

## 离体培养晶状体囊袋模型在后囊膜混浊相关研究中的应用

张春梅 靳娜 综述 刘红玲 审校

150001 哈尔滨医科大学附属第一医院眼科

通信作者:刘红玲,Email:hydliuhl@163.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.03.017

**【摘要】** 晶状体后囊膜混浊(PCO)又称后发性白内障,是白内障囊外摘出术后最常见的并发症,也是术后远期视力下降的主要原因,目前尚无有效的治疗方法,因此寻找切实有效防治 PCO 的方法备受眼科工作者的关注。长期以来研究者多通过单纯培养 LECs 来探索 PCO 发生和发展的机制,虽然加深了我们对其发病机制的了解,但其发生的细胞机制仍不清楚。随着广大眼科学者对 PCO 发病机制不断的研究和探索,通过体外培养晶状体囊袋模型,能够较为真实地模拟白内障术后晶状体囊膜及细胞生存的环境,便于更好地观察术后在模拟体外微环境下晶状体囊膜及细胞的生物学行为变化规律。本文就囊袋模型的种属来源及其特点、囊袋制备所采用的不同方式及其优缺点、维持囊袋轮廓所采用的不同材料及特点、囊袋模型与在体动物模型相比其具有的优缺点及囊袋模型在 PCO 相关研究中的应用进行简述。

**【关键词】** 后囊膜混浊;囊袋模型;晶状体上皮细胞;培养

**基金项目:** 国家自然科学基金项目(81301325)

**Applications of capsular bag model in posterior capsular opacification** Zhang Chunmei, Jin Na, Liu Hongling  
Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150001, China  
Corresponding author: Liu Hongling, Email: hydliuhl@163.com

**【Abstract】** Posterior capsular opacification (PCO), also known as after-cataract, is the most frequent complication and the primary cause for visual decrease after extracapsular cataract surgery. At present, there is no effective way to treat PCO, so more attentions are focused on preventive reseaching of PCO and treatment methods. Although a variety of studies have increased our understanding of the pathogenesis of PCO, the cellular mechanisms responsible for PCO are still unclear. Cultured capsular bag model *in vitro* could effectively simulate lens capsular membrane and cells survival environment after cataract extraction and IOL implantation. However, lens capsular bag cultivation with different methods have their own characteristics. The material source, preparation methods of capsular bag model, characteristics of materials which maintain capsular bag contours and its application in PCO were reviewed.

**【Key words】** Posterior capsular opacity; Capsular bag model; Epithelial cells, lens; Cultivation

**Fund program:** National Natural Science Foundation of China (81301325)

晶状体后囊膜混浊 (posterior capsule opacification, PCO) 又称后发性白内障,是白内障摘出联合 IOL 植入术后最常见的并发症,也是导致白内障术后远期视力下降的主要原因。白内障术后 2 个月~5 年 PCO 的发生率成人约为 50%,儿童约为 100%<sup>[1]</sup>,因此防治 PCO 一直是眼科界关注的重要课题。PCO 发生的主要原因是白内障术后残留 LECs 的增生、移行及转化。目前多采用 LECs 体外培养及动物实验等方法进行 PCO 的基础和临床研究,这些方法从分子生物学和形态学的不同角度为研究 PCO 的防治方法提供了可靠工具。晶状体囊袋模型是近来应用较多的用来探索 PCO 发生和发展机制的一种新型实验方式,该模型模拟白内障手术真实过程,完整囊袋在模拟体外

微环境的培养基质中进行离体培养,能够较为真实地模拟白内障术后晶状体囊膜及细胞生存的环境,便于更好地观察术后在模拟体外微环境下晶状体囊膜及 LECs 的生物学行为变化规律<sup>[2]</sup>。应用囊袋法培养 LECs 助于研究 PCO 的发生和发展机制,并为进一步有效防治 PCO 提供参考。

### 1 晶状体囊袋模型的种属来源及特点

Liu 等<sup>[3]</sup>首先利用人类的晶状体囊袋进行离体培养,模拟体内 PCO 发生和发展过程中的大部分变化,从而建立新的 PCO 体外模型。人晶状体囊袋来源于人类捐献的眼球,取材不易,且受年龄因素影响,LECs 的增生移行能力存在个体差异。

目前,利用犬类、猪、鼠、兔、鸡、牛等的晶状体囊袋建立的体外模型已被广泛应用于 PCO 的研究,兔模型应用最多,其次为猪和犬类<sup>[4-9]</sup>。此类模型取材较人类眼球容易,可反映 PCO 发生过程中 LECs 的阶段性变化,但受动物年龄及物种的影响,存在种属差异。

## 2 晶状体囊袋模型制备方法

绝大部分研究者晶状体囊袋的离体培养均采用 Liu 等<sup>[3]</sup>的方法,模拟常规的白内障囊外摘出术连续环形撕囊,水分离,注吸全部皮质,剪断晶状体悬韧带后将囊袋放入培养皿中,6~8枚昆虫针放射状固定。此方法操作简便,易于掌握,但固定囊袋时易出现用力不均造成囊膜破裂的现象。Li 等<sup>[10]</sup>试图对该法进行改良,仔细剪断每条晶状体悬韧带后,将晶状体囊袋放在培养皿中,缓慢加入培养液,囊袋自然张开,袋内充满培养液并保持圆形,可清晰地观察 LECs 的移行。此方法减少固定囊袋的操作步骤,但由于囊袋在晶状体摘出之后失去支撑而易皱缩,单纯靠培养液的作用使其完全张开也会存在一定的困难。近年 Cleary 等<sup>[11]</sup>将囊袋摘除方法进行改进,用环钻沿角巩膜缘移除角膜,然后移除虹膜-睫状体-晶状体复合物,清除黏附于后囊膜的玻璃体,通过睫状体将昆虫针放射状固定在硅胶管上,移除虹膜,最后行白内障囊外摘出术。此法操作过程较复杂,要确保晶状体复合物的完整性,但通过睫状体固定保留了与悬韧带和睫状体有关的晶状体囊袋的常规体系,与正常术后环境一致,可观察整个囊袋。

## 3 采用不同方式维持晶状体囊袋轮廓及其特征

囊袋在摘出晶状体后较脆弱且容易弯曲,因此需要采用特定的方式来支撑囊袋的圆形外观<sup>[11]</sup>。目前研究者通过应用张力环、昆虫针、硅胶环及低熔点琼脂糖凝胶等方法来维持其圆形轮廓,确保研究顺利进行<sup>[11-14]</sup>。

### 3.1 张力环的应用及特点

部分研究者利用囊袋张力环来维持囊袋形状。Hara 等<sup>[15]</sup>最先发明囊袋赤道环,不仅可保持白内障术后晶状体囊袋赤道部的环形轮廓,而且可以机械性地阻止 LECs 向后囊移行,降低 PCO 的发生率。这个赤道环是一个弹性硅凝胶材料制成的封闭环,此环直径固定,无法适应各种大小的囊袋,限制了其应用。Nagomoto 等<sup>[12]</sup>分别设计了囊袋张力环并应用于临床,分别由德国的 Morcher 及荷兰的 Ophtec 生产。Morcher 环包括 3 种尺寸,根据囊袋的大小选择合适的尺寸。这 2 种环均是聚甲基丙烯酸酯 (polymethylmethacrylate, PMMA) 材料的开放环,其横截面为圆形或椭圆形,环两端各有一孔,其圆形或椭圆形的边缘在预防前囊膜混浊或 PCO 中作用不明显<sup>[16]</sup>。因此将张力环置入囊袋内可防止其皱缩,对囊膜本身生物学行为变化影响甚微,是维持囊袋轮廓的较好的材料,操作简单,但价格较高。

### 3.2 昆虫针、PMMA 板、硅胶环的应用及特点

早期 Liu 等<sup>[3]</sup>单纯使用昆虫针固定囊袋,利用细小的 6~8 枚昆虫针放射状固定,保持其圆形轮廓。此法简便、材料经济、容易获取,但囊袋与培养皿直接接触可能使囊袋变扁平,且在

插入昆虫针时,若力量不均匀易撕破囊袋,针穿过晶状体赤道部可能损伤 LECs,影响其增生能力;昆虫针联合 PMMA 板固定;Batte<sup>[17]</sup>将囊袋固定在定制的 PMMA 板上,板中央挖空利于观察后囊膜,发现细胞增生、移行未受影响,与单纯昆虫针固定相比避免了囊袋与培养板直接接触。随后 de Groot 等<sup>[18]</sup>通过睫状体将囊袋固定于有孔 PMMA 环,避免昆虫针直接穿破囊袋对囊袋造成的损伤,确保后囊中央部可以自由悬浮。PMMA 板具有较好的生物学特性,其材料本身对囊膜的生物学变化影响甚小。PMMA 板较坚硬,周边囊膜又与其相贴,所以 PMMA 板固定较困难。Cleary 等<sup>[11]</sup>利用昆虫针与硅胶环固定,由于硅胶环较软,昆虫针通过睫状体后容易插入,且在移行囊袋时可避免与其直接接触,但要确保晶状体-悬韧带-睫状体器官的完整性,如果出现悬韧带断裂将导致囊袋无法稳定固定。黄瑾等<sup>[2]</sup>利用硅胶作为支撑物,将普通用于环扎手术的硅胶环制成统一直径的环形,用昆虫针固定囊袋于无菌硅胶环上,使之保持一定的张力和圆形外观。硅胶环有一定的高度,避免了囊袋与培养板接触,该法简单,材料获得容易,硅胶可高温消毒,无毒,且生物相容性好。

### 3.3 低熔点琼脂糖凝胶的应用及特点

近来 Jun 等<sup>[14]</sup>利用低熔点琼脂糖凝胶来维持囊袋外形。完整摘出晶状体后,将其放入一次性塑料模具中,注入配好的液态琼脂糖,液面高于晶状体底面,室温冷却,液态的琼脂糖变为固态凝胶,移除模具,显微镜下模拟常规的白内障囊外摘出术,术后即可获得由琼脂糖凝胶支撑的晶状体囊袋。此种囊袋模型通过其三维立体结构来评估 PCO 的发生和发展,提高整个囊袋的清晰度,对于多种动物普遍适用,可重复性更高,方法新颖,制备简便,价格也较易接受。

## 4 晶状体囊膜与 LECs 的生物学行为变化

正常人 LECs 主要位于前囊膜及赤道部,在白内障囊外摘出术后或晶状体受损伤后,残留的 LECs 发生增生、迁移及转化,从而引起后囊膜皱缩、混浊。通过离体培养晶状体囊袋可以较快获得用于实验研究的 PCO 模型。Li 等<sup>[10]</sup>通过培养人的晶状体囊袋发现,残留的 LECs 在培养第 4 天开始出现于赤道部,然后逐渐向后囊中央移行,20 d 后覆盖整个后囊膜,之后晶状体囊袋开始收缩,后囊膜中央开始出现皱褶,前后囊膜出现部分粘连,随时间的增加越发明显。早期 Haus 等<sup>[19]</sup>研究发现,兔眼是 PCO 较好的动物模型,它具有与人相似的单层前囊膜 LECs,且细胞增生旺盛,可在术后较短的时间内发生 PCO。黄瑾等<sup>[2]</sup>体外培养兔的囊袋模型,研究结果表明在培养的第 3 天可见 LECs 呈铺路石样生长,第 7 天后囊膜 LECs 覆盖率达 100%。后囊上细胞层次增多,囊膜出现明显皱褶,且随着培养时间的延长,皱褶数量增多,长度增加,囊袋散光增加,后囊张力亦明显增强。兔眼囊袋模型与人眼相比,术后发生 PCO 更快,能够较为真实地模拟人类白内障术后 PCO 的发生和发展过程,模型易制备。

## 5 离体培养晶状体囊袋与在体 PCO 动物模型的特点比较

晶状体囊袋模型的建立主要包括囊袋离体培养及在体动

物研究,不同的培养方式各有其特点。(1)培养环境 离体培养的晶状体囊袋在无血清培养基培养的情况下亦可能活跃地增生和增长,避免血清中生长因子及未知因素的影响,其生长环境与人体内微环境相似,能较为真实地模拟白内障术后的各种变化<sup>[13]</sup>。由于 PCO 发生受多种因素的共同作用,单纯的离体培养囊袋所处的环境较单一,而在体 PCO 的动物模型其细胞生长的环境与人体内微环境可能更为相似。(2)种属来源 除人类捐献的眼球外,还可选用动物眼球,种类较多容易获取。在体动物研究可选用兔、猪、犬类和灵长类动物,均需考虑伦理学问题。(3)囊袋的固定 离体培养囊袋需要采用特定的方式以维持囊袋圆形轮廓,其材料本身可能会对 PCO 的形成产生影响,随着材料的改进,其对囊膜本身的生物学行为变化的影响逐渐减小,实验结果更为真实。在体动物模型避免了这一过程,不需要外来材料来维持其自然轮廓,同时避免未知的影响因素。(4)制备过程 离体培养方法简单,易于操作,模拟白内障囊外摘出术的真实过程。在体动物模型制备过程较复杂,包括动物的麻醉及后期的饲养。(5)观察周期及结果 离体培养可在术后较短时间内发生 PCO,可详细、直观地观察晶状体囊膜变化及 LECs 的增生和迁移情况。在体动物模型培养时间相对较长,多数信息只能在动物处死后检测到,不利于研究 PCO 发展的相关细节问题。

## 6 晶状体囊袋模型在 PCO 研究中的应用

### 6.1 人工晶状体的应用

离体培养的晶体囊袋与单纯的细胞培养相比,可用于研究人工晶状体对 PCO 的抑制作用<sup>[13-20]</sup>。囊袋在无人工晶状体情况下,LECs 需(4.38±0.26) d 出现在后囊膜中心,植入 PMMA 人工晶状体或丙烯酸人工晶状体后,出现 LECs 的时间分别为(8.0±0.4) d 和(11.0±0.7) d,发生囊膜混浊的时间较晚<sup>[13]</sup>。

### 6.2 细胞因子的相关研究

随着细胞生物学和分子生物学的迅速发展,细胞因子在 PCO 形成中的作用日益成为研究热点,在分子水平上探讨增生性细胞因子,如表皮生长因子和肝细胞生长因子对 PCO 抑制作用的有效性及其可行性<sup>[21-22]</sup>。通过阻断其特异性受体可以抑制 LECs 的增生、移行及转化。

### 6.3 siRNA 的应用

Park 等<sup>[23]</sup>证实 NF-κB siRNA 能减少 p105 NF-κB 和 p50 NF-κB 的表达,抑制 LECs 的迁移。

### 6.4 药物抑制剂

黄瑾等<sup>[2]</sup>和 Li 等<sup>[10]</sup>应用甘糖酯及蛋白酶类抑制剂作用于囊袋模型可有效减少 PCO 的发生。

## 7 展望

PCO 成为白内障术后患者视力损伤的主要原因,目前已经应用多种手段来探寻防治 PCO 的方法。随着手术技术以及 IOL 材料和设计上的改进,降低了 PCO 的发生率,但并未彻底消除 PCO。对于药物防治,体外实验效果显著,但其多数通过细胞毒性起作用,临床应用受到限制。近年基因靶向治疗具有

高效率、适应证广、无毒性作用和不良反应等特点,未来应用细胞分子生物学技术有望作为治疗 PCO 的有效手段。

综上所述,通过离体培养囊袋的方式可以建立持续稳定的体外微环境,较为真实地模拟白内障术后晶状体囊膜及 LECs 的阶段性变化,通过器官培养观察结果更加直观,为 PCO 防治研究工作提供了有效的途径。目前还有许多问题尚待解决,希望可以早日取得更加突破性的进展,尽可能减少白内障术后并发症的发生,恢复患者视力,提高手术效果。

## 参考文献

- [1] Gold hammer EI, Zaid G, Tal V, et al. QT dispersion in infants with apparent life-threatening events syndrome [J]. *Pediatr Cardiol*, 2002, 23(6): 605-607. DOI:10.1007/s00246-001-0075-2.
- [2] 黄瑾,谢莉娜.甘糖酯对囊袋法培养的兔晶状体上皮细胞增生的抑制作用[J].*眼科研究*,2010,28(7):605-609. DOI:10.3969/j.issn.1003-0808.2010.07.008.  
Huang J, Xie LN. Effect of propylene glycol mannate sulfate on growth of rabbit lens epithelial cells on capsular bag in vitro [J]. *Chin Ophthalmol Res*, 2010, 28(7): 605-609. DOI:10.3969/j.issn.1003-0808.2010.07.008.
- [3] Liu CS, Wormstone IM, Duncan G, et al. A study of human lens cell growth in vitro. A model for posterior capsule opacification [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1996, 37(5): 906-914.
- [4] Chandler HL, Webb TR, Barden CA, et al. The effect of phosphorylated Akt inhibition on posterior capsule opacification in an ex vivo canine model [J]. *Mol Vis*, 2010, 16: 2202-2214.
- [5] Mitani A, Suzuki T, Tasaka Y, et al. Evaluation of a new method of irrigation and aspiration for removal of ophthalmic viscoelastic device during cataract surgery in a porcine model [J/OL]. *BMC Ophthalmol*, 2014, 14: 129 [2014-10-27]. <http://www.biomedcentral.com/1471-2415/14/129>. DOI:10.1186/1471-2415-14-129.
- [6] Hoffmann A, Huang Y, Suetsugu-Maki R, et al. Implication of the miR-184 and miR-204 competitive RNA network in control of mouse secondary cataract [J]. *Mol Med*, 2012, 18(1): 528-538. DOI:10.2119/molmed.2011.00463.
- [7] Hazra S, Palui H, Vemuganti GK. Comparison of design of intraocular lens versus the material for PCO prevention [J]. *Int J Ophthalmol*, 2012, 5(1): 59-63. DOI:10.3980/j.issn.2222-3959.
- [8] Walker JL, Wolff IM, Zhang L, et al. Activation of Src kinases signals induction of posterior capsule opacification [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2007, 48(5): 2214-2223. DOI:org/10.1167/iovs.06-1059.
- [9] 李秋明,王梦华,郑广璞.体外模拟牛眼晶状体后囊膜混浊及普拉洛芬眼液对其细胞融合影响的实验研究[J].*中华眼科杂志*,2006,42(1):48-53.  
Li QM, Wang MH, Zhang GY. Tissue culture of bovine lens as an in vitro model for posterior capsule opacification and the effects of pranoprofen on the cell confluence [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2006, 42(1): 48-53.
- [10] Li JH, Wang NL, Wang JJ. Expression of matrix metalloproteinases of human lens epithelial cells in the cultured lens capsule bag [J]. *Eye*, 2008, 22(3): 439-444. DOI:10.1038/sj.eye.6702735.
- [11] Cleary G, Spalton DJ, Zhang JJ, et al. In vitro lens capsule model for investigation of posterior capsule opacification [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2010, 36(8): 1249-1252. DOI:org/10.1016/j.jcrs.2010.05.006.
- [12] Nagamoto T, Bissen-Miyajima H. A ring to support the capsular bag after continuous curvilinear capsulorhexis [J]. *J Cataract Refract Surg*,

- 1994,20(4):417-420. DOI:org/10.1016/S0886-3350(13)80177-0.
- [13] Dawes LJ, Illingworth CD, Wormstone IM. A fully human in vitro capsular bag model to permit intraocular lens evaluation [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2012, 53(1):23-29. DOI:org/10.1167/iov.11-8851.
- [14] Jun JH, Sohn WJ, Lee Y, et al. Experimental lens capsular bag model for posterior capsule opacification [J]. Cell Tissue Res, 2014, 357(1):101-108. DOI:org/10.1007/s00441-014-1870-4.
- [15] Hara T, Sakanishi K, Yamada Y. Efficacy of equator rings in an experimental rabbit study [J]. Arch Ophthalmol, 1995, 113(8):1060-1065. DOI:org/10.1001/archoph.1995.01100080112038.
- [16] 王珏, 盛耀华. 晶状体囊袋张力环在预防后囊膜混浊中的应用 [J]. 眼科新进展, 2004, 24(1):61-64.  
Wang Y, Sheng YH. Application of capsular tension ring in preventing posterior capsule opacification [J]. Rec Adv Ophthalmol, 2004, 24(1):61-64.
- [17] Batte JM. Risk of sudden death on high-dose antipsychotic medication: QTc dispersion [J]. Br J Psychiatry, 1998, 173:86-87.
- [18] de Groot V, Vrensen GF, Willekens B, et al. In vitro study on the closure of posterior capsulorrhexis in the human eye [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2003, 44(5):2076-2083. DOI:org/10.1167/iov.02-0525.
- [19] Haus CM, Galand AL. Mitomycin against posterior capsular opacification; an experimental study in rabbits [J]. Br J Ophthalmol, 1996, 80(12):1087-1091. DOI:10.1136/bjo.80.12.1087.
- [20] Eldred JA, Spalton DJ, Wormstone IM. An in vitro evaluation of the Anew Zephyr open-bag IOL in the prevention of posterior capsule opacification using a human capsular bag model [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014, 55(11):7057-7064. DOI:org/10.1167/iov.14-15302.
- [21] Wertheimer C, Siedlecki J, Kook D, et al. EGFR inhibitor Gefitinib attenuates posterior capsule opacification in vitro and in the ex vivo human capsular bag model [J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2015, 253(3):409-417. DOI:org/10.1007/s00417-014-2875-0.
- [22] Choi J, Park SY, Jool CK. Hepatocyte growth factor induces proliferation of lens epithelial cells through activation of ERK1/2 and JNK/SAPK [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2004, 45(8):2696-2704. DOI:org/10.1167/iov.03-1371.
- [23] Park HY, Kim IT, Lee KM, et al. Effects of nuclear factor-kappaB small interfering RNA on posterior capsule opacification [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2010, 51(9):4707-4715. DOI:10.1167/iov.09-4984.

(收稿日期:2016-01-25)

(本文编辑:尹卫靖 杜娟)

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 immunosorbent 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:准分子激光原位角膜磨镶术 (laser in situ keratomileusis)
- ICGA:吲哚青绿血管造影 (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:核因子 (nuclear factor)
- OCT:光学相干断层扫描 (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)
- 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: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)

(本刊编辑部)