

后囊膜皱褶影响眼成像特性的研究*

倪晓武 陆建 沈中华 陈建平 刘晓然

(南京理工大学应用物理系 南京 210094)

李永年

(南京军区南京总医院眼科 南京 210002)

提要 在研究人工晶体植入后产生后囊膜皱褶(posterior capsular fold)发病机理的基础上,根据成像光学的理论定量地研究了后囊膜皱褶影响眼成像特性的原因。

关键词 后囊膜皱褶,人工晶体,眼成像特性

1 引言

白内障囊外摘除术(ECCE)后未植入或植入后房人工晶体(PC-IOL)均可能发生囊膜混浊而影响视力,并已引起眼科界的普遍关注,且有利用Nd:YAG激光进行手术的报道^[1]。近年来,我们发现ECCE和PC-IOL术后囊膜仍然透明,表现为正常瞳孔区在裂隙灯显微镜下未发现后囊膜混浊,但因其透明的囊膜发生皱褶而致使视力严重障碍(视力 < 0.1)的病例,因而根据患处的特点称为“后囊膜皱褶”^[2],并提出了利用激光对其进行松解的手术方法,患者经治疗后效果显著^[3]。但对皱褶的后囊膜影响视力的原因与相应的定量分析和研究迄今未见报道。

本文在研究人工晶体植入后产生后囊膜皱褶的发病机理的基础上,定量研究了皱褶影响眼成像特性的物理机理。

2 对象与方法

2.1 手术对象

对单眼发病的39例老年性白内障和2例其他性质的白内障进行囊外摘除和后房人工晶体植入手术,术后角膜透明,后囊膜完整,无玻璃体脱出,对光反应灵敏,无瞳孔夹持。这41例中男性38例,女性3例;年龄分布在45~71岁,平均年龄54岁;右眼25例,左眼16例。

经ECCE和PC-IOL术后的最佳视力: ≥ 1.0 者19眼,0.5~0.9者22眼。由上述视力逐渐减退至0.1以下的时间为0.5~2年,平均1.5年。为了解瞳孔区及周边的后囊膜情况,扩大瞳孔至5~5.5 mm,用裂隙灯显微镜检查,有5例发现有可疑的局部近周边后囊膜微混浊,但不影响视力,其余均为透明囊膜,均发现后囊膜具有皱褶。其中后囊膜皱褶呈轴向排列于水平位及其上下 45° 者有34例(占82.93%),纹理有2~3条不等,典型者似Maddox杆状态;其

* 国家“九五”科技攻关项目(96-B11-04-03-02)和国家教委“跨世纪优秀人才培养计划”专项基金资助课题。

余 7 例(占 17.07%)为不规则皱褶,无明显排列纹理。

2.2 治疗方法

用 Q 开关 JYZ-1 型 Nd·YAG 激光眼科治疗仪进行松解,单脉冲治疗能量为 0.4~1.0 mJ,每次治疗总能量为 20~30 mJ,平均为 25 mJ。一次切割达到松解皱褶的 26 眼(占 63.4%),其余 15 眼经 2~3 次治疗后完全松解。

后囊膜皱褶松解的标准为:(1)裂隙灯显微镜下观察皱褶完全消失;(2)视力接近 ECCE 和 PC-IOL 术后的水平。

3 结 果

41 例行激光松解后囊膜皱褶术后的矫正视力: ≥ 1.0 者 21 例,占 51.22%;0.8~0.9 者 13 例,占 31.71%;0.5~0.7 者 7 例,占 17.07%;均获得满意疗效。随访 2~3 年,视力完好如初。

无明显临床意义的并发症。在高倍裂隙灯显微镜下观察未发现人工晶体损伤。无玻璃体疝出现。

4 讨 论

白内障囊外摘除或/和人工晶体植入术后有不少病例常因后囊膜混浊而再次丧失有用视力,这也引起眼科工作者的关注^[4],在防治手段上已取得显著的成效^[5]。而由于透明的后囊膜发生皱褶而致使视力高度障碍者亦非罕见。本组 41 例患者因其视力逐渐减退曾多次就诊于其他医院,均未得到明确诊断,说明对后囊膜皱褶及其所引起的严重影响视力的认识不够,当然其发病机理与影响视力的原因尚未明了也是原因之一。我们认为该病的发生机理是 PC-IOL 的二个支撑袢引起的,并可定量地分析其影响视力的原因。

在人工晶体植入术中,一般是将 PC-IOL 的二个支撑袢与 3 点钟和 9 点钟以及附近的囊袋边缘弹性接触,并分别对其着力部位产生一定的作用力,从而固定人工晶体。但是,在固定 PC-IOL 时,二个支撑袢的支点稍有差异、或支撑力失衡、或作用力不均等影响,柔软的囊袋均可能在 PC-IOL 支撑袢的作用下产生变形,以至引起囊膜皱褶。即使在理想的人工晶体植入术中,人工晶体的二个支撑袢与囊袋边缘弹性接触的作用力过大也将致使后囊膜产生皱褶。本组病例中有 34 眼的皱褶产生机理应属此类。另外,由于个体对袢环刺激相容性或耐受性的差异,也可能产生粘连性收缩,从而形成不规则的后囊膜皱褶。本组中有 7 例皱褶的发病机理可能属于此类。

为定量研究皱褶的囊膜如何影响视力,我们从国内外公认的 Gullstrand- \bar{r} 型模拟眼中取有关参数^[6]。在该模型眼中,晶体的后表面(可近似认为是后囊膜的前表面)距角膜距离为 7.2 mm,后囊膜中央区约厚 4 μm ,周围约厚 23 μm ^[7],前房液折射率 $n_f = 1.3345$,玻璃体折射率为 $n_b = 1.4085$,若用皮质的折射率近似代替后囊膜的折射率则有 $n_c = 1.386$ 。其结构示意图如图 1(a) 所示。

由成像光学理论可知,光学系统的组合焦距与系统中各元件之间间距和元件对光的折射均匀性有关,而皱褶的后囊膜实际上增加(或减少)了眼屈光系统的部分后囊膜与人工晶体之

间的间距,因而影响了整个屈光系统的组合焦距。又因为增大(或减小)的间距在整个通光区是不均匀的,所以引起眼屈光系统对入射光产生紊乱性折射,即图1(a)中的后囊膜并非是标准的凹弯月型,而是如图1(b)所示的形状,其结果将引起视力高度障碍。进而可以根据成像光学的理论进行定量分析和研究。

成像光学中薄透镜系统的光焦度 Φ 由下式给出^[6]

$$\Phi = \frac{n-n_1}{r_1} + \frac{n_2-n}{r_2} \quad (1)$$

式中, r_1, r_2 为薄透镜二球面的曲率半径; n 为薄透镜介质的折射率; n_1 和 n_2 分别为薄透镜两边介质的折射率。

根据后囊膜的形状可视其为曲率半径相等的凹弯月型透镜,因而有 $r_1 = r_2 = r$,则

$$\Phi = \frac{n-n_1}{r_1} + \frac{n_2-n}{r_2} = \frac{n_2-n_1}{r} \quad (2)$$

式中 $n_1 = n_f$ 和 $n_2 = n_b$ 。因而有

$$\Phi = \frac{n_f-n_b}{r} \quad (3)$$

当考虑到后囊膜存在皱褶时,(3)式中 r 将产生 Δr 的变化,则对应光焦度 Φ 的变化 $\Delta\Phi$ 为

$$\Delta\Phi = - (n_f-n_b) \frac{\Delta r}{r^2} \quad (4)$$

由于皱褶的后囊膜所引起的曲率半径变化 Δr 无法直接或间接测量,因而此处以 r 变化10%进行定量计算,即 $\Delta r = 0.1r$ 。将有关数据和 $r = 6.0 \text{ mm}$, $\Delta r = 0.6 \text{ mm}$ 代入(4)式,计算可得 $\Delta\Phi = 1.23D$,此处 D 为屈光度(diopter)。而Gullstrand- \bar{r} 型模拟眼完全放松时晶状体后表面(此时可近似认为是后囊膜前表面)的光焦度为^[7] $\Phi_{pc} = 8.33D$,因而皱褶的后囊膜引起的光焦度相对变化为 $\frac{\Delta\Phi}{\Phi_{pc}} = \frac{1.23}{8.33} = 14.8\%$ 。也就是说,由于前房液折射率与玻璃体折射率的不同,以及皱褶的后囊膜在这两种介质中相对位置的变化将引起入射光线在通过后囊膜后光焦度的差异可达 $1.23D$ 。应当指出,这里讨论的是后囊膜曲率半径变化10%时的情况与实际情况尚有差异,实际因后囊膜皱褶引起曲率半径的变化不仅有正值,还可能有负值,即当后囊膜曲率半径变化应有 $\pm 10\%$ 的范围,即有 $\frac{\Delta r}{r} = \pm 10\%$,对应的眼屈光系统的光焦度变化也有 $\pm 1.23D$,因而皱褶的后囊膜将影响眼屈光系统成像,从而导致视力高度障碍直至盲残是必然结果。这也与临床资料证实的患眼有明显光感而无法视物是一致的。

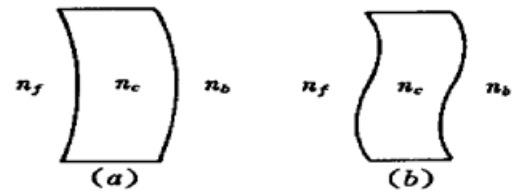


图1 皱褶前后的后囊膜示意图
(a) 理想的后囊膜; (b) 皱褶的后囊膜

Fig. 1 Schematic diagram of the posterior capsular before and after folding

(a) perfect posterior capsular;
(b) posterior capsular with a fold

参 考 文 献

- 1 Steinert R. F.. The Nd-YAG laser in ophthalmology, Principles and clinical applications of photodisruption, Phyladelphic: W. B. Saunders Company, 1985. 23
- 2 Ni Xiao-Wu. Laser lysis for postcapsular fold after extracystic cataract extraction and postchamber artificial intraocular lens inplantation. *SPIE*, 1993, **1877**: 202~ 205
- 3 Li Yongnian. Laser lysis for posterior capsular fold. *J. Practical Ophthalmology* (实用眼科杂志), 1992,

- 10(11): 670~ 672 (in Chinese)
- 4 Zhu Zhaorong. Clinical trace 263 eyes with posterior opacification after extracapsular cataract extraction. *Chin J. Ophthalmology* (中华眼科杂志), 1990, **26**(3): 139~ 142 (in Chinese)
 - 5 Li Yongnian. 353 cases of Nd⁺⁺YAG laser operation on the posterior opacification. *J. Trauma & Occupational Disease on Eyes* (眼外伤职业眼病杂志), 1994, **16**(2): 84~ 85 (in Chinese)
 - 6 Li Jingzhen. Optical Handbook (光学手册). Xi'an: Shanxi Scientific and Technology Press, 1986. 784~ 785 (in Chinese)
 - 7 Weiss L.. Histology Lens. New York: Elsevier, 1983. 1159

Research on the Influence of Posterior Capsular Fold on Eye's Imaging Property

Ni Xiaowu Lu Jian Shen Zhonghua Chen Jianping Liu Xiaoran
(Department of Applied Physics, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094)

Li Yongnian

(Department of Ophthalmology, Nanjing General Hospital of P.L.A., Nanjing 210002)

Abstract In this paper, on the basis of a study of the morbidity mechanism of posterior capsular fold (PCF) after the artificial intraocular lens implantation, we have researched into the cause of the influence of PCF on eye's imaging property in numerical quantities according to the theory of imaging optics.

Key words posterior capsular fold, artificial intraocular lens, eye's imaging property