

# 地塞米松注射液联合葡萄糖高渗液对兔眼角膜内皮的保护作用

李彪<sup>1</sup>, 尹利<sup>1</sup>, 曲超<sup>1,2</sup>

引用:李彪,尹利,曲超.地塞米松注射液联合葡萄糖高渗液对兔眼角膜内皮的保护作用.国际眼科杂志 2020;20(9):1498-1503

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.81570848);四川省科技厅科技支撑项目(No.2015JZ0004)

作者单位:<sup>1</sup>(646000)中国四川省泸州市,西南医科大学;  
<sup>2</sup>(610072)中国四川省成都市,四川省医学科学院·四川省人民医院眼科

作者简介:李彪,在读硕士研究生,研究方向:白内障。

通讯作者:曲超,眼科学博士,教授,主任医师,博士研究生导师,研究方向:白内障、青光眼. lucyjeffersonqu@hotmail.com

收稿日期:2019-09-27 修回日期:2020-08-04

## 摘要

**目的:**探讨地塞米松联合葡萄糖高渗液对兔眼角膜内皮的保护作用。

**方法:**健康日本大耳白兔 20 只 40 眼按随机数字表法分为 A、B、C、D 四组,各组均予以平衡盐溶液与灭菌注射用水按 3:7 配成的低渗液维持前房灌注 10min 建立角膜水肿动物模型,A 组造模后立即予以地塞米松注射液 0.2mL 结膜下注射、高渗葡萄糖液点眼,B 组造模后立即予以 0.9%生理盐水 0.2mL 结膜下注射、平衡盐溶液点眼,C 组造模后第 2d 予以地塞米松注射液 0.2mL 结膜下注射、高渗葡萄糖液点眼,D 组造模后第 2d 予以 0.9%生理盐水 0.2mL 结膜下注射、平衡盐溶液点眼。造模后第 1、3、5、7d 在裂隙灯下观察兔眼角膜水肿情况,角膜内皮仅测量角膜内皮细胞计数,前节 OCT 检查角膜,并用 A 超测量角膜中央厚度。

**结果:**A 组兔眼在整个实验观察期间角膜无水肿或仅轻度水肿,角膜中央厚度几乎未增加,角膜内皮细胞数无明显变化,与造模前相比均无明显差异( $P>0.05$ );B、C、D 组兔眼造模后角膜均出现不同程度水肿,角膜厚度增加,与 A 组比较有明显差异( $P<0.05$ ),且 B、D 组兔眼由于角膜水肿在观察期间无法测出角膜内皮细胞数,C 组至造模后第 7d 可测出角膜内皮细胞数,但较造模前及 A 组造模后第 7d 角膜内皮细胞数均明显减少( $P<0.05$ )。

**结论:**地塞米松注射液联合葡萄糖高渗液对兔眼角膜内皮细胞有良好的保护作用,早期联合应用能有效预防及治疗角膜水肿,避免进展至角膜内皮失代偿。

**关键词:**白内障;角膜内皮细胞;角膜水肿;高渗液;地塞米松

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2020.9.06

## Protective effect of Dexamethasone combined with hypertonic solution on corneal endothelium in rabbit eyes

Biao Li<sup>1</sup>, Li Yin<sup>1</sup>, Chao Qu<sup>1,2</sup>

**Foundation items:** National Natural Science Foundation (No. 81570848); Science and Technology Support Project of Sichuan Provincial Science and Technology Department (No.2015JZ0004)

<sup>1</sup>Southwest Medical University, Luzhou 646000, Sichuan Province, China; <sup>2</sup>Department of Ophthalmology, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610072, Sichuan Province, China

**Correspondence to:** Chao Qu. Southwest Medical University, Luzhou 646000, Sichuan Province, China; Department of Ophthalmology, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610072, Sichuan Province, China. lucyjeffersonqu@hotmail.com

Received:2019-09-27 Accepted:2020-08-04

## Abstract

• **AIM:** To explore the protective effect of dexamethasone combined with hypertonic solution on corneal endothelial cells of rabbit eyes.

• **METHODS:** We made four groups of rabbits for different treatments with dexamethasone and hypertonic solution. All groups were treated with low-permeability solution for 10min to maintain anterior chamber perfusion. Group A was treated with 0.2mL dexamethasone subconjunctival injection, and hypertonic glucose eye drop immediately after surgery. Group B (control group) was subjected to 0.2mL of 0.9% saline subconjunctival injection, and balanced salt solution eye drop immediately after surgery. In group C, 0.2mL dexamethasone subconjunctival injection, and hypertonic glucose eye drop were given on the second day of surgery and in group D (control group), 0.2mL of 0.9% saline through subconjunctival injection and balanced salt solution eye drop were given on the second day of the surgery. The edema degree of cornea was observed with slit lamp before the operation and on the 1, 3, 5 and 7d after operation. The cornea were also examined by anterior segment OCT, and the corneal thickness was measured by A-scan ultrasonography.

• **RESULTS:** In group A, during the entire experimental observation period, the cornea had no edema or only mild edema, the thickness of the central cornea hardly increased, and the number of corneal endothelial cells did not change significantly. There was no significant difference compared with (control group B) before

modeling ( $P > 0.05$ ). In groups B, C, and D, corneal edema and corneal thickness increased after the rabbit eyes were modeled. There was a significant difference compared with group A ( $P < 0.05$ ). The number of corneal endothelial cells in the rabbit eyes of groups B and D could not be measured during the observation period due to corneal edema. The number of corneal endothelial cells can be measured in group C up to the 7d after modeling. The number of corneal endothelial cells in group C was significantly reduced as compared with group A ( $P < 0.05$ ), which before modeling and the 7d after modeling.

• **CONCLUSION:** Dexamethasone combined with hypertonic glucose solution has a good protective effect on rabbit corneal endothelial cells. And early application can effectively prevent rabbit corneal edema and this method can also prevent the progression of corneal endothelial decompensation.

• **KEYWORDS:** cataract; corneal endothelial cell; corneal edema; hyperosmotic fluid; Dexamethasone

**Citation:** Li B, Yin L, Qu C. Protective effect of Dexamethasone combined with hypertonic solution on corneal endothelium in rabbit eyes. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2020;20(9):1498-1503

## 0 引言

目前,白内障仍然是全世界第一大致盲眼病,随着现代生活水平逐步提高,医学不断发展进步,人类平均寿命的延长,白内障发病率和患病率呈逐年递增趋势<sup>[1]</sup>。手术依然是治疗白内障最有效的途径<sup>[2]</sup>,白内障超声乳化术因为治疗效果好、手术时间短、创伤小、产生术源性散光低、术后恢复快等优点近年来被眼科医生广泛采用<sup>[3-4]</sup>,然而超声乳化术后的一系列并发症影响了手术效果,角膜水肿是最常见的术后并发症之一<sup>[5]</sup>,国外有研究者报道超声乳化术后角膜水肿的发生率为 12.7%<sup>[6]</sup>。角膜内皮细胞在维持角膜正常厚度、透明性方面起着重要作用<sup>[7]</sup>,常规超声乳化手术由于超声乳化的能量及乳化颗粒的机械损伤均会引起角膜内皮细胞数量不同程度下降。但是通常角膜内皮细胞数量  $> 1500\text{cells}/\text{mm}^2$  手术都是安全的。以往的共识认为角膜内皮细胞数量  $< 1500\text{cells}/\text{mm}^2$  可以考虑白内障囊外摘除 (extracapsular cataract extraction, ECCE),但是随着手术设备的优化,手术技巧的日趋完善,很多术者在探寻角膜内皮细胞数量的最低界限,目前角膜内皮细胞数量在  $400 \sim 800\text{cells}/\text{mm}^2$  被认为是一个界限值。

超声乳化术中,角膜内皮细胞受到损伤,术后早期细胞的能量主要用于两方面:(1)自身修复;(2) $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  ATP 泵工作,保持角膜脱水状态。因此如果术后早期(术后 0~24h)使用高渗液保持角膜的脱水状态,内皮细胞将节省出更多的能量,用于自身修复。我们在临床观察发现,术后第 1d 早上,通常是角膜能否经受手术考验的关键时间点,如果术后第 1d 早上角膜透明,则角膜水肿不会再有加重。如果角膜水肿,高渗液的使用时间可能是病情的转折点。本研究采用兔作为研究对象,探讨地塞米松联合高渗液对兔眼角膜内皮的早期保护作用,为临床治疗角膜水

肿,防止角膜内皮失代偿提供参考依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

1.1.1 实验动物与分组 健康成年日本大耳白兔 20 只 40 眼(四川省人民医院实验动物中心提供),雌雄不限,体质量 2.0~2.2kg,均在裂隙灯显微镜下检查,排除有眼部疾病者。按随机数字表法分为 A、B、C、D 四组(每组 5 只 10 眼)。本研究通过四川省人民医院医学伦理委员会审查[No. 伦审(研)2019 年第 273 号]。

1.1.2 主要试剂 葡萄糖高渗液(50%葡萄糖注射液与维生素 C 注射液按 5:1 比例配制,无菌操作,现配现用,4℃ 恒温冰箱保存);0.2%地塞米松注射液(辰欣药业);0.4%盐酸奥布卡因滴眼液(参天制药)。

1.1.3 主要仪器 眼科手术显微镜(Zeiss S88, Zeiss Corporation, German);裂隙灯光学显微镜(Topcon Corporation, Japan);A 超角膜厚度测量仪(Pachymeter SP-3000, Japan);相干光断层扫描成像系统(RTVuee 100-2, America);角膜内皮仪(Topcon SP-3000P, Japan)。

### 1.2 方法

1.2.1 角膜水肿动物模型建立 造模前用角膜厚度测量仪测量角膜中央厚度(CCT),角膜内皮仪测量角膜内皮细胞计数,前节 OCT 检查角膜。所有兔均采用 30mg/mL 戊巴比妥溶液(1mL/kg)耳缘静脉注射麻醉,待进入全麻状态后,将其侧卧位固定于手术台上,术眼常规消毒铺巾。开睑器开睑,聚维酮碘+生理盐水冲洗结膜囊,0.4%盐酸奥布卡因 1 滴滴于结膜囊行表面麻醉,显微齿镊固定眼球,用 2.4mm 角膜穿刺刀分别于 12:00、3:00 位透明角膜缘做自闭性切口,前房维持器连接接有平衡液与灭菌注射用水按 3:7 比例(基于前期实验观察结果,该比例既能建立兔眼角膜水肿模型,又不会导致兔眼角膜内皮失代偿)配制的低渗液输液器,瓶高 75cm,从 12:00 位进入前房,斜口朝向晶状体但不接触晶状体及角膜,维持前房灌注,并用钝性针头穿刺入 3:00 位切口,保持引流通畅,防止眼压过高,并于显微镜下观察角膜水肿情况,维持前房灌注 10min。角膜雾样水肿,则造模成功。若实验操作过程中刺伤晶状体或角膜,则按要求重新补充实验动物。

1.2.2 造模后处理 A 组:造模后立即予以地塞米松注射液 0.2mL 结膜下注射,高渗葡萄糖液按 15min/次频繁点眼;B 组:造模后立即予以 0.9%生理盐水 0.2mL 结膜下注射,平衡盐溶液按 15min/次频繁点眼;C 组:造模后第 2d 予以地塞米松注射液 0.2mL 结膜下注射,高渗葡萄糖按 15min/次频繁点眼;D 组:造模后第 2d 予以 0.9%生理盐水 0.2mL 结膜下注射,平衡盐溶液按 15min/次频繁点眼。各组滴眼液滴眼每天持续 8h,共 7d。

### 1.2.3 观察指标

1.2.3.1 兔眼角膜裂隙灯显微镜下观察 造模后第 1、3、5、7d 于裂隙灯下观察兔眼角膜水肿情况,参考文献[8]将角膜水肿程度分为 0~4 级:0 级,角膜完全透明,无水肿;1 级,角膜轻度水肿,可观察到虹膜、晶状体细节;2 级,角

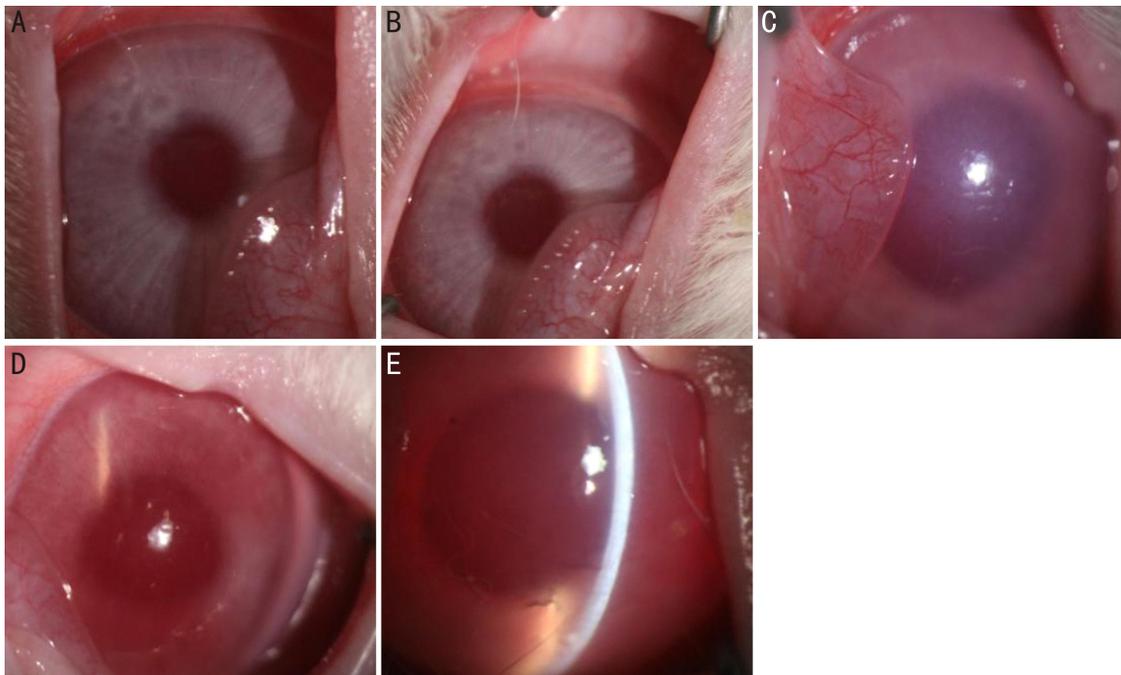


图1 各组实验兔造模后第3d裂隙灯下观察角膜水肿情况 A:造模前,角膜透明;B:A组,角膜透明;C:B组,角膜弥漫水肿,眼内结构窥不清;D:C组,角膜水肿,但尚可观察到虹膜;E:D组,角膜弥漫水肿,眼内结构窥不清。

膜中度水肿,可观察到虹膜、晶状体;3级,严重的角膜水肿,无法观察到晶状体;4级,弥漫角膜水肿,无法观察到虹膜。

**1.2.3.2 兔眼 CCT 测量** 超声测厚法是临床上应用最广泛的 CCT 测量方法<sup>[9]</sup>,被公认为是角膜厚度测量的“金标准”<sup>[10]</sup>。造模后第1、3、5、7d行裂隙灯检查后测量 CCT,具体方法为将兔固定于专用固定架上,以0.4%盐酸奥布卡因表面麻醉后,使用 A 超角膜厚度测量仪测量 CCT,测量5次取平均值。

**1.2.3.3 兔眼角膜内皮细胞计数** 造模后第1、3、5、7d全身麻醉后采用角膜内皮仪行角膜内皮细胞检查,测量角膜内皮细胞计数。

**1.2.3.4 兔眼前节 OCT 检查** 造模后第1、3、5、7d全身麻醉后行前节 OCT 检查,观察兔眼角膜水肿情况。

统计学分析:采用 SPSS 22.0 统计学软件进行统计学分析。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,角膜中央厚度的比较采用重复测量数据的方差分析,进一步两两比较采用 LSD-*t* 检验;两组之间角膜内皮细胞数的比较采用独立样本 *t* 检验,同一组造模前后比较采用配对样本 *t* 检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 兔眼角膜裂隙灯显微镜下观察** 造模前,各组兔眼角膜透明(图1A)。造模后,A组兔眼在整个实验观察中角膜保持透明,水肿程度为0~1级(图1B);C组兔眼造模后第1d角膜水肿最明显,为2~3级(图1D),其后逐渐消退;B、D组兔眼造模后角膜水肿明显,至造模后第3d最显著,为3~4级(图1C、1E),最长消退时间为造模后21d,角膜基本恢复透明,未出现角膜大泡性病变,考虑与兔眼角膜内皮可再生有关。造模前后各组兔眼角膜水肿程度分级见图2。

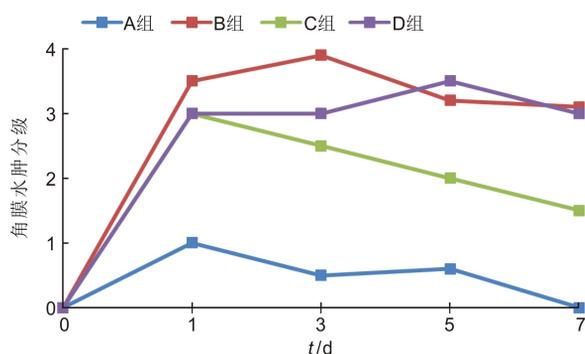


图2 各组实验兔在不同观察时间点角膜水肿程度。

**2.2 兔眼角膜中央厚度测量结果** 造模前后不同时间点各组兔眼 CCT 测量结果比较具有时间差异性 ( $F = 1514.703, P < 0.05$ ) 和组间差异性 ( $F = 801.98, P < 0.05$ ),且不同组在不同时间上的变化趋势具有差异性 ( $F = 29.402, P < 0.05$ ),见表1~3。造模前,各组兔眼 CCT 测量结果差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。造模后,A组兔眼 CCT 在实验过程中变化不明显;C组兔眼 CCT 在造模后第1d最高,其后逐渐下降;B、D组兔眼 CCT 明显增加,在造模后第3d增加最明显,其后逐渐缓慢下降。

**2.3 兔眼角膜内皮细胞测量结果** 造模前,各组兔眼角膜内皮细胞计数分别为  $2979.6 \pm 273.3$ 、 $2947.4 \pm 210.3$ 、 $3002.3 \pm 145.1$ 、 $3017.8 \pm 125.3$  cells/mm<sup>2</sup>,差异无统计学意义 ( $F = 0.272, P > 0.05$ )。造模后第1、3、5、7d,A组兔眼角膜内皮细胞数分别为  $2962.9 \pm 223.4$ 、 $2984.9 \pm 232.6$ 、 $2991.2 \pm 243.0$ 、 $2983.7 \pm 251.1$  cells/mm<sup>2</sup>,差异无统计学意义 ( $F = 0.02, P > 0.05$ );造模后第7d,C组兔眼可测出角膜内皮细胞数为  $2821.8 \pm 141.1$  cells/mm<sup>2</sup>,与C组造模前相比差异有统计学意义 ( $t = 11.498, P < 0.05$ ),与A组造模后第7d相比差异有统计学意义 ( $t = -2.024, P < 0.05$ );

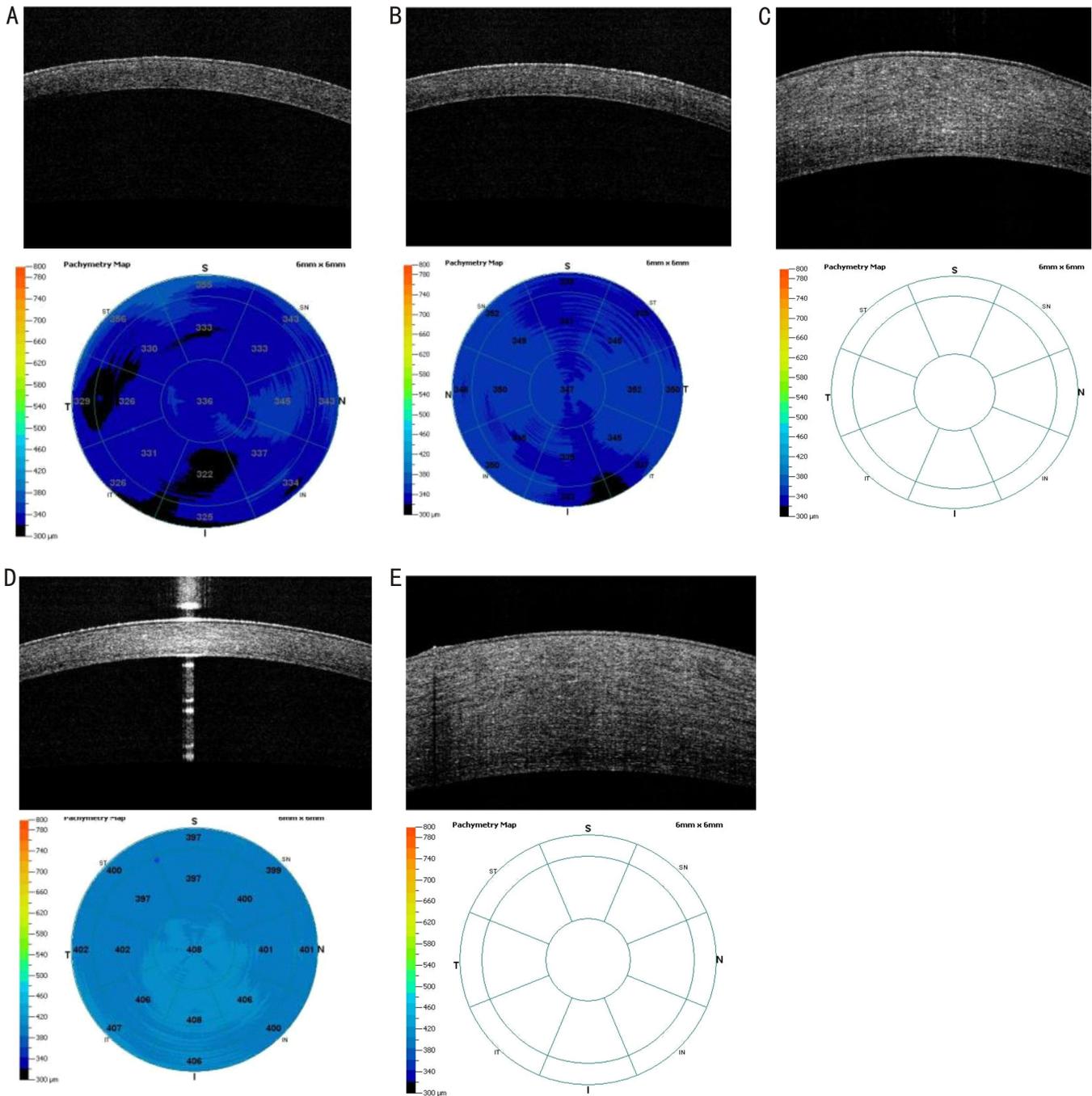


图3 各组实验兔造模后第3d前节OCT检查结果 A:造模前,角膜厚度正常;B:A组,角膜厚度正常;C:B组,角膜明显增厚,超过OCT自动测厚上限;D:C组,角膜轻度增厚;E:D组,角膜明显增厚,超过OCT自动测厚上限。

表1 各组兔眼在不同时间测量的CCT值

组别	造模前	造模后第1d	造模后第3d	造模后第5d	造模后第7d
A组	337.6±8.1	351.2±15.4	336.6±7.0	330.7±6.4	328.3±5.4
B组	332.1±6.2	542.9±25.5	850.3±51.7	718.5±70.7	628.0±43.7
C组	337.3±5.3	530.9±27.9	417.9±14.5	401.9±27.1	398.2±9.4
D组	338.2±6.9	530.0±21.9	895.5±31.8	737.7±39.7	703.1±22.1

B、D组兔眼由于角膜水肿在观察期间无法测出角膜内皮细胞数量。

2.4 兔眼前节OCT检查情况 兔眼前节OCT图像可见,造模前各组兔眼角膜厚度正常(图3A);造模后,A组兔眼角膜无明显增厚(图3B),C组兔眼角膜轻度增厚(图3D),B、D组兔眼角膜基质明显水肿,厚度增加,超过

OCT自动测厚上限(800 $\mu$ m)(图3C、3E)。

### 3 讨论

角膜内皮细胞在维持角膜透明性方面具有十分重要的作用。角膜内皮由一层厚约5 $\mu$ m的六角形扁平细胞构成,内皮细胞之间的缝隙连接及基质构成机械屏障连同细胞的离子泵功能,可防止过多水分进入角膜基质并将多余

表2 各组兔眼不同时间 CCT 的比较

组别	造模前	造模后第 1d	造模后第 3d	造模后第 5d	造模后第 7d	P 值
A 组 vs B 组	0.08	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
A 组 vs C 组	0.94	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
A 组 vs D 组	0.84	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	
B 组 vs C 组	0.09	0.26	<0.001	<0.001	<0.001	
B 组 vs D 组	0.06	0.22	0.18	0.98	0.02	
C 组 vs D 组	0.78	0.93	<0.001	<0.001	<0.001	

表3 不同时间各组兔眼 CCT 的比较

时间	A 组	B 组	C 组	D 组	P 值
造模前 vs 造模后第 1d	0.24	<0.001	<0.001	<0.001	
造模前 vs 造模后第 3d	1.00	<0.001	0.07	<0.001	
造模前 vs 造模后第 5d	0.41	<0.001	<0.001	<0.001	
造模前 vs 造模后第 7d	0.08	<0.001	<0.001	<0.001	
造模后第 1d vs 造模后第 3d	0.19	<0.001	0.4	<0.001	
造模后第 1d vs 造模后第 5d	0.02	<0.001	<0.001	<0.001	
造模后第 1d vs 造模后第 7d	0.01	0.01	<0.001	<0.001	
造模后第 3d vs 造模后第 5d	0.51	0.02	0.82	<0.001	
造模后第 3d vs 造模后第 7d	0.09	<0.001	0.75	<0.001	
造模后第 5d vs 造模后第 7d	0.99	0.04	1.00	0.27	

水分主动排出细胞从而维持角膜透明。人类角膜内皮细胞数量约 2800~4000cells/mm<sup>2</sup>,并随着年龄增加而逐渐减少,一般以每年 0.6%的速度下降。此外,外伤、青光眼、糖尿病及多种角膜原发病如 Fuchs 角膜内皮营养不良、Peters 异常、圆锥角膜<sup>[11]</sup>等均可造成角膜内皮细胞损伤。人类角膜内皮细胞不可再生,损伤后将由周围的细胞扩大、移行代偿其功能。Goktas 等<sup>[12]</sup>通过动物实验发现,角膜内皮细胞密度的危险阈值是 1000cells/mm<sup>2</sup>,当细胞密度低于阈值时,角膜水肿的发生率成倍增长,若损伤导致角膜内皮细胞数量明显减少,低于临界值,残余细胞将不能代偿其功能,可导致角膜内皮失代偿,发生严重角膜水肿,甚至角膜大泡性病变。目前对于术后角膜水肿的治疗主要有药物治疗,包括类固醇激素、非甾体抗炎类药物、重组人表皮生长因子滴眼液、谷胱甘肽、高渗液等,其中类固醇激素具有强大的抗炎作用,可抑制免疫反应,抑制炎性渗出,保护受损伤的细胞,而高渗液是辅助内皮细胞完成角膜脱水状态的一种重要物质,可能帮助内皮细胞节约能量,从而使内皮细胞有更多的能量用于自身修复。

我们推测超声乳化术后早期内皮细胞损伤最重,细胞刚刚经历了手术损伤,包括超声能量<sup>[13]</sup>、超声乳化产生的热量、皮质碰撞等机械性损伤、灌注液的损伤<sup>[14]</sup>等。术后早期,内皮细胞的生存环境也相对恶劣,前房的微环境处于恢复状态,房水 pH 值、渗透压、电解质及其他物质的含量都在逐步回归正常状态。因此,术后保护细胞的治疗应该在手术结束后立即进行。同样的治疗措施,使用的时间不同,可能是完全不同的结果。本研究中,A 组和 C 组采用同样的药物,但是不同的给药时间,A 组造模结束后,立即进行药物保护,C 组则是模仿临床的传统方法,临床治疗中总是在术后第 1d 早上若发现问题才进行处理,我们认为这种做法可能错过了最佳的治疗时机。本研究发

现,A 组由于用药时间早,可能使大量临界细胞顺利完成了自身修复,得以存活,所以仅在造模后第 1d 早上角膜有 1 级水肿,角膜厚度没有明显增加;而 C 组在造模后第 1d 早上角膜水肿严重,此后开始使用高渗液,角膜厚度变薄,但是,也许由于细胞负担过重,导致更多角膜内皮细胞死亡,所以造模后 1wk 内,尽管高渗液连续使用,但是角膜厚度基本均在 400μm 以上,造模后各观察时间点 A、C 组兔眼角膜中央厚度差异显著。1wk 后,C 组兔眼角膜透明,第一时间测量了角膜内皮细胞计数,C 组的内皮细胞数量明显小于 A 组,这表明高渗液的延迟使用,导致了角膜内皮细胞更多的死亡。B、D 组作为对照组,未给予地塞米松注射液结膜下注射和高渗液滴眼,在整个观察期间,B、D 组角膜明显水肿,角膜内皮细胞无法计数。上述研究结果表明,地塞米松注射液联合葡萄糖高渗液对兔眼角膜内皮具有保护作用,提前用药对于角膜内皮的保护有着关键性的作用。本实验的观察期仅为 7d,主要是由于兔眼角膜内皮细胞具有增生能力,这与人眼不同,长于 7d 的观察受增生的影响较大,不能模拟临床问题。我们观察发现,3wk 后各组兔眼角膜均接近透明。

综上所述,地塞米松注射液联合葡萄糖高渗液对兔眼角膜内皮细胞有良好的保护作用,早期联合应用能有效预防及治疗角膜水肿,避免进展至角膜内皮失代偿。但本研究未比较单纯使用地塞米松或葡萄糖高渗液的疗效,需在后续研究中进一步探索。

参考文献

1 Asbell PA, Dualan I, Mindel J, et al. Age-related cataract. *Lancet* 2005; 365(9459):599-609  
 2 Matta S, Park J, Palamaner Subash Shantha G, et al. Cataract Surgery Visual Outcomes and Associated Risk Factors in Secondary Level Eye Care Centers of L V Prasad Eye Institute, India. *PLoS One* 2016; 11(1):e0144853

3 于琼, 王剑锋. 糖尿病性白内障患者超声乳化术后角膜水肿相关因素. 国际眼科杂志 2018; 18(2):252-254

4 Ye Z, He SZ, Li ZH. Efficacy comparison between manual small incision cataract surgery and phacoemulsification in cataract patients: a meta-analysis. *Int J Clin Exp Med* 2015;8(6):8848-8853

5 Novytskyi IY, Novytskyi MI. Results of combined endotrabeulectomy and phacoemulsification surgery. *Vestn Oftalmol* 2015; 131(3):50-55

6 Lesiewska - Junk H, Malukiewicz - Wisniewska G. Late results of endothelial cell loss after cataract surgery. *Klin Oczna* 2002; 104(5-6): 374-376

7 Spalton D. Capsulorhexis Strength With FLACS Surgery. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(6):2850

8 蒋劲, 姚克, 章征. 不同浓度国产聚维酮碘对兔角膜毒性损伤的评价. 中华眼科杂志 2006; 4:338-340

9 Barkana Y, Gerber Y, Elbaz U, et al. Central corneal thickness measurement with the Pentacam Scheimpflug system, optical low-coherence reflectometry pachymeter, and ultrasound pachymetry. *J*

*Cataract Refract Surg* 2005; 31(9):1729-1735

10 Chakrabarti HS, Craig JP, Brahma A, et al. Comparison of corneal thickness measurements using ultrasound and Orbscan slit-scanning topography in normal and post-LASIK eye. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27(11):1823-1828

11 Serrao S, Lombardo M. Corneal endothelial damage after simultaneous PRK and corneal cross-linking in stable keratoconus. *Am J Ophthalmol Case Rep* 2019; 14: 32-34

12 Goktas A, Gumus K, Mirza GE, et al. Corneal endothelial characteristics and central corneal thickness in a population of Turkish cataract patients. *Eye Contact Lens* 2012; 38(3): 142-145

13 崔丽珺, 刘思伟, 陈丽, 等. 针刺预劈核技术在硬核白内障超声乳化手术中的应用. 国际眼科杂志 2017;17(3):474-477

14 Desoky E, Abou Samra A, Helaly HA. Comparison of endothelial cell changes by specular microscopy between Ringer's and Ringer's lactate during phacoemulsification. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2019; 19(8):1269-1275