

# 灌注液对白内障超声乳化手术的影响

赵雯<sup>1,2</sup>, 窦晓燕<sup>1,2\*</sup>, 刘露<sup>1,2</sup>, 曾骏萌<sup>1,2</sup>, 王耶<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>深圳大学第一附属医院, 广东 深圳

<sup>2</sup>深圳市第二人民医院, 广东 深圳

Email: \*douxxy08@163.com

收稿日期: 2020年11月18日; 录用日期: 2020年12月7日; 发布日期: 2020年12月14日

## 摘要

随着白内障患者人数的日益增加,白内障超声乳化手术的普及,使得术中灌注液的作用越来越引起重视。白内障超声乳化手术中应用的灌注液是一种与房水和玻璃体液的化学成分类似的溶液,它对角膜内皮细胞、晶状体、小梁网和视网膜等眼内组织起到保护作用。因此灌注液的变化与否对眼内组织的结构和功能都会产生很大的影响。在白内障超声乳化手术过程中,选择使用理想的灌注液,有利于防止术中以及术后的一系列并发症,使手术得以顺利完成。

## 关键词

超声乳化, 灌注液, 眼内组织, 手术安全性, 术后并发症

# The Influence of Perfusion Solution on Phacoemulsification of Cataract

Wen Zhao<sup>1,2</sup>, Xiaoyan Dou<sup>1,2\*</sup>, Lu Liu<sup>1,2</sup>, Junmeng Zeng<sup>1,2</sup>, Ye Wang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>The First Affiliated Hospital of Shenzhen University, Shenzhen Guangdong

<sup>2</sup>Shenzhen Second People's Hospital, Shenzhen Guangdong

Email: \*douxxy08@163.com

Received: Nov. 18<sup>th</sup>, 2020; accepted: Dec. 7<sup>th</sup>, 2020; published: Dec. 14<sup>th</sup>, 2020

## Abstract

With the increasing number of cataract patients and the popularity of phacoemulsification surgery, the role of intraoperative perfusion fluid has attracted more and more attention. The perfusion fluid used in cataract phacoemulsification surgery is a solution similar in chemical composition to

\*通讯作者。

aqueous humor and vitreous humor, which protects intraocular tissues such as corneal endothelial cells, lens, trabecular meshwork, and retina. Therefore, whether the perfusion fluid changes or not will have a great impact on the structure and function of the intraocular tissue. In the process of phacoemulsification for cataract, choosing the ideal perfusion fluid will help prevent a series of complications during and after the operation and make the operation complete successfully.

## Keywords

Phacoemulsification, Perfusion, Intraocular Tissue, Operation Safety, Postoperative Complications

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近年来随着白内障超声乳化手术的不断普及,超声乳化仪在术中使用理想的灌注液进行前房灌注,保障白内障手术的成功以及减少术后并发症的发生引起了广泛的关注和重视。大量文献研究证实,眼内手术中所使用的灌注液的压力、化学成分、渗透压、酸碱度、温度以及离子的缓冲容量等改变均会对角膜、晶状体、视网膜等眼内组织的结构和功能产生影响[1] [2],因此眼内灌注液不仅在术中起到重要作用,在一定程度上对白内障术后效果有着重要影响。现将灌注液的发展变化以及其改变会对白内障超声乳化的影响做以下综述:

## 2. 灌注液发展史

随着眼科科学的不断发展,眼科医师及科学家们也在不断地追求完美、理性中的灌注液。上世纪五十年代,生理盐水成为眼科各大手术中最常用的灌注液,而在上世纪60年代初人们发现生理盐水会使兔和人的角膜内皮水肿而且对眼内组织有毒性作用[3]。七十年代以后,因眼科手术的复杂性、手术时间的延长,以及患者对术后视觉质量的要求增加等,各种不同成分灌注液应运而生,比如(plasmalyte 148, Ringer氏液和乳酸 Ringer氏液)。现阶段研究的进展[4]表明,复方电解质灌注液因含有氯化钠、氯化钾、氯化钙、氯化镁等成分使渗透压更接近生理环境,且灌注液 pH 值稳定在 7.4 左右,更加接近房水的成分和对角膜内皮细胞的保护作用优于乳酸林格氏液。夏洋等[4]在对 60 例年龄相关性白内障的患者进行白内障超声乳化+人工晶体植入术的术中分别使用乳酸林格氏液和复方电解质溶液后观察两组患者术后角膜受损情况,经过对比发现术后视力、角膜水肿及角膜内皮的情况后者皆优于前者,认为对于年龄相关性白内障患者术中应用复方电解质溶液更优于乳酸林格式溶液可广泛地应用到当今的白内障超声乳化手术中。

## 3. 眼内灌注液改变对白内障超声乳化手术产生的影响

### 3.1. 灌注液参与超声乳化仪的构成及其工作原理

超声乳化仪在白内障手术过程中的作用原理简单来说可以分为三步:首先,让附着在晶状体核上的混浊物体发生松动,进而破裂脱落,这一步主要是通过超乳头中以超高频震动产生的一个巨大冲击力多次撞击晶状体核来实现的;然后,破裂脱落下来的混浊物和理想的灌注液相混合起来,形成一种乳糜状的物体;最后,使用抽吸系统将这种乳糜状的混合物体吸出眼球外。

目前常用于白内障手术的超声乳化仪有美国爱尔康公司的 Infiniti 机型、美国眼力健公司的 Signature

机型、美国博士伦公司的 Stellaris 机型，他们各有优点和缺点，但都是由控制系统、超声系统、液流系统和辅助系统等几大部分组成，其他基本结构也大致相同。其中灌注液主要参与液流系统的构成与运转，并在其中发挥重要作用。液流系统由三部分组成——泵、管道以及手柄，其中，泵的作用是产生一个负压，可以将超声乳化仪撞击晶状体核而产生的乳糜状晶核吸附出来，而管道和手柄则主要起到了一个传递的作用，三者工作相辅相成，相互协调。流量的大小可以通过调节泵的转速来控制，二者是一个正向相关的关系，即转速越大，负压输出越大，流量也就越大。此时灌注液除了维持整个液流系统正常运转外还发挥出其物理作用：通过悬挂在高处在重力作用下产生灌注压，维持前房内压力的平衡，对超声手柄进行冷却，防止手柄发热损坏压电部件及针头发热致角膜内皮细胞的损伤，与粉碎的晶状体混合成乳糜状通过管道、手柄吸出眼球外[5]。在缺少灌注的情况下超声乳化仪无法正常运转，液流系统无法正常运转，将无法在术中形成稳定的前房，为术者提供操作空间，也无法有效的带走超乳过程中产生的热量以及保护眼内组织。综上所述无论哪种型号的超声乳化仪都是在灌注液的基础上运行并完成超声乳化手术，因此理想的灌注液对手术起着重要的作用。

### 3.2. 灌注液压力对白内障超声乳化手术产生的影响

灌注液在超声乳化过程中的作用之一维持前房深度，形成稳定的前房，而稳定的前房在整个手术中有以下几个方面的作用：一、有助于瞳孔散大的状态，使前房有一定的深度；二、使得晶体前囊的张力变小，让术者撕囊时更加容易；三、可以在超声乳化头撞击晶状体核时，减少对角膜内皮的损伤。大量的临床工作表明，灌注液瓶高会影响患者的眼内压，进而影响前房的稳定性甚至是手术的安全性。苏文华[6]等为寻求术中最为适宜的灌注液瓶高从而指导临床治疗，对 240 位白内障超声乳化手术患者进行了临床观察，根据术中应用不同灌注液高度随机分为 4 组，对比观察各组患者术后角膜内皮损伤情况后，认为最合适的灌注液瓶高为 80~85 cmH<sub>2</sub>O，超过一定范围的瓶高则会引起角膜内皮可逆或不可逆性损伤。而 Garhofer 等[7]报道，眼内压短期内达到 43 mmHg 时，眼底视网膜或者视盘的血管可通过自动的调节维持眼底供血正常。然而当眼内压波动幅度过大超过眼底血管的自我调节能力时则会导致眼底供血不足、灌注减少[8]。易感眼的视神经及视网膜血管会因为这些改变受到伤害。有研究[9]指出超声乳化白内障摘除手术中的眼内压的稳定与灌注液的瓶高呈相关性，即眼内压的增高会引起眼灌注压的降低、血流量的减少、视网膜的功能受因此临床工作中，对于患有全身性基础疾病，角膜条件不好，眼底已存在神经和血管损伤等，因自身情况改变对手术耐受下降的高危患者，进行超声乳化吸除手术时，更加应该重视眼压增高以及眼压波动带来的影响。损伤，且有可能损伤角膜内皮并引起前房的炎症反应。目前白内障手术中眼压增高或者变化对术后角膜内皮细胞的影响机制还未明确，因而还未对眼压是否作为角膜内皮损伤的因素之一产生足够的重视，仍需要进一步的研究和探讨如何在高手术效率的同时保证手术安全。所以在术中根据患者个体差异调节瓶高改变灌注液的压力，以维持前房的稳定性，对保证手术的安全性有非常重要的意义。

### 3.3. 灌注液添加剂对白内障超声乳化手术产生的影响

1) 地塞米松：李燕子[10]设计了一个对照实验，实验对象为 192 例白内障患者，作者将这 192 例白内障患者均匀的分成了两组，同时进行白内障超声乳化术联合人工晶状体植入术。实验中的唯一变量是灌注液添加剂，其中一组在手术中使用的是平衡盐液，另外一组则使用平衡盐液加地塞米松。实验结果表明，相对于平衡盐液组来说，平衡盐液加地塞米松组的术后表现更为良好，无论是在前房炎症、角膜水肿，还是在后囊混浊等方面，后者都表现出了一定程度上的减少。因此，将地塞米松作为灌注液的添加剂运用到手术过程中，可以有效的减少白内障手术的术后炎症反应。

2) 头孢呋辛注射液: Sobaci 等[11]的研究表明, 在白内障手术中, 将抗生素添加到灌注液中, 会起到一个抗菌的作用。它的作用途径是, 抗生素可以降低前房水以及内房水中细菌培养的阳性率, 因此, 可以有效控制房水的受污染程度, 使得附着在人工晶体上的细菌减少。选择抗生素头孢呋辛作为灌注液中的添加剂是目前国内外都比较认可的一个方法。2017年《我国白内障摘除手术后感染性眼内炎防治专家共识》[12]中指出在术毕前房的灌注液中添加 0.1 ml 的 10 g/L 头孢呋辛, 可以有效的预防白内障手术后的眼内炎。根据西班牙的一项研究, 可以清楚的看到, 手术中使用的灌注液在添加了头孢呋辛之后, 使得术后眼内炎的发生率从 0.59% 直接降到了 0.039% [13]。王玉倩等[14]的对照实验结果也充分说明了在灌注液中添加头孢呋辛的优良性, 相对于平衡盐液组来说, 平衡盐液加头孢呋辛组中房水的受细菌污染程度明显更低。马修彬、黄钰森团队[15]为确定头孢呋辛对预防超声乳化术后急性眼内炎效果, 在调查研究期间一共纳入 61,299 只眼, 根据术中灌注液中是否添加头孢呋辛分为 2 组, 结果显示术中灌注液中添加了头孢呋辛的急性眼内炎发病率明显低于未添加组, 其认为在急性眼内炎发病率高的地区及国家白内障超声乳化手术中灌注液添加头孢呋辛是有必要的, 能减少眼内炎所带来的严重后果, 避免一系列并发症。目前在医疗水平方面我国各级医院有着较大的差距, 其中就白内障手术后急性感染性眼内炎的发病率来言中、小型眼科机构较大型眼科机构高 3 倍以上。因此灌注液添加或前房注入头孢呋辛可降低术后急性感染性眼内炎的发病率, 增加白内障超声乳化手术的安全性, 需要得到广泛的认识。

3) 肾上腺素: 白内障超声乳化手术需要在瞳孔散大的情况下进行操作, 这也要求了必须在术中维持瞳孔足够散大, 才能保证手术的安全性。为了保持瞳孔在手术过程中足够散大的状态, 研究者们考虑将肾上腺素作为灌注液中的添加剂, 因为肾上腺素属于拟交感神经药中的一种, 在白内障超声乳化手术中, 不仅可以起到散大瞳孔的作用, 还能够降低眼压、收缩血管, 有利于手术的顺利进行。Kim 等[16]在兔眼的实验中发现, 在手术中, 使用不同配比的肾上腺素会产生不一样的结果: 1:100,000 的肾上腺素会导致兔眼角膜内皮细胞出现空泡甚至凋亡; 1:1000 的肾上腺素会导致兔眼角膜内皮细胞严重失代偿。因此如何配比肾上腺素, 值得我们眼科医生考虑以及探讨。我国赵娴等[17]在临床试验中设计了一个对比实验, 在白内障超声乳化手术中的 500 mL 灌注液中分别加入不同浓度的肾上腺素注射液, 在手术后, 比较不同组别中的患者的角膜内皮细胞的密度、角膜内皮六角形细胞的比例以及角膜内皮细胞的变异系数, 可以得出结论——在 500 ml 灌注液中添加 0.1 ml 的 1% 肾上腺素是最佳的一个选择。

4) 妥布霉素地塞米松: 白内障超声乳化术手术虽然有着创伤小、出血少、术后恢复快等特点, 但考虑患者的全身因素如高龄、严重基础疾病和免疫功能低下等疾病, 超声乳化手术作为一种有创的治疗方式, 其术后炎症和出血风险将大大增高, 术后炎症反应严重的患者可出现术眼前房纤维蛋白的渗出和粘连, 眼内压增高, 出血等风险。李素华等[18]在临床试验中得出结论: 将妥布霉素地塞米松作为手术中灌注液的添加剂, 可以有效控制房水的受细菌污染程度, 使得附着在人工晶体上的细菌减少, 进而降低术后眼内炎发生的概率以及前房出血的风险。

5) 5%氯化钠溶液: 白内障术后晶状体后囊混浊(posterior capsular opacification, PCO): 是最常见的白内障术后并发症, 有研究显示 PCO 术后发病率在 5%~50% [19], 在儿童其发病率高达 100% [20], 而一旦术后出现了 PCO 并发症的情况, 患者的视力以及视觉也会相应的受到影响, 比如出现炫光、对比敏感度下降等症状。目前常用的 PCO 治疗方法为 YAG 激光后囊膜切开术, 但仍存在激光造成人工晶体偏移、倾斜等影响最佳视功能的不良反应[21] [22]。根据 PCO 的发病机制是晶状体上皮细胞(LECs)的增殖分化及移行, 所以降低其发病率的根本在于晶状体上皮细胞的生物行为[23]。郝兆芹等[24]选取 24 只白兔随机分成了两组, 每只随机选取一只眼由同一名医生进行白内障囊外摘除+人工晶体植入术, 对照组使用眼内专用灌注液, 治疗组使用 5%氯化钠溶液, 该研究认为晶状体上皮细胞增殖能被 5%氯化钠溶液所抑制, 因此 5%氯化钠溶液可以抑制兔眼白内障术后 PCO 的形成, 可作为预防 PCO 的有效药物, 但还未经过临

床试验, 具体浓度、剂量及作用时间还未明确指出, 以及其对眼内其他组织是否存在影响还需进一步探索, 远期效果还需观察。

### 3.4. 灌注液温度对白内障超声乳化手术产生的影响

在白内障超声乳化过程中, 超乳头尖端振动产生的摩擦热及产生超声的粉碎、乳化作用, 都会形成局部的高温, 损伤眼内组织, 造成可逆或不可逆的损伤。因此, 如何提升超声乳化仪的设计, 降低在白内障手术中因热能损伤所带来的一系列不良反应, 成为了科技发展过程中值得关注的一个问题。目前, 随着超声手柄技术的发展, 这个问题得到了良好的解决, 相较于传统手柄来说, 超声手柄技术有效的减少了手术给眼部组织, 特别是角膜内皮所带来的损伤, 如 Stellaris 机型通过特有的 28.5 kHz 低频超声手柄可提供更多有效气穴; EUips Transeversal 超声手柄结合了横向和纵向两种模式; Infiniti 机型应用的“扭动超声(Ozil)”技术, 改变了传统的前后切割运动方式采用弯针头左右侧向摆动切割运动, 增加了超乳头的抓吸晶体核的能力, 减少晶体颤动, 降低了能量式浪费, 减少了超乳过程中的热效应, 手术过程中产热量比传统超声乳化仪降低了 2/3 [25]。除此之外就如何降低超声的粉碎、乳化作用, 在前房产生的热量对眼内组织的损伤, 我国孙建初等[26]在手术中, 分别使用 8℃ 的低温灌注液和 24℃ 的正常灌注液, 术后观察患者的角膜水肿情况发现, 相对于正常灌注液组的患者来说, 低温灌注液组患者的角膜内皮细胞的受损伤程度明显降低, 因此, 使用低温灌注液进行手术能够有效的预防并发症以及后遗症。随后郭贤义等[27]为了验证将冷藏灌注液运用到白内障超声乳化手术中的可行性, 设计了一组对照实验。实验对象为 184 例白内障患者, 将他们分成了两组同时进行白内障超声乳化手术, 实验组使用冷藏灌注液, 对照组使用正常灌注液。实验结果表明, 相对于正常灌注液组的患者来说, 冷藏灌注液组的患者在术后, 其角膜灼伤以及角膜水肿的程度较低, 因此可以得出结论——在白内障超声乳化手术中, 使用冷藏灌注液能够有效预防高温所导致的角膜损伤。而在动物实验上刘军[28]在观察对比低温和室温眼内灌注液在眼前段手术中应用的差异, 将 20 只新西兰大白兔, 随机分两组, A 组术中采用低温(4℃~10℃)眼内灌注液, B 组采用室温(25℃)眼内灌注液, 双眼均接受透明晶体摘除术。术后葡萄膜炎反应低温组低于常温组, 屈光间质透明度低温组优于常温组。发现局部低温环境在实验动物眼前段手术中, 对手术引起的短期创伤炎症反应具有抑制作用。但是 Jousseaume 等[29]对此有不同看法, 在 Jousseaume 的实验中, 将患者分成 BSS plus 组和乳酸林格液组之后, 分别使用温度为 8℃ 的灌注液和温度为 24℃ 的灌注液对患者同时进行手术, 观察两组患者术后的角膜内皮细胞密度发现, 并无明显差异。Findl 等[30]在使用极低温(2℃)灌注兔眼时发现会使兔视网膜形成局灶性损伤。故是否有必要选择低温灌注液, 哪些患者应该选择低温灌注液, 选择温度为多少, 值得我们思考及探索。

综上所述灌注液不仅在术中通过维持前房的深度保证白内障超声乳化手术的顺利进行, 更重要的是, 灌注液本身对角膜正常生理功能的保护是术后获得良好视功能的必要条件, 而灌注液又因为其自身的可变性, 因此对于灌注液种类的选择, 辅助药物的添加, 压力及温度的选择, 都值得每位眼科医师考量和研究。

## 4. 灌注液未来的发展及展望

随着医学的发展, 各个学科、专业知识的融合, 对白内障这个疾病认识的加深, 目前并不单纯地局限于治疗疾病本身, 而是综合患者全身情况进行评估, 其中白内障手术也不仅仅以达到复明为最终目标, 更多的满足患者对视觉质量的提高的要求, 对此灌注液也是从最开始的生理盐水到如今的复方电解质溶液及增加各种添加剂的新溶液的转变。针对患有全身性疾病如糖尿病、高血压、风湿免疫性疾病等, 或者患有青光眼、葡萄膜炎等并发白内障的患者, 此时患者眼内组织及眼内液成分已发生变化, 是否还因

常规使用普通的灌注液？是否有针对这一类疾病的新型灌注液出现？也许我们可以期待在不久的将来研发出一种新的、全能的、与组织相容性更好的灌注液，适用于所有的疾病。

## 基金项目

深圳市第二人民医院临床研究项目(No. 20193357009)。

## 参考文献

- [1] Nakamura, M., Nakano, T. and Hikida, M. (1994) Effects of Oxidized Glutathione and Reduced Glutathione on the Barrier Function of the Corneal Endothelium. *Cornea*, **13**, 493-495. <https://doi.org/10.1097/00003226-199413060-00004>
- [2] Yagoubi, M.I., Axmitage, W.J. and Diamond, J. (2004) Effects of Irrigation Solutions Oil Corneal Endothelial Function. *British Journal of Ophthalmology*, **78**, 302-305. <https://doi.org/10.1136/bjo.78.4.302>
- [3] 张劲松, 韦秋红. 眼内灌注液[J]. 中国实用眼科杂志, 1999, 17(8): 450-453.
- [4] 夏洋, 刘超, 张康玉, 等. 乳酸林格氏液和复方电解质灌注液在白内障超声乳化术中的应用比较[J]. 国际眼科杂志, 2017, 17(11): 2028-2031.
- [5] 杨军, 李跃杰, 李穗, 计建军, 王效宁, 王延群, 宋学东. 超声乳化原理在眼科的应用[J]. 生物医学工程研究, 2005(2): 110-112.
- [6] 苏文华, 李珣旖, 刘越, 等. 白内障超声乳化摘除术中灌注液瓶高度对角膜内皮的影响[J]. 当代医学, 2020, 26(14): 169-171.
- [7] Garhofer, G., Resch, H., Weigert, G., et al. (2005) Short-Term Increase of Intraocular Pressure Does Not Alter the Response of Retinal and Optic Nerve Head Blood Flow to Flicker Stimulation. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **46**, 1721-1725. <https://doi.org/10.1167/iovs.04-1347>
- [8] Solomon, K.D., Lorente, R., Fanney, D., et al. (2016) Clinical Study Using a New Phacoemulsification System with Surgical Intraocular Pressure Control. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **42**, 542-549. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.01.037>
- [9] 陈文倩, 叶子, 黄扬, 等. 超声乳化白内障摘除术中眼压变化对眼内组织的影响综述[J]. 解放军医学院学报, 2018, 39(10): 919-921, 封3.
- [10] 李燕子. 地塞米松眼内灌注液应用于白内障超声乳化术[J]. 中国实用眼科杂志, 2012, 30(9): 1095-1097.
- [11] Sobaci, G., Tuncer, K., Tas, A., et al. (2003) The Effect of Intraoperative Antibiotics in Irrigating Solutions on Aqueous Humor Contamination and Endophthalmitis after Phacoemulsification Surgery. *European Journal of Ophthalmology*, **9**, 773-778. <https://doi.org/10.1177/1120672103013009-1007>
- [12] 中华医学会眼科学分会白内障及人工晶状体学组. 我国白内障摘除手术后感染性眼内炎防治专家共识(2017年) [J]. 中华眼科杂志, 2017, 53(11): 810-813.
- [13] Rodriguez-Caravaca, G., Garcia-Saenz, M.C., Villar-Del-Campo, M.C., et al. (2013) Incidence of Endophthalmitis and Impact of Prophylaxis with Cefuroxime on Cataract Surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **39**, 1399-1403. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.03.031>
- [14] 王玉倩, 黄钰森. 白内障超声乳化术中灌注液加入头孢呋辛对房水细菌污染的控制作用[J]. 眼科新进展, 2019, 39(8): 749-753.
- [15] Ma, X., Xie, L. and Huang, Y. (2020) Intraoperative Cefuroxime Irrigation Prophylaxis for Acute-Onset Endophthalmitis after Phacoemulsification Surgery. *Infection and Drug Resistance*, **13**, 1455-1463. <https://doi.org/10.2147/IDR.S252674>
- [16] Kim, E.C., Park, S.H. and Kim, M.S. (2010) A Comparison of Pupil Dilation and Induction of Corneal Endothelial Apoptosis by Intracameral 1% Lidocaine versus 1:100,000 Epinephrine in Rabbits. *Journal of Ocular Pharmacology and Therapeutics: The Official Journal of the Association for Ocular Pharmacology and Therapeutics*, **6**, 563-570. <https://doi.org/10.1089/jop.2010.0078>
- [17] 赵娴, 刘婕, 邵丽静, 等. 白内障手术灌注液中肾上腺素合理浓度的研究[J]. 河北医科大学学报, 2016, 37(7): 802-805.
- [18] 李素华, 高永峰, 李剑波, 等. 玻璃体切除术在青光术后滤过泡感染相关性眼内炎治疗中应用的评价[J]. 中华医院感染学杂志, 2016, 26(5): 1070-1072.
- [19] 杨晓岗, 曲晓瑜, 潘士印, 等. 吉西他滨预防家兔后发性白内障的实验研究[J]. 山西医科大学学报, 2017(9):

- 940-944.
- [20] Medsinge, A. and Nischal, K.K. (2015) Pediatric Cataract: Challenges and Future Directions. *Clinical Ophthalmology (Auckland NZ)*, **9**, 77-90. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S59009>
- [21] Cornea Preservation Time Study Group, Rose-Nussbaumer, J., Szczołka-Flynn, L.B., *et al.* (2018) Donor, Recipient, and Operative Factors Associated with Graft Success in the Cornea Preservation Time Study. *Ophthalmology*, **125**, 1700-1709.
- [22] Galvin, J.C., *et al.* (2018) Two Cases of Very Late-Onset Capsular Bag Distension Syndrome. *American Journal of Ophthalmology Case Reports*, **10**, 268-270. <https://doi.org/10.1016/j.ajoc.2018.03.019>
- [23] 赵婷婷, 张璐, 王文飞, 等. 高糖对人晶状体上皮细胞凋亡相关基因表达的影响[J]. 眼科新进展, 2010, 30(4): 341-345.
- [24] 郝兆芹, 马强, 武炳慧, 等. 高渗盐水对后发性白内障抑制作用的实验研究[J]. 陕西医学杂志, 2019, 48(11): 1414-1417, 1446.
- [25] 程冰, 刘奕志, 林振德. 超声乳化动力学的应用进展[J]. 中华眼科杂志, 2007, 43(6): 567-568.
- [26] 孙建初, 刘国英, 李卫, 等. 低温灌注液在 Phaco 手术中的临床观察[J]. 中国微循环, 2005, 9(2): 128-129, 134.
- [27] 邬贤义, 谢丙贵, 谭茜. 冷藏灌注液在白内障超声乳化术中的应用价值[J]. 医学临床研究, 2013(8): 1505-1506, 1507.
- [28] 刘军. 低温眼内灌注液在动物内眼手术中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京大学, 2007.
- [29] Jousseaume, A.M., Barth, U., Cubuk, H., *et al.* (2000) Effect of Irrigating Solution and Irrigation Temperature on the Cornea and Pupil during Phacoemulsification. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **26**, 392-397. [https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(99\)00470-8](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(99)00470-8)
- [30] Findl, O., Amon, M., Kruger, A., *et al.* (1999) Effect of Cooled Intraocular Irrigating Solution on the Blood-Aqueous Barrier after Cataract Surgery. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **25**, 566-568. [https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(99\)80057-1](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(99)80057-1)