

# 高度近视并发后巩膜葡萄肿研究进展

曲宸颖<sup>1,2</sup>, 毕宏生<sup>1,2</sup>, 宋继科<sup>2,3</sup>

引用:曲宸颖,毕宏生,宋继科. 高度近视并发后巩膜葡萄肿研究进展. 国际眼科杂志 2022;22(3):412-415

基金项目:国家重点研发计划项目(No. 2019YFC1710200, 2019YFC1710203);山东省医药卫生科技发展计划项目(No. 202007020896)

作者单位:<sup>1</sup>(250014)中国山东省济南市,山东中医药大学;  
<sup>2</sup>(250002)中国山东省济南市,山东中医药大学附属眼科医院  
山东省眼病防治研究院;<sup>3</sup>(250002)中国山东省济南市,山东中医药大学眼科研究所 山东省中西医结合眼病防治重点实验室  
山东省高校中西医结合眼病防治技术(强化)重点实验室

作者简介:曲宸颖,在读硕士研究生,研究方向:中西医结合眼科疾病研究。

通讯作者:宋继科,毕业于山东中医药大学,博士,副教授,硕士研究生导师,研究方向:中西医结合眼科疾病研究. edusjk@163.com

收稿日期:2021-04-15 修回日期:2022-01-19

**摘要**  
高度近视并发的眼底病变是不可逆的致盲眼病之一。在高度近视眼底的一系列并发症中,后巩膜葡萄肿(posterior scleral staphyloma, PSS)是最基础的病变之一。本文通过对国内外文献的整理就高度近视后巩膜葡萄肿的发生机制、检查方法、分类及治疗展开综述,为临床上后巩膜葡萄肿的防控提供更好的认识。

**关键词:**后巩膜葡萄肿;高度近视;发病机制;巩膜;综述  
DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.3.12

## Research progress of posterior scleral staphyloma in high myopia

Chen-Ying Qu<sup>1,2</sup>, Hong-Sheng Bi<sup>1,2</sup>, Ji-Ke Song<sup>2,3</sup>

**Foundation items:** National Key Research and Development Program of China (No. 2019YFC1710200, 2019YFC1710203); Medical and Health Science and Technology Development Project of Shandong Province (No.202007020896)

<sup>1</sup>Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250014, Shandong Province, China; <sup>2</sup>Ophthalmic Hospital Affiliated to Shandong University of Traditional Chinese Medicine; Institute of Ophthalmology Disease Prevention and Control of Shandong, Jinan 250002, Shandong Province, China; <sup>3</sup>Shandong Provincial Key Laboratory of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine for Prevention and Therapy of Ocular Diseases; Key Laboratory of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine for Prevention and Therapy of Ocular Diseases in Universities of Shandong; Eye Institute of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250002, Shandong Province, China

**Correspondence to:**Ji-Ke Song. Ophthalmic Hospital Affiliated to Shandong University of Traditional Chinese Medicine; Institute of

Ophthalmology Disease Prevention and Control of Shandong, Jinan 250002, Shandong Province, China; <sup>3</sup>Shandong Provincial Key Laboratory of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine for Prevention and Therapy of Ocular Diseases; Key Laboratory of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine for Prevention and Therapy of Ocular Diseases in Universities of Shandong; Eye Institute of Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan 250002, Shandong Province, China. edusjk@163.com  
Received: 2021-04-15 Accepted: 2022-01-19

## Abstract

• High myopia complicated with fundus lesions is one of irreversible blinding eye diseases. Posterior scleral staphyloma (PSS) is one of the most basic pathologies in a series of complications of high myopia. This article reviews the pathogenesis, examination methods, classification and treatment of PSS in high myopia by sorting out domestic and foreign literature, providing a better understanding of the prevention and control of PSS.  
• **KEYWORDS:** posterior scleral staphyloma; high myopia; pathogenesis; sclera; review

**Citation:** Qu CY, Bi HS, Song JK. Research progress of posterior scleral staphyloma in high myopia. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(3):412-415

## 0 引言

目前,全球近视人数高达14.5亿,有数据预计,到2050年全球的近视人数将增加至47.58亿,占全世界人口总数的49.8%。其中高度近视人数9.38亿,占世界人口的9.8%<sup>[1]</sup>。超过90%的高度近视患者有眼球病理的改变,这种病理变化分两大类型:(1)从赤道部开始的眼球后极部弥漫性向后伸展;(2)部分后极部呈瘤样向后扩张,后者又称后巩膜葡萄肿(posterior scleral staphyloma, PSS)。PSS是病理性近视的标志,至2050年可能影响9.38亿人<sup>[2]</sup>。PSS由Antonio Scarpa于1801年首次描述<sup>[3]</sup>,是眼球的后极部向后突出。其曲率半径小于周围球壁的曲率局限性向外凸出,主要表现为其边缘有“阴影”样改变或检眼镜下突然的边缘网膜血管走行异常,其次为PSS的底部及其周边的视网膜部存在屈光差<sup>[4]</sup>。PSS对眼底有着诸多的病理损害,包括视网膜萎缩、脱离<sup>[4]</sup>,黄斑损害<sup>[5-8]</sup>,脉络膜新生血管,视网膜色素上皮病变等<sup>[9]</sup>。本文通过对PSS的发病机制与影响因素、检查方法、分类方法以及治疗进行综述,以期对PSS的防控提供全面的认识。

## 1 PSS的病因与机制研究

### 1.1 PSS的发病原因

1.1.1 眼轴增长 眼轴增长是PSS发生的危险因素之一<sup>[10-11]</sup>。Curtin<sup>[12]</sup>统计了高度近视患者中PSS的发生率,当眼轴长在26.5~27.4mm时PSS的发生率为1.4%,在

33.5~36.6mm 时发生率高达 71.4%。Park 等<sup>[13]</sup>研究发现患有 PSS 的眼睛眼轴(29.55±3.05mm)比无 PSS 的眼睛眼轴(26.68±1.05mm)更长。Kowalczyk 等<sup>[14]</sup>报告了 1 例正常眼球发生 PSS,提示 PSS 也可以发生在正常眼轴眼,但临床很少见。

**1.1.2 年龄因素** 研究<sup>[15-16]</sup>表明,年龄增长也是 PSS 形成的危险因素之一。Hsiang 等<sup>[17]</sup>研究发现高度近视的老年患者(平均 66.0±8.5 岁)的 PSS 患病率明显高于年轻患者(平均 39.0±9.2 岁)。Tanaka 等<sup>[18]</sup>对高度近视儿童青少年[6~19(平均 12.3±4.0)岁]进行了研究,发现 55 眼中有 7 眼(7/55,12.73%)被诊断为 PSS,并认为 PSS 可能的发病年龄比以往认为要年轻的多。

**1.1.3 后涡静脉因素** Moriyama 等<sup>[19]</sup>使用宽视野吲哚菁绿血管造影观察后涡静脉发现 PSS 的发生与是否存在后涡静脉有一定的关系,有后涡静脉的眼 PSS 的患病率为 67.5%(54/80),明显高于无后涡静脉眼的患病率 38.7%(86/222)。然而后涡静脉的检测困难,鲜见其它文献报道,后涡静脉与 PSS 之间的关系有待进一步研究证实。年龄和眼轴是目前认为导致 PSS 的主要影响因素<sup>[15,20]</sup>,但是确切因素尚不明确。进行多中心、大样本的纵向队列研究,进一步阐述 PSS 的病因学规律,是未来的研究方向之一。

**1.2 PSS 的发病机制** PSS 的发病机制目前尚不明确,最近研究表明 PSS 这一改变首先发生在巩膜以外的组织<sup>[21]</sup>。如 Bruch 膜的改变、脉络膜的缺血缺氧引起的巩膜变薄均可能诱导 PSS 发生<sup>[18,22]</sup>。

**1.2.1 巩膜机制** 巩膜变薄是 PSS 发生的关键机制<sup>[23]</sup>。Frisina 等<sup>[24]</sup>用 OCT 扫描测量巩膜厚度发现并发 PSS 的患者 PSS 最深的点的平均巩膜厚度为 160.3±67.28(65~340)μm,并认为 PSS 最深的点是巩膜最薄的区域,是巩膜组织最无力的区域。Park 等<sup>[25]</sup>研究发现 PSS 高度与巩膜厚度呈显著负相关。巩膜曲率随着轴向的伸长而改变,Jonas 等<sup>[26]</sup>发现巩膜内表面不规则的形态尤其存在于巩膜后壁厚度<200μm。另有研究表明在轴向伸长的 PSS 眼睛中,局部巩膜厚度的变化会诱发局部巩膜的扩张,导致 PSS<sup>[27]</sup>。基于这些组织学和临床表现,巩膜被认为是轴向伸长的主要组织并参与 PSS 的形成<sup>[28]</sup>。

**1.2.2 Bruch 膜机制** 巩膜对 Bruch 膜后扩张的局部生物力学抵抗力降低是假设的 PSS 致病参数之一<sup>[29]</sup>。Jonas 等<sup>[21]</sup>认为高度近视眼睛的轴向伸长可能是由于赤道区域产生 Bruch 膜,随后 Bruch 膜向后推,导致脉络膜压缩和巩膜变薄。Shinohara 等<sup>[30]</sup>认为 Bruch 膜可能是导致轴向伸长的重要结构,这是由于中周区的 Bruch 膜生长和后 Bruch 膜向后推造成的,导致黄斑脉络膜受压,巩膜被动伸长和变薄,最明显的在后极,进而导致 PSS 的发生。Fang 等<sup>[31]</sup>发现,在高度近视的眼睛中可以在圆形黄斑附近检测到 Bruch 膜缺陷。Jonas 等<sup>[32]</sup>研究发现与无 PSS 的区域相比,PSS 区域存在巩膜变薄和空间相关的 Bruch 膜缺陷,巩膜对于向后推的 Bruch 膜抵抗力减小,导致巩膜后凸。

**1.2.3 脉络膜机制** 脉络膜厚度向 PSS 边缘的变化被认为是 PSS 边缘巩膜向内突出的早期征兆。Ohno-Matsui 等<sup>[33]</sup>发现内部巩膜可能被脉络膜滋养,脉络膜血管的衰减可能导致巩膜缺血缺氧变薄。Zhou 等<sup>[34]</sup>研究表明无 PSS 的高度近视眼的黄斑中心凹下脉络膜厚度(157.79±85.18μm)显著高于有 PSS 的高度近视眼的黄斑中心凹下脉络膜厚度(54.94±49.96μm)。研究显示脉络膜随眼轴

增长变薄,PSS 眼的脉络膜厚度在所有方位测量点都比无 PSS 眼的脉络膜厚度薄<sup>[18,35]</sup>,此外,脉络膜变薄,缓冲作用减弱,因此可能会导致眼压对巩膜造成更直接和更大的压力,与这些局部因素相关,可能导致 PSS 的形成。

综上所述,Bruch 膜、脉络膜等组织最终作用于巩膜导致的巩膜变化是 PSS 发生的主要机制。PSS 相关动物模型的建立,开展进一步发病机制研究,可为 PSS 的治疗提供因果性的理论依据。

## 2 PSS 的检查与分类方法

**2.1 检查方法** PSS 的形状多变,能够通过检眼镜、眼底照相、眼科 B 超、电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)、光学相干断层成像(optical coherence tomography, OCT)、核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)等技术观察发现进行的。

**2.1.1 检眼镜** 作为一种常规检查在检查 PSS 上具有方便易行,观察直观等优点,能够直接观察 PSS 的形态与位置<sup>[14]</sup>,但是这种检查方法主观性较强且观察范围较局限,无法进行客观的评判。

**2.1.2 眼底照相** 在早期的研究中<sup>[18]</sup>,使用传统的 50° 立体眼底照片来检测 PSS 的存在,虽然眼底照片观察直观,但是大多数 PSS 较宽,PSS 最常见的是宽黄斑型,其大小超出常规 50° 眼底照片,因此传统的眼底照相不能观察到整个 PSS 的形态<sup>[36]</sup>。超广角激光扫描检眼镜(scanning laser ophthalmoscope, SLO)是一种超广角数字成像仪器,具备成像快、图像质量清晰等优势,能够做到在非散瞳的情况下扫描接近 200° 视网膜<sup>[37]</sup>。SLO 可作为一种检查 PSS 的有效手段,但是目前尚未见 SLO 诊断 PSS 的相关报道,未来需要更多的 PSS 眼底成像的表征研究。

**2.1.3 眼科 B 超** 高频探头具有高分辨力,可以清晰地显示眼球的内部结构,可以从外部探测 PSS 的形态,对 PSS 的诊断有较大的意义,且具有可重复性、无创、安全等优点<sup>[38-39]</sup>。但是 B 型超声存在解剖和空间分辨率限制的弊端,眼球向四周扩张者无法全面彰显。此外,B 超呈现的图像是二维结构,无法呈现一些后巩膜形态复杂的球体的三维结构,因此无法全面精确地反映后巩膜的具体形态及其与视觉神经的位置关系<sup>[40]</sup>。

**2.1.4 OCT** 在显示巩膜的形态上有一定优势,轴向分辨率高,扫描方便,比较容易被各个年龄阶段的患者接受<sup>[41]</sup>,但是其扫描区域比较局限,对于视网膜后区确切的形状难以获得。此外,Kuo 等<sup>[42]</sup>研究发现即使是 9mm 扫描宽度的 OCT 也不能够包括大部分 PSS 的边界。而宽场光学相干断层成像(wide field optical coherence tomography, WF-OCT)是研究 PSS 更好的方法,能够以更高的分辨率可视化组织<sup>[31]</sup>。但 WF-OCT 也无法显示非常大的葡萄肿<sup>[43]</sup>。

**2.1.5 3D-MRI** 可用于 PSS 的成像,具有直观显示眼球和 PSS 的整体形态、PSS 与视神经关系的独特优势,并且在其基础上的分型可用于定性定量诊断和后巩膜加固术的术前评估和随访监测<sup>[44]</sup>。然而,3D-MRI 作为一种筛查技术难以推行,且其空间分辨率相对较低,不能区分视网膜、脉络膜和巩膜组织<sup>[31]</sup>。此外,对于一些体内有金属植入的患者和儿童检查中比较困难。

**2.1.6 CT** CT 作为一种常规的检查手段能够观察眼部的结构改变从而协助 PSS 的诊断,即眼球伸长,巩膜-葡萄膜边缘变薄,但是 CT 检测成本较高且临床上应用并不广泛<sup>[45-46]</sup>。PSS 的形成是一个缓慢的过程,但随着高度近视

表1 Curtin PSS分型

类别	范围
I型后极部	从视神经鼻侧2~5个视盘直径(DD)到黄斑颞侧若干个DD的范围
II型黄斑型	从视盘到黄斑或超出一定的范围,颞侧的血管弓位于PSS壁
III型视乳头型	以视神经为中心1~2.5个DD的范围
IV型鼻侧型	PSS位于视神经的鼻侧
V型下方型	PSS位于视乳头下方
VI型	I型和II型的混合形式
VII型	I型和III型的混合形式
VIII型	I型PSS的基础上表现为PSS的壁呈阶梯状
IX型	在PSS的中部出现一个垂直的中隔
X型	呈折扇状,以视神经为中心向边缘延伸出数个皱褶

表2 Hsiang PSS分级

级别	深度
0级	巩膜轮廓光滑的细长眼
1级	PSS的深度≤2mm
2级	4mm≥PSS的深度>2mm
3级	6mm≥PSS的深度>4mm
4级	PSS的深度>6mm

的进展PSS会逐步加重<sup>[47]</sup>。早期诊断、早期预警,对于PSS的防控具有重要意义。寻找经济、便捷且诊断可靠的检查方式是未来研究的方向。

**2.2 PSS的分型与分级** 由于PSS有多种检测方法,且观察到的PSS特点不同,因此其分类存在多样化。1977年,Curtin<sup>[12]</sup>通过检眼镜观察了250例PSS患者,并最早将观察到的PSS根据位置和形态学分为了10个类型,其中I型(76%)是最常见的主要形式<sup>[24]</sup>,具体分型方法见表1。2008年Hsiang等<sup>[17]</sup>通过B型超声测量PSS的深度,在Curtin分型基础上对PSS进行了分级,分为0~4级,具体分级方法见表2。2014年Ohno-Matsui<sup>[20]</sup>通过3D-MRI根据位置和分布将PSS分为窄-黄斑、宽-黄斑、鼻侧、颞侧和视盘旁5种类型的PSS,其中窄-黄斑(74%)、宽-黄斑(14%)最为常见。

### 3 PSS的防治现状

目前,对于PSS的防控缺乏有效手段,PSS发病后期以后巩膜加固术(posterior scleral reinforcement, PSR)为主要治疗手段<sup>[48]</sup>。PSR是提高PSS近视眼巩膜阻力的合理方法<sup>[49-50]</sup>。Frisina<sup>[51]</sup>研究发现PSR有遏制PSS发展的作用。Parolini等<sup>[52]</sup>研究发现,使用L型黄斑扣可以使PSS变平。然而,Gerinec等<sup>[53]</sup>对154例251眼2~18岁高度近视患者行PSR,10a之后调查发现PSR作用十分有限。另一项研究甚至报告PSR对延缓PSS的发展没有作用<sup>[54]</sup>。因此,PSR作为临床PSS防治对主要手段仍需大样本、长时间的临床观察与验证,尤其是针对儿童青少年患者,PSR的手术时机选择以及其潜在并发症也是今后需要研究的重点。此外,巩膜胶原交联被认为是比较有前途的控制眼轴增长及加固巩膜的方法,可在此基础上治疗PSS。Wollensak等<sup>[55]</sup>研究发现,巩膜胶原交联能增强巩膜的生物机械性能长达8mo。Dotan等<sup>[56]</sup>应用核黄素溶液浸润照射区域,并用紫外光在形觉剥夺法诱导近视的兔眼的赤道部巩膜照射较短的时间,结果发现能够有效地控制眼轴增长。虽然核黄素-紫外线诱导法可能对PSS起到一定的防控作用,但是该方法需紫外线光均匀照射,在后巩膜

极部实现非常困难,其应用受到限制,并且目前巩膜胶原交联法的研究对象主要是动物,在临床上还未广泛应用<sup>[57]</sup>。

中医方面,有学者认为PSS主要是由于肝肾不足引起的,并在此基础上使用后巩膜增强术结合中药补肝肾对50只PSS眼进行治疗,发现患者中一半以上的视力有所提高<sup>[58]</sup>。但是中医药防治PSS尚缺乏系统的中医药理论指导,更缺乏基于循证医学证据的临床实证研究。

### 4 小结与展望

随着高度近视发病率的增加,PSS的发病率也会呈现增加趋势,对PSS发病机制的研究以及PSS的早期诊断、早期预警应该是今后研究的重点方向。研究应聚焦于PSS高危人群(如高度近视、早发性近视等),做到早期筛查、早期诊断、早期防控,并建立大样本、长期随访的PSS研究队列,总结PSS发生、发展的演变规律,寻找PSS防控的有效手段。此外,尚未见PSS动物模型研究报道,今后可尝试通过建立实验性高度近视模型,诱导PSS的发生,从而为深入探讨PSS发病病因及潜在发病机制提供实验基础。

#### 参考文献

- Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016;123(5):1036-1042
- Hsia Y, Ho TC. Posterior staphyloma of extreme pathologic myopia. *JAMA Ophthalmol* 2020;138(5):e191663
- Grzybowski A. Antonio scarpa (1752 - 1832): father of Italian ophthalmology. *Eur J Ophthalmol* 2014;24(4):469-475
- Ohno - Matsui K, Lai TYY, Lai CC, et al. Updates of pathologic myopia. *Prog Retin Eye Res* 2016;52:156-187
- Shinohara K, Moriyama M, Shimada N, et al. Peripheral pigmented streaks in eyes with pathologic myopia. *Retina* 2016;36(8):1573-1578
- Ruiz - Medrano J, Montero JA, Flores - Moreno I, et al. Myopic maculopathy: current status and proposal for a new classification and grading system (ATN). *Prog Retin Eye Res* 2019;69:80-115
- Wu LL, Ho TC, Yang CH, et al. Vitreo-retinal relationship and post-operative outcome of macular hole repair in eyes with high myopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016;254(1):7-14
- 李涛, 周晓东. 高度近视眼底形态特征的研究进展. *中国眼耳鼻喉科杂志* 2018;18(6):434-437
- Nie F, Ouyang JY, Tang WQ, et al. Posterior staphyloma is associated with the microvasculature and microstructure of myopic eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2021;259(8):2119-2130
- 周彦萍, 宋珉璐, 袁源智, 等. 病理性近视脉络膜厚度与后巩膜葡萄肿的关联分析. *中国临床医学* 2019;26(3):471-476
- Hayashi M, Ito Y, Takahashi A, et al. Scleral thickness in highly myopic eyes measured by enhanced depth imaging optical coherence

- tomography. *Eye (Lond)* 2013;27(3):410-417
- 12 Curtin BJ. The posterior staphyloma of pathologic myopia. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1977;75:67-86
- 13 Park HYL, Jung Y, Park CK. Posterior staphyloma is related to optic disc morphology and the location of visual field defect in normal tension glaucoma patients with myopia. *Eye (Lond)* 2015;29(3):333-341
- 14 Kowalczyk M, Pieczyk - Sidor M, Mackiewicz J, et al. Posterior staphyloma in the normal length eyeball -- a case report. *Klin Oczna* 2007; 109(4-6): 220-221
- 15 An G, Dai F, Wang R, et al. Association between the types of posterior staphyloma and their risk factors in pathological myopia. *Transl Vis Sci Technol* 2021;10(4):5
- 16 Wang NK, Wu YM, Wang JP, et al. Clinical characteristics of posterior staphylomas in myopic eyes with axial length shorter than 26.5 millimeters. *Am J Ophthalmol* 2016;162:180-190
- 17 Hsiang HW, Ohno - Matsui K, Shimada N, et al. Clinical characteristics of posterior staphyloma in eyes with pathologic myopia. *Am J Ophthalmol* 2008;146(1):102-110
- 18 Tanaka N, Shinohara K, Yokoi T, et al. Posterior staphylomas and scleral curvature in highly myopic children and adolescents investigated by ultra - widefield optical coherence tomography. *PLoS One* 2019; 14(6):e0218107
- 19 Moriyama M, Cao KJ, Ogata S, et al. Detection of posterior Vortex veins in eyes with pathologic myopia by ultra-widefield indocyanine green angiography. *Br J Ophthalmol* 2017;101(9):1179-1184
- 20 Ohno-Matsui K. Proposed classification of posterior staphylomas based on analyses of eye shape by three - dimensional magnetic resonance imaging and wide-field fundus imaging. *Ophthalmology* 2014;121(9):1798-1809
- 21 Jonas JB, Ohno-Matsui K, Jiang WJ, et al. Bruch membrane and the mechanism of myopization: a new theory. *Retina* 2017; 37(8):1428-1440
- 22 Wu H, Chen W, Zhao F, et al. Scleral hypoxia is a target for myopia control. *Proc Natl Acad Sci USA* 2018;115(30):E7091-E7100
- 23 Ellabban AA, Tsujikawa A, Muraoka Y, et al. Dome-shaped macular configuration: longitudinal changes in the sclera and choroid by swept-source optical coherence tomography over two years. *Am J Ophthalmol* 2014;158(5):1062-1070
- 24 Frisina R, Baldi A, Cesana BM, et al. Morphological and clinical characteristics of myopic posterior staphyloma in Caucasians. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016;254(11):2119-2129
- 25 Park JH, Choi KR, Kim CY, et al. The height of the posterior staphyloma and corneal hysteresis is associated with the scleral thickness at the staphyloma region in highly myopic normal-tension glaucoma eyes. *Br J Ophthalmol* 2016;100(9):1251-1256
- 26 Jonas JB, Ohno-Matsui K, Holbach L, et al. Association between axial length and horizontal and vertical globe diameters. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2017;255(2):237-242
- 27 McBrien NA, Gentle A. Role of the sclera in the development and pathological complications of myopia. *Prog Retin Eye Res* 2003;22(3):307-338
- 28 Li HH, Cui DM, Zhao F, et al. BMP - 2 is involved in scleral remodeling in myopia development. *PLoS One* 2015;10(5):e0125219
- 29 Ohno-Matsui K, Jonas JB. Posterior staphyloma in pathologic myopia. *Prog Retin Eye Res* 2019;70:99-109
- 30 Shinohara K, Shimada N, Moriyama M, et al. Posterior staphylomas in pathologic myopia imaged by widefield optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017;58(9):3750-3758
- 31 Fang YX, Jonas JB, Yokoi T, et al. Macular Bruch's membrane defect and dome-shaped macula in high myopia. *PLoS One* 2017;12(6):e0178998
- 32 Jonas JB, Wang YX, Dong L, et al. Advances in myopia research anatomical findings in highly myopic eyes. *Eye Vis (Lond)* 2020;7:45
- 33 Ohno-Matsui K, Akiba M, Modegi T, et al. Association between shape of sclera and myopic retinochoroidal lesions in patients with pathologic myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53(10):6046-6061
- 34 Zhou LX, Shao L, Xu L, et al. The relationship between scleral staphyloma and choroidal thinning in highly myopic eyes: the Beijing Eye Study. *Sci Rep* 2017;7(1):9825
- 35 Park UC, Kim B, Oh BL. Decreased choroidal and scleral thicknesses in highly myopic eyes with posterior staphyloma. *Sci Rep* 2021; 11(1):7987
- 36 Saito R, Shinohara K, Tanaka N, et al. Association between dome-shaped macula and posterior staphyloma in highly myopic eyes investigated by ultra - widefield optical coherence tomography. *Retina* 2021;41(3):646-652
- 37 Carles G, Muyo G, van Hemert J, et al. Combined high contrast and wide field of view in the scanning laser ophthalmoscope through dual detection of light paths. *J Biomed Opt* 2017;22(11):1-10
- 38 肖琛辉, 曾广川, 廖武, 等. 高度近视后巩膜葡萄肿形态与视网膜劈裂参数的关系研究. *中国医学创新* 2019;16(21):47-50
- 39 张林, 张振华, 王龙龙, 等. 高度近视后巩膜葡萄肿 B 超水平截面检查结果分析. *中国实用眼科杂志* 2005(6):619
- 40 施靖容, 何玉萍, 赵婷婷, 等. 应用 3D-MRI 成像技术重建高度近视眼球形态. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2016;18(5):269-274
- 41 高付林, 张卯年. OCT 在高度近视后巩膜葡萄肿视网膜劈裂中的应用. *眼科新进展* 2005;25(4):381-383
- 42 Kuo AN, Verkicharla PK, McNabb RP, et al. Posterior eye shape measurement with retinal OCT compared to MRI. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(9):196-203
- 43 Shinohara K, Tanaka N, Jonas JB, et al. Ultrawide-field OCT to investigate relationships between myopic macular retinoschisis and posterior staphyloma. *Ophthalmology* 2018;125(10):1575-1586
- 44 张琳, 张贵祥, 李念云, 等. 三维 MRI 用于高度近视眼球形态定量测量和后巩膜葡萄肿分型. *现代生物医学进展* 2018;18(12):2278,2283-2288
- 45 Anderson RL, Epstein GA, Dauer EA. Computed tomographic diagnosis of posterior ocular staphyloma. *AJNR Am J Neuroradiol* 1983;4(1):90-91
- 46 Swayne LC, Garfinkle WB, Bennett RH. CT of posterior ocular staphyloma in axial myopia. *Neuroradiology* 1984;26(3):241-243
- 47 王艳玲, 陈曦. 关注高度近视眼球形态对疾病进展的影响. *眼科新进展* 2018;38(8):701-703
- 48 高婷婷, 邴启斌, 龙琴. 后巩膜加固术研究新进展. *临床眼科杂志* 2017;25(4):381-383
- 49 陈梦平, 唐文建, 沈策英, 等. 后巩膜加固术治疗高度近视后巩膜葡萄肿的效果. *中华眼外伤职业眼病杂志* 2016;38(11):841-845
- 50 游昌涛, 李玉军, 李帅飞. 高度近视后巩膜葡萄肿加固术疗效评价. *中华眼外伤职业眼病杂志* 2019;41(9):684-688
- 51 Frisina R. A customized posterior scleral reinforcement for myopic macular hole with retinal detachment and posterior staphyloma: a case report. *Eur J Ophthalmol* 2021;31(5):NP88-NP92
- 52 Parolini B, Frisina R, Pinackatt S, et al. Indications and results of a new l-shaped macular buckle to support a posterior staphyloma in high myopia. *Retina* 2015;35(12):2469-2482
- 53 Gerinec A, Slezakova G. Posterior scleroplasty in children with severe myopia. *Bratisl Lek Listy* 2001;102(2):73-78
- 54 Nesterov AP, Libenson NB, Svirin AV. Early and late results of fascia lata transplantation in high myopia. *Br J Ophthalmol* 1976; 60(4):271-272
- 55 Wollensak G, Iomdina E. Long-term biomechanical properties of rabbit cornea after photodynamic collagen crosslinking. *Acta Ophthalmol* 2009;87(1):48-51
- 56 Dotan A, Kremer I, Gal-Or O, et al. Scleral cross-linking using riboflavin and ultraviolet-A radiation for prevention of axial myopia in a rabbit model. *J Vis Exp* 2016;110:e53201
- 57 许寅聪, 赵亚芳, 王超英, 等. 巩膜胶原交联防治病理性近视的研究进展. *中国中医眼科杂志* 2018;28(6):404-407
- 58 余扬桂, 美国华, 黄仲委, 等. 高度近视后巩膜葡萄肿的特征及中西医结合防治. *中国中医眼科杂志* 1991;1:29-31