597X-20200730-02](https://doi.org/10.3928/1081597X-20200730-02).
- Piñero DP, Saenz González C, Alió JL. Intraobserver and interobserver repeatability of curvature and aberrometric measurements of the posterior corneal surface in normal eyes using Scheimpflug photography[J]. J Cataract Refract Surg, 2009, 35(1): 113–120. DOI: [10.1016/j.jcrs.2008.10.010](https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.10.010).
- Qin B, Tang M, Li Y, et al. Anterior segment dimensions in Asian and Caucasian eyes measured by optical coherence

- tomography[J]. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*, 2012, 43(2): 135–142. DOI: [10.3928/15428877-20120102-03](https://doi.org/10.3928/15428877-20120102-03).
- 12 王子杨, 杨文利, 李栋军, 等. 新型生物测量仪 Pentacam AXL、IOLMaster 700 与 IOLMaster 500 对白内障眼部生物学参数测量的比较[J]. *中华眼科杂志*, 2019, 55(7): 515–521. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2019.07.007](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2019.07.007). [Wang ZY, Yang WL, Li DJ, et al. Comparison of biometry with the Pentacam AXL, IOLMaster 700 and IOLMaster 500 in cataract patients[J]. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2019, 55(7): 515–521.]
- 13 Thulasidas M, Teotia P. Evaluation of corneal topography and tomography in fellow eyes of unilateral keratoconus patients for early detection of subclinical keratoconus[J]. *Indian J Ophthalmol*, 2020, 68(11): 2415–2420. DOI: [10.4103/ijo.IJO_2129_19](https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_2129_19).
- 14 Hashemi H, Pakzad R, Heydarian S, et al. Global and regional prevalence of strabismus: a comprehensive systematic review and meta-analysis[J]. *Strabismus*, 2019, 27(2): 54–65. DOI: [10.1080/09273972.2019.1604773](https://doi.org/10.1080/09273972.2019.1604773).
- 15 Sedaghat MR, Momeni-Moghaddam H, Ambrósio R Jr, et al. Diagnostic ability of corneal shape and biomechanical parameters for detecting frank keratoconus[J]. *Cornea*, 2018, 37(8): 1025–1034. DOI: [10.1097/ICO.0000000000001639](https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000001639).
- 16 Baradaran-Rafii A, Motevasseli T, Yazdizadeh F, et al. Comparison between two scheinpflug anterior segment analyzers[J]. *J Ophthalmic Vis Res*, 2017, 12(1): 23–29. DOI: [10.4103/jovr.jovr_104_16](https://doi.org/10.4103/jovr.jovr_104_16).
- 17 Zhang M, Zhang F, Li Y, et al. Early diagnosis of keratoconus in Chinese myopic eyes by combining corvis st with pentacam[J]. *Curr Eye Res*, 2020, 45(2): 118–123. DOI: [10.1080/02713683.2019.1658787](https://doi.org/10.1080/02713683.2019.1658787).

收稿日期: 2020 年 12 月 08 日 修回日期: 2021 年 02 月 26 日
本文编辑: 李阳 曹越

引用本文: 袁冬青, 钟华, 陈琴. 不同角膜形态在 Pentacam 测量中的差异分析[J]. *医学新知*, 2021, 31(3): 161–168. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202012042](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202012042)
Yuan DQ, Zhong H, Chen Q. Variation analysis and influencing factors in different corneal morphologies measured by the Pentacam system[J]. *Yixue Xinzhi Zazhi*, 2021, 31(3): 161–168. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202012042](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202012042)