

## · 实验研究 ·

# 京尼平巩膜交联对兔形觉剥夺性近视形成的抑制作用

赵亚芳 许寅聪 王超英 宋宏鲁

白求恩国际和平医院眼科, 石家庄 050000

通信作者: 许寅聪, Email: xuyincong@163.com

**【摘要】 目的** 探讨京尼平巩膜交联对形觉剥夺性近视模型兔眼生物学参数及巩膜生物力学的影响。

**方法** 取出生后 14 d 健康新西兰幼兔 60 只, 均以右眼为实验眼。应用随机数字表法平均分为 3 个组, 每组 20 只。空白对照组双眼不予处理, 近视模型组右眼行单纯眼睑缝合, 京尼平注射组右眼行眼睑缝合联合京尼平结膜下注射。眼睑缝合后 60 d 拆开实验眼眼睑缝线, 测量双眼屈光度、玻璃体腔长度和眼轴长度, 取实验眼鼻上 1:00 位和颞下 7:00 位巩膜条带, 测量其厚度及弹性模量、蠕变率、极限应力和极限应变。**结果** 京尼平注射组、近视模型组和空白对照组屈光度分别为  $(2.50 \pm 1.38)$ 、 $(0.33 \pm 0.52)$  和  $(2.08 \pm 0.52)$  D, 眼轴长度分别为  $(15.33 \pm 0.82)$ 、 $(15.83 \pm 0.41)$  和  $(15.00 \pm 0.43)$  mm, 玻璃体腔长度变化值分别为  $(1.50 \pm 0.79)$ 、 $(2.59 \pm 0.83)$  和  $(1.48 \pm 0.66)$  mm, 玻璃体腔与眼轴比值分别为  $0.46 \pm 0.02$ 、 $0.51 \pm 0.02$  和  $0.47 \pm 0.02$ 。近视模型组屈光度明显低于空白对照组和京尼平注射组, 玻璃体腔长度变化值和玻璃体腔长度与眼轴长度比值均明显高于空白对照组和京尼平注射组, 近视模型组眼轴长度明显长于空白对照组, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。京尼平注射组巩膜条带弹性模量为  $(9.10 \pm 3.12)$  MPa, 极限应力为  $(1.42 \pm 0.57)$  MPa, 均明显高于空白对照组的  $(6.98 \pm 3.30)$  MPa 和  $(1.15 \pm 0.57)$  MPa 以及近视模型组的  $(6.25 \pm 3.17)$  MPa 和  $(0.82 \pm 0.38)$  MPa; 京尼平注射组巩膜条带极限应变为  $(20.99 \pm 5.60)\%$ , 明显小于空白对照组的  $(25.08 \pm 6.35)\%$  以及近视模型组的  $(27.78 \pm 8.20)\%$ , 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。**结论** 后 Tenon 囊下注射京尼平巩膜胶原交联能够提高兔眼巩膜的生物力学强度, 并能有效阻止兔眼形觉剥夺性近视的发展, 为防治近视进展提供了新的思路。

**【关键词】** 近视, 退行性病变; 京尼平; 形觉剥夺; 巩膜交联; 动物模型

**基金项目:** 河北省卫生厅青年科技基金项目 (20170954)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.12.006

## Inhibitory effect of scleral crosslinking using genipin on form-deprivation myopia in rabbits

Zhao Yafang, Xu Yincong, Wang Chaoying, Song Honglu

Department of Ophthalmology, Bethune International Peace Hospital, Shijiazhuang 050000, China

Corresponding author: Xu Yincong, Email: xuyincong@163.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the effects of scleral crosslinking using genipin on ocular biological parameters and scleral biomechanics of form-deprivation myopia rabbits. **Methods** Sixty healthy New Zealand rabbits of 14 days old were collected. The right eyes were selected as experimental eye. The rabbits were randomly divided into three groups: control group with no treatment; myopia model group with eyelid suture procedure performed on the right eye; genipin injection group with eyelid suture procedure performed on the right eye combined with subconjunctival injection of genipin. The suture was removed 60 days after the eyelid suture procedure. The diopter, length of vitreous cavity, and axial length were measured. The sclera at 1:00 and 7:00 position of the experimental eye was used to make a scleral strip. The thickness, elastic modulus, creep rate, ultimate stress and ultimate strain of the sclera were measured. This study was approved by the animal experimental Ethics Committee of Bethune International Peace Hospital (2018-ky-09). **Results** The diopters of genipin injection group, myopia model group and control group were  $(2.50 \pm 1.38)$ ,  $(0.33 \pm 0.52)$  and  $(2.08 \pm 0.52)$  D, respectively, the axial lengths of the three groups were  $(15.33 \pm 0.82)$ ,  $(15.83 \pm 0.41)$  and  $(15.00 \pm 0.43)$  mm, respectively; the changes in vitreous cavity lengths were  $(1.50 \pm 0.79)$ ,  $(2.59 \pm 0.83)$  and  $(1.48 \pm 0.66)$  mm, respectively; and the ratios of vitreous cavity length to axial length were  $0.46 \pm 0.02$ ,  $0.51 \pm 0.02$  and  $0.47 \pm 0.02$ , respectively. The diopter in myopia model group was significantly lower than those in control group and genipin injection group, the axial length in myopia model group was

significantly longer than that in control group, the change in vitreous cavity lengths and ratio of vitreous cavity length to axial length in myopia model group were significantly higher than those in control group and genipin injection group, the axial length in myopia model group was significantly longer than that in control group, the differences were statistically significant (all at  $P < 0.05$ ). The elasticity modulus was  $(9.10 \pm 3.12)$  MPa and ultimate stress was  $(1.42 \pm 0.57)$  MPa in genipin injection group, which were significantly higher than  $(6.98 \pm 3.30)$  MPa and  $(1.15 \pm 0.57)$  MPa in control group, and  $(6.25 \pm 3.17)$  MPa and  $(0.82 \pm 0.38)$  MPa in myopia model group (all at  $P < 0.05$ ). The ultimate strain was  $(20.99 \pm 5.60)\%$  in genipin injection group, which was significantly lower than  $(25.08 \pm 6.35)\%$  in control group and  $(27.78 \pm 8.20)\%$  in myopia model group, with significant differences between them (both at  $P < 0.05$ ). **Conclusions** Posterior sub-Tenon capsule injection of genipin for collagen crosslinking in the sclera increases the biomechanical strength of sclera and effectively prevents the development of form-deprivation myopia in rabbits, which provides a new idea for the prevention and treatment of myopia in the future.

**[Key words]** Myopia, degeneration; Genipin; Form deprivation; Sclera crosslinking; Animal model

**Fund Program:** The Youth Science and Technology Project of Department of Health of Hebei Province (20170954)

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.12.005

近年来,近视发病率快速增长,全世界约有 1.63 亿人患有高度近视<sup>[1-2]</sup>。高度近视人群中约 61.7% 患者会出现严重并发症,特别是屈光度高于 -10.00 D 的患者几乎均会出现黄斑病变<sup>[3-4]</sup>。高度近视严重影响患者的生活质量,且目前临床上缺乏控制近视的有效手段。研究者积极探索巩膜胶原交联方法,并希望将其应用于病理性近视的治疗。目前,巩膜交联方法分为物理交联和化学交联 2 种<sup>[5]</sup>。化学交联方法采用后 Tenon 囊下注射交联药物,直接作用于后极部巩膜而引起巩膜交联,增强巩膜生物力学强度以达到控制近视发展的目的。京尼平是栀子苷经  $\beta$ -葡萄糖苷酶水解后的产物,是一种天然交联剂,具有良好的生物相容性和低毒性。近年来,大量研究证实京尼平可增强巩膜的生物力学强度<sup>[6-10]</sup>,但其控制近视发展的作用目前仍不十分清楚。本研究拟观察京尼平巩膜交联对形觉剥夺性近视模型兔的眼部生物学参数及巩膜力学性能的影响,以评估其对兔形觉剥夺性近视形成的抑制作用。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

**1.1.1 实验动物** 出生后 14 d 健康清洁级新西兰白兔 60 只,雌雄不限,购自河北医科大学实验动物中心,由白求恩国际和平医院实验动物中心饲养。饲养条件为室温 20~23℃,白天用自然光照射,光照与黑暗的周期比例为 12 h:12 h。本研究方案经白求恩国际和平医院实验动物伦理委员会审核通过(批文号:2018-KY-09)。

**1.1.2 主要试剂及仪器** 京尼平(日本 KOWA 公司);二甲基亚砜(dimethyl sulphoxide, DMSO)、全牛血清(北京索莱宝科技有限公司)。超声生物测量仪(天

津迈达医学科技有限公司);INSTRON 5544 型材料试验机(美国英斯特朗公司)。

### 1.2 方法

**1.2.1 实验分组** 测量实验兔双眼屈光度,以右眼为实验眼,左眼为空白对照眼。按照随机数字表法将 60 只实验兔平均分为 3 个组,每组 20 只,3 个组兔眼处理前屈光度、眼轴长度和玻璃体腔长度总体比较,差异均无统计学意义(均  $P > 0.05$ )(表 1)。空白对照组实验兔双眼均不予处理;近视模型组右眼行眼睑缝合;京尼平注射组右眼行眼睑缝合联合结膜下注射 0.5 mmol/L 京尼平 0.25 ml,隔日注射 1 次,每次注射前拆线,注射后重新缝合眼睑,共注射 4 次,第 1 次和第 3 次注射部位为鼻上 1:00 位角膜缘后 3 mm Tenon 囊下,第 2 次和第 4 次注射部位为颞下 7:00 位角膜缘后 3 mm Tenon 囊下。近视模型组和京尼平注射组均采用双 U 字型缝合眼睑,并涂氧氟沙星眼膏预防感染。

表 1 处理前各组实验兔眼生物学参数比较(mean±SD)

组别	眼数	屈光度(D)	眼轴长度(mm)	玻璃体腔长度(mm)	玻璃体腔长度与眼轴长度比值
空白对照组	20	6.48±1.73	11.23±1.18	5.48±0.77	0.49±0.03
近视模型组	20	6.21±1.50	11.01±1.10	5.47±0.94	0.49±0.05
京尼平注射组	20	6.35±2.40	11.17±1.30	5.37±0.85	0.48±0.02
F 值		0.43	0.72	0.04	0.318
P 值		0.96	0.93	0.96	0.731

(单因素方差分析)

**1.2.2 眼部生物参数测量** (1)屈光度测量 各组实验兔于缝合眼睑后 60 d 拆开右眼睑缝线,用质量分数 0.5% 复方托吡卡胺滴眼液充分扩瞳;采用带状检

影验光,测量双眼屈光度,水平与垂直方向各测量 3 次并取平均值,所有验光过程均由同一技师完成。

(2)眼球超声生物测量 各组实验兔用体积分数 0.5% 盐酸丁卡因点眼行表面麻醉后,使用超声生物测量仪测量实验眼与对照眼的眼轴长度、玻璃体腔长度,并计算玻璃体腔长度变化值(处理后 60 d 与处理前的差值)和玻璃体腔长度与眼轴长度的比值;每眼重复测量 3 次,取平均值,测量均由同一技师完成。

**1.2.3 巩膜生物力学参数测量** (1)巩膜条带样本制备 取各组实验兔缝合眼睑后 60 d,35 mg/kg 盐酸氯胺酮注射液腹腔内注射麻醉后以空气栓塞法处死,将实验兔固定于手术台上,在无菌条件下剖取眼球,清除结膜及筋膜组织,将眼球标记清楚,依次放入眼球保存液 1(含体积分数 25% 新生牛血清、体积分数 2% DMSO、质量分数 2.5% 蔗糖)、眼球保存液 2(含 25% 新生牛血清、体积分数 4% DMSO、质量分数 5.5% 蔗糖)、眼球保存液 3(含 25% 新生牛血清、体积分数 6% DMSO、质量分数 7.5% 蔗糖)中,每种保存液中各浸泡 10 min,最后放入眼球保存液 4(含 25% 新生牛血清、体积分数 7.5% DMSO、质量分数 10% 蔗糖)中,密封好后放入 -196 ℃ 液氮中保存备用。将离体兔眼从液氮中取出后放入 37 ℃ 水浴箱中复温,取实验眼鼻上 1:00 位和颞下 7:00 位角膜缘后巩膜制作成 5 mm × 10 mm 的条带。(2)生物力学参数测量 采用测厚仪测量巩膜条带厚度,将巩膜条带用 2711-006 型杠杆式纤维材料弹簧夹具固定,微调夹具,使巩膜条带松紧适度,用游标卡尺测量夹具之间巩膜条带的长度,使用 INSTRON 5544 型材料试验机依次进行蠕变实验、预拉伸实验、拉伸强度实验和拉伸破坏实验,进一步计算出弹性模量、蠕变率、极限应力和极限应变。此过程均由同一经验丰富的人员操作。

**1.3 统计学方法**

采用 SPSS 20.0 统计学软件进行统计分析。本研究中各测量指标的定量资料经 W 检验证实呈正态分布,以 mean±SD 表示。各组眼球屈光度数、眼轴长度、玻璃体腔长度、玻璃体腔长度与眼轴长度的比值、巩膜条带厚度、极限应力、极限应变、弹性模量、蠕变率比较采用单因素方差分析,组间多重比较采用 LSD-t 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 各组实验眼不同生物学参数变化**

空白对照组、近视模型组和京尼平注射组屈光度、眼轴长度、玻璃体腔长度、玻璃体腔长度变化值、玻璃体腔长度与眼轴长度比值总体比较,差异均有统计学意义(F=12.790, P<0.001; F=4.750, P=0.02; F=20.446, P<0.001; F=5.009, P=0.016; F=10.038, P=0.001),其中近视模型组屈光度明显低于空白对照组和京尼平注射组,差异均有统计学意义(均 P<0.05);近视模型组眼轴长度明显大于空白对照组,差异有统计学意义(P<0.05);近视模型组玻璃体腔长度、玻璃体腔长度变化值和玻璃体腔长度与眼轴长度比值均明显高于空白对照组和京尼平注射组,差异均有统计学意义(均 P<0.05)(表 2)。

**2.2 各组实验兔不同生物力学参数变化**

各组实验兔眼巩膜厚度、蠕变率总体比较,差异均无统计学意义(F=0.642, 1.964, 均 P>0.05)。各组巩膜极限应力、极限应变和弹性模量总体比较,差异均有统计学意义(F=4.668, P=0.013; F=4.537, P=0.015; F=3.662, P=0.031),其中京尼平注射组巩膜极限应力和弹性模量均明显高于空白对照组和近视模型组,极限应变明显低于空白对照组和近视模型组,近视模型组巩膜极限应力明显小于空白对照组,差异均有统计学意义(均 P<0.05)(表 3)。

**表 2 各组兔眼生物学测量参数比较 (mean±SD)**

组别	眼数	屈光度 (D)	眼轴长度 (mm)	玻璃体腔长度 (mm)	玻璃体腔长度变化值 (mm)	玻璃体腔与眼轴长度比值
空白对照组	20	2.08±0.52	15.00±0.43	6.96±0.37	1.48±0.66	0.47±0.02
近视模型组	20	0.33±0.52 <sup>a</sup>	15.83±0.41 <sup>a</sup>	8.06±0.33 <sup>a</sup>	2.59±0.83 <sup>a</sup>	0.51±0.02 <sup>a</sup>
京尼平注射组	20	2.50±1.38 <sup>b</sup>	15.33±0.82	6.87±0.43 <sup>b</sup>	1.50±0.79 <sup>b</sup>	0.46±0.02 <sup>b</sup>
F 值		12.790	4.750	20.446	5.099	10.038
P 值		<0.001	0.02	<0.001	0.016	0.001

注:与空白对照组比较,<sup>a</sup>P<0.05;与近视模型组比较,<sup>b</sup>P<0.05(单因素方差分析,LSD-t 检验)

**表 3 各组兔眼生物力学变化 (mean±SD)**

组别	眼数	巩膜厚度 (mm)	极限应力 (MPa)	极限应变 (%)	蠕变率 (%)	弹性模量 (MPa)
空白对照组	20	0.31±0.04	1.15±0.57	25.08±6.35	4.01±1.12	6.98±3.30
近视模型组	20	0.32±0.05	0.82±0.38 <sup>a</sup>	27.78±8.20	4.37±1.59	6.25±3.17
京尼平注射组	20	0.31±0.04	1.42±0.57 <sup>ab</sup>	20.99±5.60 <sup>ab</sup>	3.35±0.60	9.10±3.12 <sup>ab</sup>
F 值		0.642	4.668	4.537	1.964	3.662
P 值		0.530	0.013	0.015	0.100	0.031

注:与空白对照组比较,<sup>a</sup>P<0.05;与近视模型组比较,<sup>b</sup>P<0.05(单因素方差分析,LSD-t 检验)

### 3 讨论

病理性近视的发病机制与巩膜的生物力学特点相关。根据眼球壁 3 层结构的力学性能,在相同应力的作用下,视网膜、脉络膜和巩膜的切线模量依次递增<sup>[11]</sup>。巩膜的胶原纤维在后巩膜葡萄肿的形成中起至关重要的作用。目前病理性近视的治疗方法较少,国内临床应用相对广泛的治疗方法是后巩膜加固术,该手术对于高度近视合并黄斑裂孔、眼轴持续增长的患者具有一定效果,但其长期有效性和安全性仍有待观察。受到紫外线 A—核黄素角膜交联的启发<sup>[12-14]</sup>,目前探索巩膜胶原交联方法并将其应用于病理性近视的治疗成为研究热点。京尼平作为天然巩膜交联剂已受到国内外研究者的青睐。

本研究中选择出生后 14~74 d 幼兔作为研究对象有以下原因:(1)兔眼大小适中,适合交联药物的注射,同时也适用于巩膜条带的制作和生物力学的测量;(2)兔眼与其他动物眼球相比,发育时间相对较长,这有利于在快速发育期建立形觉剥夺近视模型<sup>[15]</sup>。

本研究中各组兔眼处理前屈光度和眼轴长度比较,差异均无统计学意义。形觉剥夺后 60 d,近视模型组实验眼屈光度数较空白对照组明显降低,差异有统计学意义,与高前应等<sup>[16]</sup>的研究结果相一致。本研究中各组兔眼巩膜厚度无明显变化,与张新等<sup>[17]</sup>研究发现透镜诱导豚鼠近视眼巩膜厚度明显变薄的结果不一致,分析其原因可能为兔眼屈光度变化较慢,且本实验中眼睑遮盖时间不足,未形成高度近视,巩膜厚度还未发生明显变化。近视模型组眼轴长度和玻璃腔长度均较空白对照组明显增加,其中玻璃体腔长度增加更明显,表明近视与眼轴和玻璃体长度的延长有关。京尼平注射组与空白对照组屈光度数、玻璃体腔长度、眼轴长度比较,差异均无统计学意义,表明后 Tenon 囊下注射京尼平可有效抑制幼兔实验性近视的形成。

弹性模量、极限应力、蠕变率、极限应变为近几年研究巩膜生物力学性能的重要参考指标。本研究结果显示,近视模型组巩膜生物力学较空白对照组明显下降,导致巩膜更易扩张变形。京尼平注射组巩膜生物力学强度较空白对照组明显增大,表明交联后巩膜不易发生变形扩张。吴元等<sup>[18]</sup>也通过热力学实验发现,京尼平交联离体猪眼巩膜后会提高其收缩温度。以上研究均证明后 Tenon 囊下注射京尼平可提高巩膜的生物力学强度,进而有效阻止近视的发生和发展。

综上所述,后 Tenon 囊下注射京尼平能使形觉剥夺性近视模型兔巩膜的生物力学强度明显提高,有效

阻止近视的发展。然而京尼平巩膜交联不具备特异性,可能对巩膜周围的筋膜组织、眼外肌、甚至视神经造成影响,该方法应用的安全性仍有待今后的研究进一步完善。京尼平巩膜交联可为近视,尤其是儿童期近视的发生和发展提供新的解决方案。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参考文献

- [1] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050 [J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(5): 1036-1042. DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
- [2] 中华医学会眼科学分会眼视光学组. 重视高度近视防控的专家共识(2017) [J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2017, 19(7): 385-389. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2017.07.001. Chinese Optometric Association, Chinese Ophthalmological Society. Consensus: prevention and control of high myopia [J]. *Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci*, 2017, 19(7): 385-389. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2017.07.001.
- [3] Machida S, Hasegawa Y, Kondo M, et al. High prevalence of myopia in Japanese patients with idiopathic focal subretinal neovascularization [J]. *Retina*, 2006, 26(2): 170-175.
- [4] Cheng SC, Lam CS, Yap MK. Prevalence of myopia-related retinal changes among 12-18 year old Hong Kong Chinese high myopes [J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2013, 33(6): 652-660. DOI: 10.1111/opo.12082.
- [5] 赵燕燕, 赵红红, 张丰菊. 巩膜胶原交联疗法治疗进行性近视的研究进展 [J]. *中华眼科杂志*, 2010, 46(11): 1048-1051. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2010.11.024. Zhao YY, Zhao HH, Zhang FJ. Advanced research in sclera collagen cross-linking treating progressive myopia [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2010, 46(11): 1048-1051. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2010.11.024.
- [6] 尹燕锋, 杨柳, 涂秋芬, 等. 京尼平交联羊膜生物支架的生物物理特性 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2018, 36(2): 107-112. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2018.02.007. Yin YF, Yang L, Tu QF, et al. Biophysical characteristics of genipin-crosslinked amniotic membrane bio-scaffold [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2018, 36(2): 107-112. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2018.02.007.
- [7] Brown BN, Badyal SF. Extracellular matrix as an inductive scaffold for functional tissue reconstruction [J]. *Transl Res*, 2014, 163(4): 268-285. DOI: 10.1016/j.trsl.2013.11.003.
- [8] 刘太祥, 王铮. 京尼平诱导兔眼巩膜胶原交联的有效性和安全性 [J]. *眼科新进展*, 2015, 35(7): 619-622. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2015.0168. Liu TX, Wang Z. Efficiency and safety of crosslinking of scleral collagen using genipin in rabbit [J]. *Rec Adv Ophthalmol*, 2015, 35(7): 619-622. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2015.0168.
- [9] Mi FL, Tan YC, Liang HC, et al. *In vitro* evaluation of a chitosan membrane cross-linked with genipin [J]. *J Biomater Sci Polym Ed*, 2001, 12(8): 835-850.
- [10] 刘太祥, 吴君舒, 顾宇伟, 等. 京尼平诱导猪眼巩膜胶原交联后生物力学性能变化 [J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2014, 16(5): 274-278. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2014.05.004. Liu TX, Wu JS, Gu YW, et al. Change of biomechanical properties in porcine sclera treated with genipin [J]. *Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci*, 2014, 16(5): 274-278. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2014.05.004.
- [11] 王超英, 陈维毅, 郝岚, 等. 实验研究高度近视眼巩膜生物力学特性初步研究 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2003, 21(2): 113-115. Wang CY, Chen WY, Hao L, et al. Scleral biomechanical properties in high myopia [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2003, 21(2): 113-115.
- [12] Zhu SQ, Zheng LY, Pan AP, et al. The efficacy and safety of posterior

scleral reinforcement using genipin cross-linked sclera for macular detachment and retinoschisis in highly myopic eyes [J]. Br J Ophthalmol, 2016, 100 ( 11 ) : 1470 - 1475. DOI: 10. 1136/ bjophthalmol-2015-308087.

[ 13 ] Sedaghat MR, Momeni-Moghaddam H, Ambrósio R Jr, et al. Long-term evaluation of corneal biomechanical properties after corneal cross-linking for keratoconus: A 4-year longitudinal study [J]. J Refract Surg, 2018, 34 ( 12 ) : 849-856. DOI: 10. 3928/1081597X-20181012-02.

[ 14 ] Sykakis E, Karim R, Evans JR, et al. Corneal collagen cross-linking for treating keratoconus [J/OL]. Cochrane Database Syst Rev, 2015, ( 3 ) : CD010621 [ 2019-03-02 ]. http://www. ncbi. nlm. nih. gov/pubmed/ 25803325. DOI: 10. 1002/14651858. CD010621. pub2.

[ 15 ] 靳韬, 王超英. 不同应力水平对兔角膜生物力学特性的影响 [J]. 中华实验眼科杂志, 2007, 25 ( 9 ) : 641-643.  
Jin T, Wang CY. Effects of stress level on biomechanical properties of sclera in ped-rabbit [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2007, 25 ( 9 ) : 641-643.

[ 16 ] 高前应, 高如尧, 王培杰, 等. 阿托品对兔实验性形觉剥夺性近视形成的影响 [J]. 第四军医大学学报, 2000, 21 ( 2 ) : 210-213.  
Gao QY, Gao RY, Wang PJ, et al. Effects of dopamine on experimentally form deprived myopia in rabbits [J]. 2000, 21 ( 2 ) : 210-213.

[ 17 ] 张新, 王超英. 透镜诱导豚鼠近视眼超微结构的观察 [J]. 河北医科大学学报, 2016, 37 ( 3 ) : 275-279. DOI: 10. 3969/j. issn. 1007-3205. 2016. 03. 008.  
Zhang X, Wang CY. Observation on ultrastructure of lens-induced myopia in guinea pig [J]. J Hebei Med Univ, 2016, 37 ( 3 ) : 275-279. DOI: 10. 3969/j. issn. 1007-3205. 2016. 03. 008.

[ 18 ] 吴元, 杨松霖, 李海丽, 等. 不同交联方法对离体猪巩膜交联效果的比较 [J]. 中华实验眼科杂志, 2013, 31 ( 2 ) : 168-171. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2013. 02. 015.  
Wu Y, Yang SL, Li HL, et al. Effect of collagen crosslinking on porcine sclera with different methods [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2013, 31 ( 2 ) : 168-171. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2013. 02. 015.

( 收稿日期: 2019-03-23 修回日期: 2019-11-01 )

( 本文编辑: 张宇 )

读者 · 作者 · 编者

### 眼科常用英文缩略语名词解释

- AMD: 年龄相关性黄斑变性 ( age-related macular degeneration )
- ANOVA: 单因素方差分析 ( one-way analysis of variance )
- BUT: 泪膜破裂时间 ( breakup time of tear film )
- DR: 糖尿病视网膜病变 ( diabetic retinopathy )
- EAU: 实验性自身免疫性葡萄膜炎 ( experimental autoimmune uveitis )
- EGF: 表皮生长因子 ( epidermal growth factor )
- ELISA: 酶联免疫吸附测定 ( enzyme-linked immuno sorbent assay )
- ERG: 视网膜电图 ( electroretinogram )
- FFA: 荧光素眼底血管造影 ( fundus fluorescein angiography )
- FGF: 成纤维细胞生长因子 ( fibroblast growth factor )
- GFP: 绿色荧光蛋白 ( green fluorescent protein )
- IFN- $\gamma$ :  $\gamma$  干扰素 ( interferon- $\gamma$  )
- IL: 白细胞介素 ( interleukin )
- IOL: 人工晶状体 ( intraocular lens )
- IRBP: 光间受体视黄类物质结合蛋白 ( interphotoreceptor retinoid binding protein )
- LASIK: 准分子激光角膜原位磨镶术 ( laser in situ keratomi leusis )
- ICGA: 吲哚菁绿血管造影 ( indocyanine green angiography )
- LECs: 晶状体上皮细胞 ( lens epithelial cells )
- miRNA: 微小 RNA ( microRNA )
- MMP: 基质金属蛋白酶 ( matrix metalloproteinase )
- mTOR: 哺乳动物类雷帕霉素靶蛋白 ( mammalian target of rapamycin )
- MTT: 四甲基偶氮唑盐 ( methyl thiazolyl tetrazolium )
- NF: 核转录因子 ( nuclear factor )
- OCT: 光相干断层扫描 ( optical coherence tomography )
- OR: 优势比 ( odds ratio )
- PACG: 原发性闭角型青光眼 ( primary angle-closure glaucoma )
- PCR: 聚合酶链式反应 ( polymerase chain reaction )
- RGCs: 视网膜节细胞 ( retinal ganglion cells )
- POAG: 原发性开角型青光眼 ( primary open angle glaucoma )
- RB: 视网膜母细胞瘤 ( retinoblastoma )
- RPE: 视网膜色素上皮 ( retinal pigment epithelium )
- RNV: 视网膜新生血管 ( retinal neovascularization )
- RP: 视网膜色素变性 ( retinitis pigmentosa )
- S I t: 基础泪液分泌试验 ( Schirmer I test )
- shRNA: 小发夹 RNA ( short hairpin RNA )
- siRNA: 小干扰 RNA ( small interfering RNA )
- $\alpha$ -SMA:  $\alpha$ -平滑肌肌动蛋白 (  $\alpha$ -smooth muscle actin )
- TAO: 甲状腺相关眼病 ( thyroid-associated ophthalmopathy )
- TGF: 转化生长因子 ( transforming growth factor )
- TNF: 肿瘤坏死因子 ( tumor necrosis factor )
- UBM: 超声生物显微镜 ( ultrasound biomicroscope )
- VEGF: 血管内皮生长因子 ( vascular endothelial growth factor )
- VEP: 视觉诱发电位 ( visual evoked potential )

### 欢迎订阅《中华实验眼科杂志》

《中华实验眼科杂志》为中国科技论文统计源期刊和中国中文核心期刊、中国科学引文数据库 ( CSD ) 核心期刊, 月刊, 80 面, 每月 10 日出版, 每期定价 16 元, 邮发代号: 36-13, 国内外公开发售, 欢迎到各地邮局订阅或直接与本刊编辑部联系订购。联系电话: 0371-87160872。

( 本刊编辑部 )