

iTrace 和 Pentacam 及 LOCS III 参数在晶状体混浊程度评估中的相关性

罗家伟¹, 季敏¹, 秦苗苗², 李鹏飞¹, 管怀进¹

引用: 罗家伟, 季敏, 秦苗苗, 等. iTrace 和 Pentacam 及 LOCS III 参数在晶状体混浊程度评估中的相关性. 国际眼科杂志 2023; 23(1):147-152

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (No. 81974129, 82171038)

作者单位:¹(226001) 中国江苏省南通市, 南通大学附属医院眼科研究所, 南通大学医学院;²(223001) 中国江苏省淮安市第一人民医院眼科

作者简介: 罗家伟, 男, 毕业于南京医科大学, 南通大学在读博士研究生, 住院医师, 研究方向: 白内障分子病理学。

通讯作者: 管怀进, 男, 毕业于中山大学, 硕士, 教授, 主任医师, 博士研究生导师, 研究方向: 白内障与防盲治盲、眼分子生物学。guanhjeye@163.com

收稿日期: 2022-04-17 修回日期: 2022-12-19

摘要

目的: 分析 iTrace 视功能分析仪和 Pentacam 三维眼前节分析系统及晶状体混浊分级系统 III (LOCS III) 在年龄相关性白内障 (ARC) 患者晶状体混浊评估中的相关性。

方法: 前瞻性横断面研究。纳入 2021-05/08 本院眼科的 ARC 患者 104 例 104 眼。裂隙灯行 LOCS III 分级; iTrace 获取晶状体混浊地形图分级 (OMG) 和晶状体功能失调指数 (DLI); Pentacam 获取核分级 (PNS) 和 Scheimpflug 图像, ImageJ 测量 Scheimpflug 图像各区域的累积光密度 (IntDen)。SPSS 26.0 分析参数正态性和相关性。

结果: 各参数除 3mm 范围 IntDen 和 6mm 范围后囊区 IntDen 外均正态分布。PNS 与 NC、NO 均正相关 ($r = 0.521, 0.440$, 均 $P < 0.01$)。3mm 范围 IntDen 与 NC、NO 均正相关 ($r_s = 0.459, 0.450$, 均 $P < 0.01$)。3mm 范围核区 IntDen 与 NC、NO 均正相关 ($r = 0.539, 0.543$, 均 $P < 0.01$)。3mm 范围后囊区 IntDen 与 NC、NO 均负相关 ($r = -0.315, -0.321$, 均 $P < 0.01$)。6mm 范围 IntDen 与 NC、NO 均正相关 ($r = 0.321, 0.288$, 均 $P < 0.01$)。3mm 范围 DLI 与 NC、NO、PSC 均负相关 ($r = -0.257, -0.234, -0.282$, 均 $P < 0.01$)。6mm DLI 与 NC、NO、PSC 均负相关 ($r = -0.247, -0.304, -0.227$, 均 $P < 0.05$)。3mm 范围 OMG 与 CC、PSC 均正相关 ($r = 0.268, 0.333$, 均 $P < 0.01$)。6mm 范围 OMG 与 CC、PSC 均正相关 ($r = 0.275, 0.245$, 均 $P < 0.05$)。3mm 范围 DLI 与 PNS、3mm 范围核区 IntDen 均负相关 ($r = -0.217, -0.197$, 均 $P < 0.05$)。

结论: 三种晶状体混浊评价系统各有优势, 将各参数结合可更客观地评价晶状体各区混浊, 为临床提供参考。

关键词: Pentacam 三维眼前节分析系统; 晶状体混浊分级系统 III (LOCS III); iTrace 视功能分析仪; 年龄相关性白内障

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.1.29

Correlations among parameters of iTrace, Pentacam and lens opacities classification system III in lens opacity assessment

Jia-Wei Luo¹, Min Ji¹, Miao-Miao Qin², Peng-Fei Li¹, Huai-Jin Guan¹

Foundation items: National Natural Science Foundation of China (No.81974129, 82171038)

¹Eye Institute, Affiliated Hospital of Nantong University; Medical School of Nantong University, Nantong 226001, Jiangsu Province, China; ²Department of Ophthalmology, Huai'an First People's Hospital, Huai'an 223001, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Huai - Jin Guan. Eye Institute, Affiliated Hospital of Nantong University; Medical School of Nantong University, Nantong 226001, Jiangsu Province, China. guanhjeye@163.com

Received:2022-04-17 Accepted:2022-12-19

Abstract

• AIM: To analyze the correlations among parameters from iTrace visual function analyzer, Pentacam 3D anterior segment analysis system and lens opacities classification system (LOCS) III in the assessment of lens opacity of age-related cataract (ARC) patients.

• METHODS: A prospective cross-sectional study. A total of 104 ARC patients (104 eyes) in the department of ophthalmology of our hospital from May to August, 2021 were included. The cataracts of patients were graded based on LOCS III using a slit-lamp. Opacity map grade (OMG) and dysfunctional lens index (DLI) were obtained by iTrace. Pentacam nucleus staging (PNS) and Scheimpflug images of lenses were acquired by Pentacam. The regional integrated density (IntDen) of Scheimpflug images was obtained by ImageJ. The normality and correlations of parameters were analyzed by SPSS 26.0.

• RESULTS: All the parameters were normally distributed except 3mm IntDen and IntDen of 6mm posterior subcapsular region. PNS positively correlated with nuclear color (NC) and nuclear opalescence (NO) ($r = 0.521, 0.440$, all $P < 0.01$). The 3mm IntDen positively correlated with NC and NO ($r_s = 0.459, 0.450$, all $P < 0.01$). IntDen of 3mm nucleus region positively correlated with NC and NO ($r = 0.539, 0.543$, all $P < 0.01$). IntDen of 3mm posterior subcapsular region was negatively correlated with NC and NO ($r = -0.315, -0.321$, all $P < 0.01$). 6mm IntDen positively correlated with NC and NO ($r = 0.321, 0.288$, all $P < 0.01$).

3mm DLI negatively correlated with NC, NO, and posterior subcapsular cataract (PSC) ($r = -0.257, -0.234, -0.282$, all $P < 0.01$). 6mm DLI negatively correlated with NC, NO, PSC ($r = -0.247, -0.304, -0.227$, all $P < 0.05$). 3mm OMG positively correlated with CC and PSC ($r = 0.268, 0.333$, all $P < 0.01$), and 6mm OMG positively correlated with CC and PSC ($r = 0.275, 0.245$, all $P < 0.05$). 3mm DLI negatively correlated with PNS and IntDen of 3mm nucleus region ($r = -0.217, -0.197$, all $P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** Each lens opacity assessment system had its own advantages. Taking all parameters into comprehensive consideration is conducive to objectively evaluate the opacity degree of each area of the lens and provide references for clinical work.

• **KEYWORDS:** Pentacam 3D anterior segment analysis system; lens opacities classification system III (LOCS III); iTrace visual function analyzer; age-related cataract

Citation: Luo JW, Ji M, Qin MM, et al. Correlations among parameters of iTrace, Pentacam and lens opacities classification system III in lens opacity assessment. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023;23(1):147-152

0 引言

白内障是目前全球首位的致盲性眼病,其最常见的类型之一是年龄相关性白内障(age-related cataract, ARC)^[1]。目前ARC唯一有效的治疗方法仍是手术,而客观准确地评价ARC患者晶状体的混浊程度是制定手术方案和判断预后的关键。当前评价白内障混浊程度的方法可分为主观分级法与客观测量法^[2]。

晶状体混浊分级系统III(lens opacities classification system III, LOCS III)是目前临床运用最广泛的主观分级法^[3]。LOCS III分级法需要医生借助裂隙灯显微镜观察患者晶状体,根据标准图例对晶状体的皮质、核、后囊混浊程度进行分级,对医生诊断水平要求较高,很难进行客观的评价。此外,近年来还出现了几种客观测量白内障混浊程度的方法。

Pentacam是由德国Oculus公司开发的眼前节分析系统^[4]。它使用旋转LED光源(波长475nm)通过Scheimpflug照相系统对散大瞳孔后的眼前节进行扫描照相,并根据Scheimpflug照片的光密度对眼前节进行3D建模。其内置的Pentacam核分级(pentacam nucleus staging, PNS)功能可在0~5级的范围内判断白内障核硬度,同时可导出25/50张眼前节Scheimpflug照片,以供后续分析^[5-6]。

iTrace视功能分析仪可投射256个平行近红外光束到视网膜上,并检测反射回的激光束所携带的信息(如光线位移和能量衰减)。综合计算上述数据得出晶状体功能失调指数(dysfunctional lens index, DLI)和晶状体混浊地形图混浊分级(opacity map grade, OMG),可反映晶状体功能和混浊程度。DLI范围为0~10分,评分越低,测量区域内的晶状体混浊程度越高^[7]。OMG范围为0~5级,评级越高,测量区域内的晶状体混浊程度越高。

本研究分析了PNS、Scheimpflug图像的区域累积光密度(integrated density, IntDen)、OMG、DLI与LOCS III分级之间的相关性。以探索其在ARC临床诊断中的价值。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性横断面研究。纳入2021-05/08于南通大学附属医院眼科接受白内障手术的ARC患者104例104眼,其中男34例,女70例,平均年龄 67.75 ± 10.69 岁。纳入标准:(1)符合ARC的诊断标准;(2)年龄50~80岁。排除标准:(1)合并高度屈光不正、角膜病、眼底病、玻璃体混浊等其他眼病;(2)合并系统性红斑狼疮、糖尿病、肿瘤等全身性疾病;(3)患者无法配合完成所有检查;(4)患者瞳孔无法散大至直径大于6mm。本研究遵循《赫尔辛基宣言》原则,并通过了本院医学伦理委员会批准(No. 2021-L091)。所有纳入研究的患者均在研究开始前签署了知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 裂隙灯检查和LOCS III分级 患者用复方托吡卡胺滴眼液充分散瞳后,由同一眼科医师于裂隙灯显微镜下检查其晶状体。分别拍摄晶状体45°窄裂隙与后部反光法照片。根据LOCS III标准图例,确定其晶状体核混浊度分级(nuclear opalescence, NO),核颜色分级(nuclear color, NC),皮质性白内障分级(cortical cataract, CC),后囊膜下性白内障分级(posterior subcapsular cataract, PSC)参数。

1.2.2 Pentacam 检查 患者采用复方托吡卡胺滴眼液充分散瞳,由同一位眼科医师使用Pentacam眼前节分析系统扫描眼前节参数。扫描模式模式为:360度,扫描25个切面,自动扫描。PNS参数设置为晶状体中央3mm、高度2.4mm、距离前囊8.3mm、距离后囊4.8mm区域。此外,导出25个轴向切面的Scheimpflug图像,使用Image J图像分析软件分别选取并计算感兴趣区域(region of interest, ROI)的累积光密度值(integrated density, IntDen)。ROI设定如图1所示,分别代表前皮质区(含前囊),周边皮质区,核区,后皮质区(含后囊)。每个ROI的IntDen在分别测量25个切面的数据后取平均值。

1.2.3 iTrace 检查 所有患者经复方托吡卡胺充分散瞳后,在暗室环境中,由同一位的眼科医师用iTrace视功能分析仪及其配套软件测量和计算3mm区域与6mm区域的DLI和OMG。每眼重复3次,取平均值。

统计学分析:所有数据均使用SPSS26.0软件进行分析。正态性分布由Kolmogorov-Smirnov法检验,符合正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,非正态性分布资料用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。正态性分布数据相关性使用Pearson分布检验,相关系数用 r 表示;非正态性分布数据相关性使用Spearman分布检验,相关系数用 r_s 表示。定义两组数据间的相关性为:当 $P \leq 0.05$,且 $0.1 \leq$ 相关系数绝对值 < 0.3 时弱相关;当 $P \leq 0.05$,且 $0.3 \leq$ 相关系数绝对值 < 0.5 时中等相关;当 $P \leq 0.05$,且 $0.5 \leq$ 相关系数绝对值 ≤ 1 时强相关^[8]。

2 结果

2.1 各参数原始数据分布情况 Pentacam参数原始数据分布见表1,LOCS III参数原始数据分布见表2,iTrace参数原始数据分布见表3。

2.2 三种仪器测量晶状体混浊程度的相关性

2.2.1 Pentacam 参数与LOCS III分级的相关性 如表4所示,PNS分级与NC强相关($r = 0.521, P \leq 0.001$),与NO中等相关($r = 0.440, P \leq 0.001$)。3mm范围IntDen、3mm范围核区IntDen、6mm范围IntDen与NC、NO均有相关性,且三者均与NC相关性更强。此外3mm范围后囊区

表1 Pentacam 参数原始数据分布情况

参数	眼数	最小值	最大值	$\bar{x} \pm s / M(P_{25}, P_{75})$
6mm 范围 IntDen	104	561977.050	7450601.800	3432972.367±989802.421
3mm 范围核区 IntDen	104	196210.920	2645664.730	1086334.926±435815.085
3~6mm 范围 IntDen(周边皮质)	104	605380.570	14276730.210	1660250.488±1372495.899
3mm 范围后囊区 IntDen	104	90740.500	756157.460	277216.529±133706.735
PNS	104	0.000	5.000	1.317±0.839
3mm 范围 IntDen	104	153529.420	4384447.200	1979382.456(1591898.282, 2294619.277)
6mm 范围后囊区 IntDen	104	202794.330	1009386.950	438688.000(326480.500, 544101.880)

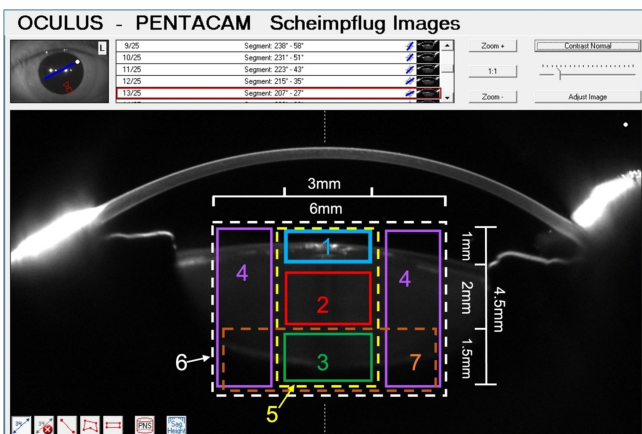


图1 Scheimpflug 图像 ROI 分区示意图 1:3mm 范围前囊区(含前皮质);2:3mm 范围核区;3:3mm 范围后囊区(含后皮质);4:3~6mm 范围晶状体(周边皮质);5:3mm 范围晶状体;6:6mm 范围晶状体;7:6mm 范围后囊区(含后皮质)。

表2 LOCS III 参数原始数据分布情况

参数	眼数	最小值	最大值	$\bar{x} \pm s$
NC	104	1.000	6.000	2.769±1.024
NO	104	1.000	5.000	2.750±1.005
CC	104	0.000	5.000	2.356±1.206
PSC	104	0.000	5.000	1.567±1.563

表3 iTrace 参数原始数据分布情况

参数	眼数	最小值	最大值	$\bar{x} \pm s$
3mm 范围 OMG	104	0.500	4.000	2.889±1.054
6mm 范围 OMG	104	2.000	4.000	3.418±0.616
3mm 范围 DLI	104	-0.350	10.000	3.198±2.246
6mm 范围 DLI	104	-0.390	10.000	3.634±2.247

IntDen 与 NC($r = -0.315, P = 0.001$)、NO($r = -0.321, P = 0.001$) 均中等负相关。其余各数据之间未见显著相关性($P > 0.05$)。

2.2.2 iTrace 参数与 LOCS III 参数的相关性 如表 5 所示,3mm 范围 DLI 与 NC、NO、PSC 均负相关($r = -0.257, -0.234, -0.282$, 均 $P < 0.05$)。6mm 范围 DLI 与 NC、NO、PSC 均负相关($r = -0.247, -0.304, -0.227$, 均 $P < 0.05$)。3mm 范围 OMG 与 CC、PSC 均正相关($r = 0.268, 0.333$, 均 $P < 0.05$)。6mm 范围的 OMG 与 CC、PSC 均呈正相关($r = 0.275, 0.245$, 均 $P < 0.05$)。其余各参数未见显著相关性($P > 0.05$)。

2.2.3 Pentacam 参数与 iTrace 参数相关性 如表 6 所示,PNS 与 3mm 范围 DLI 负相关($r = -0.217, P = 0.027$),

且 3mm 范围核区 IntDen 与 3mm 范围 DLI 负相关($r = -0.197, P = 0.046$),其他各参数未见显著相关性($P > 0.05$)。晶状体 Scheimpflug 照片的 6mm 范围 IntDen、3~6mm 范围晶状体 IntDen、6mm 范围后囊区 IntDen 与 6mm 范围的 DLI、OMG 均未见相关性($P > 0.05$),见表 7。

3 讨论

白内障作为当今世界主要的致盲性眼病之一,尚无有效的治疗药物,唯一有效的治疗方案仍是手术摘除^[9]。准确、客观、可重复地评价白内障的混浊程度是制定手术方案和判断预后的重要依据。LOCS III 是全球眼科医师广泛使用的白内障分级方法^[2]。在 LOCS III 法中,观察者通过 45° 窄裂隙光柱探查患者晶状体核,用核颜色和核光晕面积评价核性白内障的硬度与大小;使用后部反射法观察皮质性白内障与后囊膜下性白内障占晶状体投影面积的比例,以此评估后囊膜下性白内障与皮质性白内障的分级^[3]。此方法对仪器和人员的要求较低,容易推广。但分级过程中,医师需将晶状体裂隙灯照片与标准图例对比,判定白内障分级,较易受主观认知影响,缺乏客观性和可重复性。Hall 等^[10]用激光裂隙灯拍摄晶状体,并用自动化计算机程序分析晶状体核区图像的平均像素强度,发现与 NO 显著相关。另有研究使用人工智能系统对晶状体裂隙灯照片进行 LOCS III 分级,结果显示该系统对核性与皮质性白内障分级效果较好,但对后囊膜下性白内障分级效果较差^[11]。

除了裂隙灯显微镜照相,眼前节 Scheimpflug 摄影也可应用于晶状体混浊程度分级。晶状体 Scheimpflug 图像核区平均光密度与白内障核硬度进展显著相关,且比 LOCS II 核分级更精准^[12]。基于此原理,Oculus 公司开发了 Pentacam 眼前节三维分析系统。其采用波长 475nm 的裂隙光源,以角膜顶点为中心,使用 Scheimpflug 相机 360° 旋转拍摄获得一组眼前节断层切片照片^[13]。Pentacam 配套软件内置了 PNS 分级功能,这是一种客观评价的晶状体核硬度的方法^[14]。李秋实等^[15]报道 ARC 患者晶状体 PNS 分级与术中累积超乳能量、超乳时间等正相关,提示 PNS 对手术方式选择具有指导意义。本研究发现 PNS 与 NC 强正相关($r = 0.521, P < 0.01$)、与 NO 中等正相关($r = 0.440, P < 0.01$)。提示 PNS 可以自动化地、客观地评估核硬度,且对 NC 分级的指导意义比 NO 更高,此结果与 Makhotkina 等^[16]结果一致。但 PNS 仅适合混合型白内障的核分级或单纯核性白内障的分级,无法对晶状体其他区域(如皮质区、后囊区)混浊程度进行判断。

有研究者使用 Pentacam 拍摄的 Scheimpflug 图像光密度评估晶状体后囊区的混浊程度。Grewal 等^[17]将后发性白内障囊袋 Scheimpflug 图像的后囊区(直径 4mm)光密度与裂隙灯后部反射照片对比,发现 Scheimpflug 摄影可以

表4 Pentacam 参数与 LOCS III 参数的相关性分析

参数	统计值	NC	NO	CC	PSC
PNS	<i>r</i>	0.521	0.440	-0.026	0.024
	<i>P</i>	≤0.001	≤0.001	0.791	0.807
3mm 范围 IntDen	<i>r_s</i>	0.459	0.450	-0.135	0.010
	<i>P</i>	≤0.001	≤0.010	0.172	0.921
3mm 范围核区 IntDen	<i>r</i>	0.539	0.543	-0.307	0.105
	<i>P</i>	≤0.001	≤0.001	0.157	0.288
3mm 范围后囊区 IntDen	<i>r</i>	-0.315	-0.321	0.154	-0.026
	<i>P</i>	0.001	0.001	0.119	0.791
6mm 范围 IntDen	<i>r</i>	0.321	0.288	-0.430	0.032
	<i>P</i>	0.001	0.003	0.664	0.749
3~6mm 范围 IntDen(周边皮质)	<i>r</i>	0.178	0.130	-0.010	0.062
	<i>P</i>	0.070	0.188	0.916	0.533
6mm 范围后囊区 IntDen	<i>r_s</i>	0.031	0.120	-0.063	-0.156
	<i>P</i>	0.751	0.227	0.523	0.113

表5 iTrace 参数与 LOCS III 参数的相关性分析

参数	统计值	NC	NO	CC	PSC
3mm 范围 DLI	<i>r</i>	-0.257	-0.234	-0.171	-0.282
	<i>P</i>	0.008	0.017	0.083	0.004
6mm 范围 DLI	<i>r</i>	-0.247	-0.304	-0.052	-0.227
	<i>P</i>	0.011	0.002	0.602	0.020
3mm 范围 OMG	<i>r</i>	0.127	0.093	0.268	0.333
	<i>P</i>	0.200	0.349	0.006	0.001
6mm 范围 OMG	<i>r</i>	0.062	0.029	0.275	0.245
	<i>P</i>	0.531	0.767	0.005	0.012

表6 瞳孔中央 3mm 范围 Pentacam 参数与 iTrace 参数的相关性分析

参数	统计值	3mm 范围 DLI	3mm 范围 OMG
PNS	<i>r</i>	-0.217	0.095
	<i>P</i>	0.027	0.338
3mm 范围 IntDen	<i>r_s</i>	-0.093	0.071
	<i>P</i>	0.348	0.475
3mm 范围核区 IntDen	<i>r</i>	-0.197	-0.056
	<i>P</i>	0.046	0.572
3mm 范围后囊区 IntDen	<i>r</i>	0.160	-0.044
	<i>P</i>	0.104	0.658

表7 瞳孔中央 6mm 范围 Pentacam 参数与 iTrace 参数的相关性分析

参数	统计值	6mm 范围 DLI	6mm 范围 OMG
6mm 范围 IntDen	<i>r</i>	-0.165	0.026
	<i>P</i>	0.093	0.794
3~6mm 范围 IntDen(周边皮质)	<i>r</i>	-0.153	0.124
	<i>P</i>	0.122	0.208
6mm 范围后囊区 IntDen	<i>r_s</i>	0.020	-0.076
	<i>P</i>	0.842	0.444

避免裂隙灯照相中的反光和伪影,且后囊区光密度与后发性白内障面积占比显著相关。曹乾忠等^[18]使用 Pentacam 扫描白内障术后患者的晶状体后囊膜,并测量后囊膜冠状面三维重建图像的平均像素密度,以评估后发性白内障的混浊程度。Minami^[19]也使用 Pentacam 扫描后发性白内障患者囊袋,发现 Scheimpflug 图像后囊区(直径 3mm,高

0.25mm)ROI 光密度与后发性白内障的混浊程度显著相关。钱宜珊等^[20]使用 90°到 270°动态增强扫描获取患者晶状体的 Scheimpflug 图像,并测量了前囊膜、核、皮质、后囊膜等区域的最高光密度,发现白内障患者晶状体最高光密度比对照者(无白内障)显著增加。Pei 等^[21]将 Scheimpflug 图像核区光密度峰值与 LOCS III 分级进行相关

性分析,发现光密度与 NO、NC 均高度相关,且与 NO 的相关性更高。李乃洋等^[22]将晶状体 Scheimpflug 图像中心线上的光密度最大值与 LOCS III 分级进行相关性分析,发现晶状体中心线最大光密度值与 NC、NO、CC 正相关,与 PSC 无关。然而,上述研究仅测量了晶状体中白内障程度最高点的光密度,容易高估晶状体的白内障分级。并且仅选取特定角度上的 Scheimpflug 图像纳入研究,必然会遗漏其他方向上的晶状体混浊,导致测量值无法综合反映晶状体的整体混浊程度。

因此,本研究纳入每个晶状体的 360°/25 张 Scheimpflug 图像,并测定全部图像各 ROI 的 IntDen 平均值,探讨了不同 ROI 的 IntDen 与 LOCS III 分级、iTrace 参数的关系。结果显示 3mm 范围核区 IntDen 和 3mm 范围 DLI 负相关。3mm 范围核区 IntDen、3mm 范围 IntDen、6mm 范围 IntDen 均和 NC、NO 正相关。且 3mm 范围核区 IntDen 与 NC($r=0.539, P<0.01$)、NO($r=0.543, P<0.01$) 强正相关,并且比 PNS 与 NC($r=0.521, P<0.01$), NO($r=0.440, P<0.01$) 的相关性更高。考虑到 PNS 仅能在 0~5 级范围内进行分级,3mm 范围核区 IntDen 对核硬度的分级显然比 PNS 更精准。3mm 范围后囊区 IntDen 与 NC、NO 负相关,推测是因为晶状体核性白内障阻挡了 Pentacam 光源对后囊膜下混浊的探测。其他各 ROI 的 IntDen 与 CC 均无相关性($P>0.05$),可见 Scheimpflug 图像区域 IntDen 法可用于核性白内障分级,不适合后囊膜下性和皮质性白内障混浊程度的分级。

除 Pentacam 外,iTrace 视觉功能分析仪也可用于分析晶状体混浊程度。iTrace 采用光线追踪技术,通过从瞳孔投射的 256 条近红外光束从视网膜反射回接收器时能量衰减和位移信息来测算全眼、角膜及眼内高阶像差、对比敏感度、瞳孔直径等指标^[23]。DLI 是 iTrace 软件基于上述指标综合计算出的参数,可用于评估晶状体功能,分值越低表示晶状体混浊程度越严重^[24]。路露等^[25]报道 DLI 与单纯核性白内障的 NC、NO 负相关($r=-0.512, -0.559$, 均 $P<0.05$)。de Souza 等^[7]报道 4mm 范围 DLI 与 LOCS III - NO 中度负相关($r=-0.37, P=0.0016$)。王晓明等^[26]也报道 DLI 与 NO、NC 负相关($r=-0.618, -0.606$, 均 $P<0.01$),且 DLI 与单纯核性白内障的术中累积超乳能量负相关($r=-0.524, P<0.01$),但与单纯皮质性白内障、单纯后囊膜下性白内障的术中累积超乳能量无显著相关性($P>0.05$)。本研究的结果与上述报道类似,3mm 范围 DLI、6mm 范围 DLI 均和 NO、NC、PSC 负相关($P\leq 0.05$),而与 CC 未发现显著相关性($P>0.05$)。提示 DLI 可用于评估核性白内障和后囊膜下性白内障混浊,但不适合用于皮质性白内障分级。

iTrace 不仅能计算 DLI,还可绘制晶状体混浊地形图并评分。OMG 评分反映了测量范围内混浊地形图的总体混浊程度。iTrace 的 OMG 与 LOCS III 分级的相关性还未见报道,本研究显示 3mm 及 6mm 测量范围内的 OMG 与 CC、PSC 均正相关。6mm 范围 OMG 与 CC 的相关性($r=0.275, P=0.005$)比 PSC 高($r=0.245, P=0.012$)。3mm 范围 OMG 与 PSC 中等正相关($r=0.333, P=0.001$)而与 CC 弱相关($r=0.268, P=0.006$)。3mm 与 6mm 范围内的 OMG 均与 NO、NC 无显著相关($P>0.05$)。提示 OMG 适用于评价皮质性白内障与后囊膜下性白内障的混浊程度,不适合核性白内障分级。6mm 范围 OMG 与皮质性白内障

分级更相关,而 3mm 范围 OMG 与后囊膜下性白内障分级的相关性更强。

需要注意的是,鉴于其通过光线能量衰减检测混浊的原理,iTrace 本质上反映的是全屈光介质的混浊与像差,包括房水、玻璃体、晶状体、角膜、泪膜。影响 DLI 和 OMG 的因素较多,只有在角膜、玻璃体、房水等均近似透明时才认为其反映的是晶状体的混浊程度。因此在白内障分级时需要严格把握纳入和排除标准,一定程度上限制了 DLI 和 OMG 在白内障分级方面的应用。而 Pentacam 和 LOCS III 仅涉及眼前节的检测,在白内障分级时适用范围更广。

综上,本文探讨了 PNS、DLI、Scheimpflug 图像分区 IntDen、OMG、LOCS III 之间的相关性。结果显示 DLI、PNS、核区 IntDen 这三类参数与晶状体核硬度显著相关,且比 LOCS III 分级更客观,不需要检测者主观评级。其中 DLI 和核区 IntDen 的级别划分比 PNS 更精细,可以更精准地描述核性白内障的混浊状态。而 6mm 范围 OMG 可反映皮质性白内障混浊程度,3mm 范围 OMG 可为后囊膜下性白内障混浊程度分级提供参考,但影响因素较多。我们在临床诊疗中应根据患者实际情况,采用多种参数相结合的方式对白内障患者的晶状体混浊作出更准确的描述。本文的局限性在于:(1)对 Scheimpflug 照片 ROI 的划分较为机械,而患者的晶状体皮质、后囊、核分区的个体差异性很大,无法做到精准的划区。结合深度学习的人工智能图像大数据处理技术可以更精准有效地对晶状体 Scheimpflug 图像进行 ROI 划分和混浊程度评价;(2)因 iTrace 最多仅能测量瞳孔区 6mm 范围内的晶状体,和裂隙灯显微镜相比可能忽略周边部赤道部较小的皮质性白内障,从而导致判定的混浊程度偏小;(3)纳入的样本量较小,可能导致结果的偏倚,应进一步增加样本量以增加结果的科学性。

参考文献

- 1 Taylor HR. Global blindness; the progress we are making and still need to make. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2019;8(6):424-428
- 2 Gali HE, Sella R, Afshari NA. Cataract grading systems: a review of past and present. *Curr Opin Ophthalmol* 2019;30(1):13-18
- 3 Chylack LT Jr, Wolfe JK, Singer DM, et al. The lens opacities classification system III. the longitudinal study of cataract study group. *Arch Ophthalmol* 1993;111(6):831-836
- 4 Faria-Correia F, Lopes B, Monteiro T, et al. Correlation between different Scheimpflug-based lens densitometry analysis and effective phacoemulsification time in mild nuclear cataracts. *Int Ophthalmol* 2018;38(3):1103-1110
- 5 曹建雄,常平骏,李瑾,等.基于 Pentacam 对角膜屈光指数的评价. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2020;22(8):596-601
- 6 云睿,庄东梅,赵梅生,等. Pentacam 引导下 Toric 人工晶状体选择的临床疗效分析. *国际眼科杂志* 2021;21(1):156-159
- 7 de Souza RG, Golla A, Khan M, et al. Association of optical cataract indices with cataract severity and visual function. *Int Ophthalmol* 2022;42(1):27-33
- 8 Cohen J. The Effect Size Index; d. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 1988
- 9 GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators, Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence

of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Health* 2021; 9(2): e144-e160

10 Hall NF, Lempert P, Shier RP, et al. Grading nuclear cataract: reproducibility and validity of a new method. *Br J Ophthalmol* 1999; 83(10): 1159-1163

11 Lu Q, Wei L, He WW, et al. Lens Opacities Classification System III -based artificial intelligence program for automatic cataract grading. *J Cataract Refract Surg* 2022; 48(5): 528-534

12 Datiles MB 3rd, Magno BV, Freidlin V. Study of nuclear cataract progression using the National Eye Institute Scheimpflug system. *Br J Ophthalmol* 1995; 79(6): 527-534

13 Turner SJ. Scheimpflug imaging to determine intraocular lens power *in vivo*. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33(6): 1041-1044

14 Magalhães FP, Costa EF, Cariello AJ, et al. Comparative analysis of the nuclear lens opalescence by the Lens Opacities Classification System III with nuclear density values provided by Oculus Pentacam; a cross-section study using Pentacam Nucleus Staging software. *Arq Bras Oftalmol* 2011; 74(2): 110-113

15 李秋实, 郑青青, 沈婷, 等. 年龄相关性白内障 PNS 密度分级与超声乳化手术参数的关系. *浙江实用医学* 2018; 23(1): 56-57, 65

16 Makhotkina NY, Berendschot TTJM, van den Biggelaar FJHM, et al. Comparability of subjective and objective measurements of nuclear density in cataract patients. *Acta Ophthalmol* 2018; 96(4): 356-363

17 Grewal D, Jain R, Brar GS, et al. Pentacam tomograms: a novel

method for quantification of posterior capsule opacification. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008; 49(5): 2004-2008

18 曹乾忠, 田臻, 陈茜, 等. Pentacam 在分析晶状体后囊膜透明性中的临床价值. *中华实验眼科杂志* 2016; 34(3): 260-264

19 Minami K. Area densitometry using rotating Scheimpflug photography for posterior capsule opacification and surface light scattering analyses. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(11): 2444-2449

20 钱宜珊, 褚仁远, 戴锦晖, 等. Pentacam 眼前节分析仪定量测定晶状体密度及厚度. *眼视光学杂志* 2008; 10(3): 168-170

21 Pei X, Bao Y, Chen Y, et al. Correlation of lens density measured using the Pentacam Scheimpflug system with the Lens Opacities Classification System III grading score and visual acuity in age-related nuclear cataract. *Br J Ophthalmol* 2008; 92(11): 1471-1475

22 李乃洋, 赵岐, 冷炫. 应用 Pentacam 系统测量晶状体密度在不同类型年龄相关性白内障诊断中的价值. *临床医学工程* 2017; 24(3): 289-290

23 霍冬梅, 陈伟, 聂丹洁, 等. Itrace 视功能分析仪在评估区域折射型多焦点人工晶状体中的应用. *国际眼科杂志* 2021; 21(5): 927-930

24 马立威, 仝真真, 周文凯, 等. 年龄相关性白内障患者高阶像差的研究. *中国实用眼科杂志* 2017; 35(3): 261-266

25 路露, 杨立东, 赵俊, 等. 基于 iTrace 系统分析晶状体功能失调指数在年龄相关性白内障病情评估及手术指导中的价值. *临床眼科杂志* 2020; 28(1): 52-57

26 王晓明, 汤欣. 晶状体功能失调指数在年龄相关性白内障诊断及手术中的应用. *中华实验眼科杂志* 2018; 36(3): 199-203