

吲哚菁绿前囊膜染色辅助不同类型白色白内障超声乳化术的临床研究

叶先锋¹ 陈宗贤¹ 张宗端²

1. 内江爱尔眼科医院 四川内江 641000

2. 温州医科大学附属眼视光医院 浙江温州 325000

摘要：目的：分析和探讨吲哚菁绿前囊膜染色辅助三种类型白色白内障超声乳化手术的安全和有效性。方法：筛选内江爱尔眼科医院2022年1月至2023年12月期间诊断为白色白内障的连续病例，分成皮质核型、膨胀型以及Morgagnian型三种类型。根据不同的染色方法，又将病例分成A组、B组、C组三组。记录各类型各组术中染色效果、居中连续环形撕囊（central continuous circular capsulorhexis, CCCC）成功率，前囊膜放射状裂开情况，平均手术时间，术中并发症，术后第一天、随访1周和1个月时角膜与眼压情况，以及对术前、术后1周、1个月的角膜内皮细胞密度、六角形细胞百分比以及内皮细胞面积变异系数的变化率。结果：术中CCCC成功率情况：皮质核型A组、B组、C组分别是100%、100%、100%；膨胀型A组、B组、C组分别是：90%、92%、72%；Morgagnian型A组、B组均为100%；术中前囊膜放射状裂开情况：仅见于膨胀型，其中A组2眼，B组1眼，C组为5眼，发生率分别是10%、8%、28%。平均手术时间：皮质核型A组、B组、C组分别为10.7min、11.8min、9.2min；膨胀型A组、B组、C组分别为：11.7min、12、4min、14.6min；Morgagnian型A组、B组分别为24.3min、25.6min。术中并发症情况：仅见于膨胀型C组1眼后囊膜破裂，人工晶状体（intraocular lens, IOL）植入睫状沟。术前和术后随访1周、1月：三类型的白色白内障各组眼压均有下降趋势，变化差异无显著性意义（ $p>0.05$ ）。对比术前、术后1周、1个月的角膜内皮情况：各组角膜内皮细胞密度、角膜内皮细胞百分比、角膜内皮细胞面积变异系数差异均无显著性意义（ $p>0.05$ ）。直接染色法前囊膜染色后呈现出均匀一致的淡绿色，而透明质酸下法前囊膜染色后显示更明显。结论：0.5%吲哚菁绿前囊膜染色辅助白色白内障超声乳化手术，可以有效提高CCCC成功率，安全有效。针对皮质核型白色白内障，不染色可以节约手术时间。

关键词：白色白内障；吲哚菁绿前囊膜染色；居中环形撕囊；超声乳化术

白内障超声乳化手术联合人工晶体植入手术是白内障的主要处理方式^[1]，连续居中环形撕囊是超声乳化手术的关键步骤。而白内障中较为特殊的类型是白色白内障，因其缺乏有效的红光反射，并且还可能存在晶状体皮质液化，囊内压增加，以及前囊膜纤维化、钙化等情况^[2]。即使很成熟的手术医生仍会遭遇不能辨别撕囊口的位置和失去撕囊轨道的控制，出现撕囊口放射状裂开的情况，所谓的阿根廷国旗征^[3]，发生率从3.85%^[4]至28.3%^[5]不等，还可能出现悬韧带断裂，后囊破裂，玻璃体脱出，坠核，术后人工晶体不能植入囊袋内等情况。

为了提高白色白内障手术成功率，特别是撕囊成功率，

术中使用染色剂对晶状体前囊膜染色，极大的增加了晶状体前囊膜的可见度，有助于术者辨别前囊膜，减少术中术后并发症的发生率。

使用吲哚菁绿提高CCCC成功率，但需要付出更多的医疗成本和手术时间，有学者将白色白内障分成皮质核型、膨胀型和Morgagnian型三大类^[6]，不同的类型需要不同的手术技巧。使用染色剂提高手术成功率，而不使用染色剂可以节约医疗成本和手术时间。

本研究收集我院白色白内障病例，分别采用直接染色、黏弹剂下染色以及不染色进行手术操作，对比观察研究，探讨吲哚菁绿前囊膜染色辅助三种类型白色白内障超声乳

手术的安全和有效性，以期对开展同类型手术的术者提供一些参考。

1 资料与方法

1.1 研究设计

本研究为回顾性、单中心、病例对照系列研究。

1.2 研究对象

在2022年1月至2023年12月期间于内江爱尔眼科医院行白内障超声乳化手术的连续病例。筛选诊断为白色白内障的临床资料完整的病例作为研究对象。所有手术都是由同一位经验丰富的眼科医生完成，本研究符合《赫尔辛基宣言》的指导原则，已获得内江爱尔眼科医院伦理委员会的批准。

1.3 纳排标准

1.3.1 纳入标准

- (1) 已完成白内障超声乳化以及人工晶体植入手术者；
- (2) 诊断为白色白内障；

1.3.2 排除标准

- (1) 眼肿瘤以及外伤史，眼部其他内眼手术病史；
- (2) 悬韧带断裂或晶状体脱位；
- (3) 并发葡萄膜炎，青光眼，瞳孔不能充分散大；
- (4) 角膜内皮计数低于2000/mm²。

1.4 白色白内障分型（图1）

根据临床特点，将其分为3个类型：

皮质核型：晶状体皮质以及核全白色混浊，呈固态状，无皮质液化；

膨胀型：晶状体皮质全白混浊，皮质液化，囊袋膨胀；

Morgagnian型：皮质完全液化，中央硬核下沉。



图1 三类白色白内障特征性改变的眼前段照相

注：A：皮质核型，无皮质液化；B：膨胀型，皮质液化，囊内压升高；C：Morgagnian型：皮质完全液化，核下沉

1.5 0.5% 吲哚菁绿溶液配制方法

用灭菌注射用水5ml注入25mg吲哚菁绿粉末（丹东医创制药）中摇匀溶解，配成0.5%的浓度。

1.6 前囊膜染色方法

A组晶状体前囊膜染色步骤：将吲哚菁绿溶液约0.1ml

注入前房，静制10-20秒钟后，用生理盐水冲洗前房，再用透明质酸钠（爱维）置换前房水。

B组晶状体前囊膜染色步骤：用爱维置换前房水，在透明质酸钠下方、前囊膜表面滑动，将染色剂缓慢推注涂抹在其表面进行染色。

C组：不使用染色剂，常规手术，为对照组。

1.7 手术方法

散瞳、表面麻醉后，制作透明角膜主切口，使用撕囊镊撕囊，超声乳化使用拦截劈核技术，A组和B组行前囊膜染色，C组不染色。均在囊袋内植入一片式单焦点非球面晶体，如后囊破裂则植入睫状沟内。

1.8 检查项目与方法

1.8.1 术中情况

所有手术完全过程均予以全程录像，记录术中前囊膜着色程度，术中撕囊是否达到CCCC标准、白内障手术持续时间，以及术中出现的并发症：撕囊口向赤道部裂开，后囊破裂，晶状体植入睫状沟，玻璃体脱出等情况。

1.8.2 眼压测量

分别于术后1天（如眼压大于21mmHg，使用一种降眼压药物）、术后1周、1个月测量眼压。

1.8.3 角膜内皮测量

于术前、术后1周、1月测量角膜内皮计数，内皮细胞分析计数为100个以上为合格的测量结果，记录角膜内皮细胞密度、六边形细胞百分比以及角膜内皮细胞面积变异系数。

1.8.4 角膜以及前房情况检查

裂隙灯显微镜下观察角膜水肿情况：角膜水肿分级标准：0级：角膜透明；1级：角膜局部雾状水肿，内皮面光滑，虹膜纹理清晰可见；2级：角膜浅灰色水肿，内皮面粗糙，虹膜纹理模糊可见；3级：角膜呈弥散性灰白水肿，内皮呈龟裂状皱褶，虹膜纹理窥不清。

1.9 统计学方法

本研究采用SPSS25.0统计软件，所有连续数据均表示为均值±标准差。采用方差分析（计数资料）进行统计学分析，以P<0.05为差异有显著意义。

2 结果

2.1 基线资料

2022年1月至2023年12月在内江爱尔眼科医院总共实施白内障手术2011例（3512眼）。最终纳入研究的白色

白内障病例，共 89 例（89 眼，其中男 41 例，女 48 例），年龄 50~79 岁，平均 65 岁，视力从光感到 0.12，根据白色白内障的分型以及术中染色方法分类，皮质核型 34 眼（A 组 9 眼，B 组 11 眼，C 组 14 眼），膨胀型 51 眼（A 组 21 眼，B 组 12 眼，C 组 18 眼），Morgagnian 型 4 眼（A 组 2 眼，

B 组 2 眼）。见表 1。
 对三组的年龄、眼压以及角膜内皮数据进行方差分析，结果显示三组的年龄、眼压、角膜内皮细胞密度、角膜内皮六边形细胞百分比、角膜内皮细胞面积变异系数均无统计学差异（ $p>0.05$ ）。

表 1 三类型白内障术前一般情况比较

组别		眼别		性别		年龄	眼压	视力
		右	左	男	女	($\bar{x} \pm s$, 岁)	($\bar{x} \pm s$, mmHg)	
皮质核型	A	4	5	6	3	64 ± 5	16.3 ± 3.6	光感 -0.1
	B	6	5	4	7	67 ± 7	17.7 ± 2.7	光感 -0.08
	C	8	6	9	5	66 ± 6	16.0 ± 4.8	HM-0.04
膨胀型	A	12	9	8	13	65 ± 7	18.3 ± 2.6	光感 -0.1
	B	5	7	4	8	64 ± 8	15.3 ± 4.0	CF-0.12
	C	10	8	7	11	67 ± 4	17.3 ± 3.9	HM-0.06
Morgagnian 型	A	1	1	2	0	63 ± 5	15.0 ± 2.4	光感
	B	2	0	1	1	62 ± 6	14.0 ± 3.5	光感
	C	0	0	0	0	-	-	-
t 值						3.475	3.003	
P 值						0.113	0.139	

2.2 术中情况（表 2）

2.2.1 不同染色法的染色情况

直接染色法前囊膜染色后呈现出均匀一致的淡绿色，而透明质酸下法前囊膜染色更明显。两组撕囊起瓣后，均可以清晰看到前囊膜与晶状体核的“绿-白”色差对比，前囊膜已撕除区暴露出的晶状体核呈灰白色，周边部未撕除区域前囊膜呈淡绿色，前囊膜清晰可见，形成明显的对比色差。

2.2.2 撕囊成功率

前囊膜口首尾相连，撕囊直径 5.5 ~ 6.0mm，形状圆形或近似圆形，偏中心 ≤ 2 mm 为 CCCC 成功标准^[7]。皮质核组 ABC 三组均达到了 100% 的撕囊成功率；膨胀型组当中染色组均达到了 90% 以上的成功率，明显高于对照组的

72%；Morgagnian 型均为 100%。

2.2.3 放射状裂开

均见于膨胀型，其中染色两组的发生率分别为 A 组 2 例 10%，B 组 1 例 8%，而对照组 C 组为 5 例 28%，对照组发生率明显高于染色组，差异有统计学意义（ $p<0.05$ ）。

2.2.4 术中并发症

存在于膨胀型 C 组发生一例后囊膜裂开，人工晶状体植入睫状沟的病例。

2.2.5 手术时间

皮质核型 C 组平均时间最短；膨胀型 AB 两组平均时间短于 C 组；Morgagnian 型：AB 两组手术时间相当。

表 2 术中情况

类别	组别	总眼数	CCCC		放射状裂开		术中其他并发症		手术时间 ($\bar{x} \pm s$, min)
			眼数	成功率	眼数	发生率 Φ	眼数	发生率	
皮质核型	A 组	9	9	100%	0	0	0	0	10.7
	B 组	11	11	100%	0	0	0	0	11.8
	C 组	14	14	100%	0	0	0	0	9.2
膨胀型	A 组	21	19	90%	2	10%	0	0	11.7
	B 组	12	11	92%	1	8%	0	0	12.4
	C 组	18	13	72%	5	28%	1*	6%	14.6
Morgagnian 型	A 组	2	2	100%	0	0	0	0	24.3
	B 组	2	2	100%	0	0	0	0	25.6

* 后囊膜裂开，IOL 植入睫状沟。

Φ 膨胀型三组放射状裂开发生率比较， p 值 <0.05

2.3 术后眼压情况

三类型的白色白内障, A、B、C 三组眼压在术后 1 天、1 周、1 月均较术前偏低, 变化差异无显著性统计学意义 ($p>0.05$)

2.4 术后角膜内皮情况

2.4.1 角膜内皮细胞密度

三类型白色白内障 ABC 三组术后角膜内皮细胞密度均有减少, 变化趋势无显著统计学意义 ($p>0.05$)。

2.4.2 角膜六角形内皮细胞百分比: 三类型白色白内障 ABC 三组术后均有减少, 六角形细胞百分比变化趋势无显

著差异性 ($p>0.05$)。

2.4.3 角膜内皮细胞面积变异系数

三类型白色白内障 ABC 三组术后 1 周以及 1 月均逐渐增大, 三类型白内障组间比较, 差异无显著性统计学意义 ($p>0.05$)。

2.5 术后角膜水肿情况

术后第 1 天皮质核型以及膨胀型组均有角膜水肿的病例, 在第 7 天复查时水肿均已消失, 组间无明显差异性, Morgagnian 型白内障 2 组术后均未见有角膜水肿情况。(表 3)。

表 3 术后第 1 天以及第 7 天角膜水肿情况

时间	术后第 7 天角膜水肿情况									术后第 7 天角膜水肿情况								
	皮质核型 (34)				膨胀型 (51)				Morgagnian 型 (4)	皮质核型 (34)				膨胀型 (51)				Morgagnian 型 (4)
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	0	1	2	3	0	1	2	3	0
A 组	7	1	1	0	17	1	2	1	2	9	0	0	0	21	0	0	0	2
B 组	9	1	0	1	10	1	1	0	2	11	0	0	0	12	0	0	0	2
C 组	11	1	1	1	15	0	1	2	-	14	0	0	0	18	0	0	0	-

3 分析与讨论

本研究采用 Robert H. Osher^[6]的方法, 将白色白内障分成皮质核型、膨胀型和 Morgagnian 型。三种类型均缺乏有效的眼底红光反射, 膨胀型以及 Morgagnian 型兼有晶状体皮质液化, 囊内压增高。刺破前囊膜时会有液化皮质甚至大量牛奶状皮质溢出至前房影响术者对前囊膜的识别, 容易发生囊膜撕裂, 出现阿根廷国旗征^[2]。行前囊膜染色, 可加强术者对前囊膜的识别, 提高撕囊成功率。本研究当中, 膨胀型白内障患者未使用染色剂组, 前囊膜撕裂的几率明显增加, 并且还出现一例后囊膜破裂、人工晶体中植入睫状沟的术中并发症。皮质核型白内障的三组均取得了 100% 的撕囊成功率, 此类型没有液化皮质溢出产生额外的视野遮挡以及囊内压升高所引起的相关风险, 且经验的手术医生还可以通过放大手术显微镜倍率、增加照明、有齿镊辅助转动眼球观察前囊膜表面彩色涟漪状反光来达到标准的撕囊^[8]。不使用染色剂组, 手术时间最短, 所以皮质核型白内障可以不用染色剂, 从而节约了时间以及医疗成本, 也完全避免了染色剂本身可能存在的风险^[9]。

吲哚菁绿是无毒性三碳花青苷染料 (tricabocyanine), 较早用于临床。廖咏川等^[10]、张丰菊等^[11]等研究也证明了吲哚菁绿溶液对角膜内皮细胞无毒性。本研究染色组与对照

组均有角膜内皮丢失、细胞形态的变异以及六边形细胞百分比减少的情况, 而变化差异均无统计学意义, 其安全性符合以往研究。

本研究 A、B 两组染色方法相比: A 组方法更简便, 操作时间更短, 前囊膜着色更均匀, 但部分患者前囊膜染色程度较淡。而 B 组方法前囊膜着色更明显, 相对较耗时。两种染色方法均安全有效的。

前囊膜在染色之后, 术中可以在可视的情况下, 抽吸液化皮质, 释放囊内压, 使用一步法、两步法^[12]或三步法^[13]等方法来完成撕囊, 提高 CCCC 成功率。对于 Morgagnian 型白内障, 囊袋大量牛奶状的液化皮质包裹者圆珠状的较小的核块, 通常核块呈褐色、质硬, 撕囊起始刺破囊袋时, 大量液化皮质溢出, 最后仅剩一颗孤核, 为手术安全考虑, 本研究 4 例 Morgagnian 型白内障患者均使用染色识别囊膜, 并均通过小切口囊外摘除的方式将核块取出。

另外, 随着屈光性白内障手术普及和应用, 需要植入散光或者老视矫正型人工晶状体, 标准 CCCC 是不可或缺的。本研究当中使用染色剂组达成 CCCC 的比例明显较高, 故针对白色白内障行前囊膜染色辅助超声乳化手术也是某些需要植入特定人工晶体的达到预期视力的有力保障。

白内障术后眼压升高的原因是多样的^{[14][15]}。本研究

三组均有眼压升高病例，各类型白内障各组术前术后眼压变化差异无统计学意义，说明眼压升高原因和染色剂无明显相关性。

皮质核型以及膨胀型白内障均有较高的角膜水肿率，究其原因系白色白内障的核硬度分级高的病例占比高，需要更多的能量来将核块乳化吸除，特别是部分白色白内障缺乏皮质对囊膜的保护，术者习惯性的将超乳针头移至靠近角膜内皮附近、远离后囊膜的空间来操作，角膜内皮出现临时失代偿现象出现不同程度的水肿。本研究角膜内皮数据的变化情况无显著性差异，说明吲哚菁绿染色剂对超声乳化手术术后角膜水肿的情况没有显著相关性，符合以往的研究^[16]。

本研究的局限性在于本研究为回顾性研究，纳入的病例样本较少，另外，本研究染色方法分组并不随机，还需纳入更多的病例深入研究。

参考文献：

[1] Davis G. The Evolution of Cataract Surgery. *Mo Med*. 2016 Jan-Feb, 113(1):58–62.

[2] Yeoh R, Chee SP. Safer management of the white cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2013 Feb, 39(2):306–307.

[3] Figueiredo CG, Figueiredo J, Figueiredo GB. Brazilian technique for prevention of the Argentinean flag sign in white cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2012 Sep, 38(9):1531–1536.

[4] Jacob S, Agarwal A, Agarwal S, et al. Trypan blue as an adjunct for safe phacoemulsification in eyes with white cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2002 Oct, 28(10):1819–1825.

[5] Chakrabarti A, Singh S. Phacoemulsification in eyes with white cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2000 Jul, 26(7):1041–1047.

[6] Osher RH. Pearls for the young cataract surgeon: the brunescient cataract. *J Cataract Refract Surg*. 2022 Dec 1, 48(12):1352–1353.

[7] 李双, 付汛安, 梅仲明. 台盼蓝与吲哚菁绿在成熟期和过熟期白内障手术中的应用 [J]. *国际眼科杂志*. 2015, 15(1):

69–71.

[8] Bhattacharjee K, Bhattacharjee H, Goswami BJ, et al. Capsulorhexis in intumescent cataract. *J Cataract Refract Surg*. 1999 Aug, 25(8):1045–1047.

[9] 张永鹏, 张艺梦, 贾力蕴, 等. 安奈德联合吲哚菁绿复合染色技术在黄斑前膜手术中应用的临床研究 [J/CD]. *中华眼科医学杂志 (电子版)*. 2020; 10(06): 339–344.

[10] 廖咏川, 罗清礼, 杨洋. 吲哚菁绿在白色白内障超声乳化吸除术中的应用 [J]. *中华眼科杂志*, 2003, 39(8):485–489.

[11] 李佳. 国产吲哚菁绿前囊膜染色对兔角膜内皮活性的影响 [D]. 大连医科大学, 2009.

[12] Gimbel HV. Two-stage capsulorhexis for endocapsular phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg*. 1990 Mar, 16(2):246–249.

[13] Marques DM, Marques FF, Osher RH. Three-step technique for staining the anterior lens capsule with indocyanine green or trypan blue. *J Cataract Refract Surg*. 2004, Jan, 30(1):13–16.

[14] 张伟, 汤欣, 张军, 等. 白内障超声乳化术后当日眼压升高临床观察 [J]. *眼外伤职业眼病杂志*, 2004, 26(7):444–446.

[15] Sandu P, Stefaniu I, Zamfir C, et al. Hipertonia intraoculară precoce apărută după operația de cataractă [Premature elevated intraocular pressure after cataract surgery]. *Oftalmologia*. 2001, 54(4):61–64.

[16] Chang YS, Hsiao JH, Tseng SH, et al. Indocyanine green-assisted phacoemulsification in cases of complicated or simple advanced cataracts. *J Formos Med Assoc*. 2008 Sep, 107(9):710–719.

作者简介：

叶先锋, (1986–), 男, 汉族, 江西九江市人, 本科, 内江爱尔眼科医院, 白内障科主任, 白内障手术