

视网膜动脉阻塞危险因素和治疗的研究现状

袁航, 谢立科, 罗傑, 郝晓凤, 胥静, 王诗惠, 吴改萍

引用: 袁航, 谢立科, 罗傑, 等. 视网膜动脉阻塞危险因素和治疗的研究现状. 国际眼科杂志 2021;21(3):446-449

基金项目: 中国中医科学院院内联合创新专项(由中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金资助)(No.ZZ11-039)

作者单位: (100040) 中国北京市, 中国中医科学院眼科医院

作者简介: 袁航, 在读硕士研究生, 研究方向: 眼底病。

通讯作者: 谢立科, 硕士, 主任医师, 博士研究生导师, 副院长, 研究方向: 眼底病. bxielike@sina.com

收稿日期: 2020-03-06 修回日期: 2021-01-22

摘要

视网膜动脉阻塞(RAO)是眼科急症,分为视网膜中央动脉阻塞(CRAO)、视网膜分支动脉阻塞(BRAO)、睫状视网膜动脉阻塞、视网膜毛细血管前微动脉阻塞。其发展迅速且预后差,危险因素多,尚缺乏治疗的标准方案。目前现代医学的治疗方案包括降眼压、高流量吸氧、扩张血管、抗血小板凝集等传统治疗以及溶栓、高压氧治疗、动脉介入等积极治疗方式。本文对RAO的危险因素和治疗方面的研究进展进行综述。

关键词: 视网膜动脉阻塞; 危险因素; 治疗; 综述

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2021.3.13

Review about risk factors and treatment in retinal artery occlusion

Hang Yuan, Li-Ke Xie, Jie Luo, Xiao-Feng Hao, Jing Xu, Shi-Hui Wang, Gai-Ping Wu

Foundation item: Joint Innovation Project in Chinese Academy of Traditional Chinese Medicine Supported by the Fundamental Research Funds for the Central Public Welfare Research Institutes (No.ZZ11-039)

Eye Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100040, China

Correspondence to: Li-Ke Xie. Eye Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100040, China. bxielike@sina.com

Received: 2020-03-06 Accepted: 2021-01-22

Abstract

Retinal artery occlusion (RAO) is an ophthalmic emergency, including central retinal artery occlusion (CRAO), branch retinal artery occlusion (BRAO), ciliary retinal artery occlusion and retinal capillary microartery occlusion. The progression is fast and the prognosis is poor, with many risks involved, and there is still lack of standard treatment procedures. At present, the modern treatment procedures include traditional treatments, e.g. lowering intraocular pressure, high flow oxygen

inhalation, blood vessels dilatation, antiplatelet aggregation, and other active treatments like thrombolysis, hyperbaric oxygen therapy and arterial intervention. This review summarizes recent advancement about risk factors and treatment in RAO.

KEYWORDS: retinal artery occlusion; risk factors; treatment; review

Citation: Yuan H, Xie LK, Luo J, et al. Review about risk factors and treatment in retinal artery occlusion. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021;21(3):446-449

0 引言

视网膜动脉阻塞(retinal artery occlusion, RAO)是眼科急症之一,是由于视网膜动脉的阻塞导致其供给营养的视网膜急性缺血、缺氧,细胞内水肿,继而视细胞迅速死亡,从而导致不同范围或程度的视力损害,其分为视网膜中央动脉阻塞(central retinal artery occlusion, CRAO)、视网膜分支动脉阻塞(branch retinal artery occlusion, BRAO)、睫状视网膜动脉阻塞、视网膜毛细血管前微动脉阻塞、眼缺血综合征^[1]。视网膜对血液中氧张力反应敏感,RAO发生97min后,视网膜感觉层就会发生不可逆性损伤^[2]。本文主要对非动脉炎性的RAO(non arteritis retinal artery occlusion, NA-RAO)进行论述。

1 危险因素

1.1 心血管疾病

1.1.1 高血压 高血压导致动脉血管管壁增厚、弹性下降、动脉硬化,血管内皮缺氧受损,同时血小板聚集、活化并激活凝血因子和凝血酶,血液呈现高凝状态导致血栓形成^[2]。Callizo等^[3]研究中发现高血压是最常见的危险因素,患CRAO的患者中有73%的患者被诊断为高血压。

1.1.2 高脂血症和颈动脉粥样硬化 栓子主要分为胆固醇、钙化、血小板纤维蛋白三类。高脂血症患者血液黏稠度增高,脂类物质易在血管壁内膜沉积逐渐形成斑块,斑块增多、增大,使血管管腔逐渐狭窄,血液流通不畅。未钙化的斑块容易脱落、破裂形成血栓,随血液运行至视网膜动脉造成RAO。视网膜动脉是眼动脉的分支,眼动脉是颈内动脉的重要分支,颈动脉粥样斑块脱落后易经血液循环到达同侧视网膜动脉,从而导致RAO发生。颈动脉狭窄>50%时其分支动脉血流量会逐渐下降,血流动力学随之改变,发生RAO概率增加^[2]。

1.1.3 房颤和冠心病及心内膜炎 房颤过程中小动脉或动脉中会形成微小血栓,导致动脉粥样硬化斑块持续发展,加重动脉狭窄的程度。冠心病的病理基础是高脂血症,多伴有高血压。Yen等^[4]将患者随机分为冠心病组、房颤组和无房颤及冠心病组,三组RAO的发生率分别为:房颤组0.18%,冠心病组0.08%,无房颤及冠心病组0.02%,房颤组与冠心病组分别与无房颤及冠心病组对比,结果均有统

计学意义 ($P < 0.0001$), 房颤和冠心病均为 RAO 的危险因素。

抗菌治疗主动脉、二尖瓣感染的 2~4wk 内易发生栓塞, 其发生风险与赘生物大小呈正相关。Ziakas 等^[5]报道了 1 例 59 岁的男性患者在治疗急性心内膜炎 5d 后引起左眼 CRAO 的案例, 行前房穿刺、按摩眼球等保守治疗及主动脉瓣和二尖瓣置换术的心脏手术后 CRAO 并未恢复。

1.1.4 高同型半胱氨酸血症 同型半胱氨酸 (Hcy) 会引起内皮细胞功能障碍、凋亡和增殖异常加剧, 高同型半胱氨酸血症影响视网膜血管重塑而造成 RAO。Huang 等^[6]选取 8 篇与高同型半胱氨酸血症相关的研究, 发现高同型半胱氨酸血症的患者患 RAO 的风险高于对照组 ($OR: 6.64, P < 0.00001$), 患 RAO 的患者血浆中同型半胱氨酸水平高于对照组 ($P = 0.0006$), 提示血浆中同型半胱氨酸增加是 RAO 独立的危险因素。

1.2 脑卒中 脑血管与视网膜动脉均在颅内, 有共同的供血来源, 视网膜血管改变可以作为脑血管疾病的一个标志^[3]。Chodnicki 等^[7]选取 300 例 CRAO 的患者, 其中 5.3% 在患 CRAO 前后 15d 内出现症状性缺血性卒中, 1.7% 的患者出现短暂性脑缺血发作, 由栓塞引起 CRAO 的患者中 7% 患有脑卒中, 研究发现在 CRAO 期间常见症状性缺血性卒中、短暂性脑缺血发作。

1.3 糖尿病 糖尿病会引起: (1) 大血管改变, 如动脉硬化和动脉粥样硬化改变, 除此之外颈动脉粥样硬化斑块上血小板凝集可释放 5-羟色胺, 引起视网膜血流阻塞导致 RAO; (2) 视网膜微血管改变, 包括视网膜小动脉狭窄和动静脉局部狭窄, 增加视网膜血管对闭塞的敏感性, 减少眼血流量, 促进 RAO 的发生。Chang 等^[8]研究 2003/2005 年台湾糖尿病患者作为糖尿病组, 选取相同人数的非糖尿病患者作为对照组, 0.13% 糖尿病患者患 RAO, 对照组中 0.059% 患者患 RAO, 调整潜在的混杂因素后, 糖尿病患者发生 RAO 的可能性比对照组高 2.11 倍, 具有统计学意义 ($P < 0.0001$), 糖尿病是患 RAO 独立的危险因素。

1.4 终末期肾病 终末期肾病易引起颈动脉粥样硬化与斑块形成, 主要与磷酸钙稳态失调, 继发性甲状旁腺功能亢进、高尿酸血症、高半胱氨酸血症等疾病, C 反应蛋白和不对称二甲基精氨酸有关。Chang 等^[9]研究 2000/2009 年台湾终末期肾病的患者作为终末期肾病组, 选取相同人数的非终末期肾病者做对照组, 终末期肾病组中 0.25% 患 RAO, 对照组中 0.08% 患 RAO, 调整潜在的混杂因素后, 终末期肾病患者发生 RAO 的可能性比对照组高 2.78 倍, 具有统计学意义 ($P < 0.0001$), 终末期肾病是患 RAO 的危险因素。

1.5 肠道微生物群的组成和功能改变 Zysset-Burri 等^[10]对临床诊断为 RAO 的患者与年龄、性别匹配的对照组进行研究, 研究发现 RAO 患者肠道微生物菌群富含胆固醇代谢途径的基因, 促动脉粥样硬化的代谢产物三甲胺-N-氧化物 (TMAO) 较对照组显著升高 ($P = 0.023$), 二者均易引起栓子的形成。TMAO 的含量与 *Parasutterella* 菌属和毛螺旋菌属的相对丰富度呈负相关, 与 *Akkermansia* 菌属呈正相关; RAO 患者拟杆菌门的相对丰富度较对照组低, 变形菌门较高, 其中 *Odoribacter* 杆菌、*Parasutterella* 菌属和毛螺旋菌属等明显较低, 放线菌属、双歧杆菌属、多形杆菌属、柔嫩梭菌属等几个属种相对富集。RAO 与肠道微生物群、TMAO 有关意味着可以通过改变微生物群的干预措

施靶向治疗 RAO。

1.6 其他 疟疾的视网膜病变的特征包括视网膜出血、视乳头水肿、视网膜白化、硬性渗出、血管变色和玻璃体积血, Choudhury 等^[11]报道了 1 例患恶性疟原虫疟疾 3d 后出现左眼 CRAO 的案例。系统性红斑狼疮 (systemic lupus erythematosus, SLE) 产生多种自身抗体, 狼疮抗凝因子、抗心磷脂抗体及抗神经元自身抗体均具有栓塞功能, 余运娴等^[12]报告 1 例 SLE 并发双眼 RAO 的案例。刘学兵等^[13]报告 1 例内窥镜鼻窦手术后 26h 出现左眼 CRAO, 考虑与术中麻醉剂肾上腺素超过正常用量 10 倍有关, 因患者异常敏感或循环系统缺陷, 血管持续反复痉挛, 微小栓子脱落侵入眼部循环系统。Lin 等^[14]报道 1 例 17 岁的患者行青光眼瓣膜植入术后并发 CRAO, 其机制可能与球后麻醉引起搏动性眼血流下降有关。Meena 等^[15]报告 1 例室内空气复位角膜后弹力层的手术, 因空气阻塞瞳孔引起眼压的突然升高导致 CRAO 的案例。长期保持卧姿 (俯卧) 也是 RAO 的危险因素, 陆琼等^[16]报告了 1 例患者全身麻醉下俯卧位行颈椎后路椎骨减压内固定术, 手术约 2.5h, 术后发生 CRAO 及类似眶尖综合征。Grzybowski 等^[17]研究中显示 CRAO 发病与空气污染物, 如 SO_2 、 NO_2 、 O_3 、 CO 、 PM_{10} 等的浓度呈正相关。Dharmasena 等^[18]报道 1 例 13 岁患 BRAO 的患者, 无系统性疾病、无血栓栓塞的家族遗传史, 因一侧颈动脉长时间受到一定压力而患病。面部整形也是青年患 RAO 的危险因素, 陈中山等^[19]分析 9 例额面部美容导致 CRAO 的病例, 得出额面部美容局部皮肤操作有导致 CRAO 的风险。Gezer 等^[20]报道 1 例 22 岁女性患者在使用甲氨蝶呤治疗异位妊娠时出现右眼 BRAO 的病例, 甲氨蝶呤用量相对较低, 患者无患 RAO 的危险因素, 实验室检查、超声心动图、双侧颈动脉超声均无异常, 由此推测 BRAO 可能为甲氨蝶呤的副作用之一。

2 治疗方式

2.1 传统治疗 传统治疗包括降低眼压, 高流量吸氧, 扩张血管, 抗血小板凝集。按摩眼球, 前房穿刺, 药物如甘露醇、乙酰唑胺等, 可使眼压下降, 增加视网膜灌注压。高流量吸氧即在大气压下吸入 $95\% O_2 + 5\% CO_2$ 以改善脉络膜缺氧状态, 从而缓解视网膜缺氧。口服烟酸 50mg、舌下含服硝酸甘油 5mg 以及球后注射阿托品 0.5mg 可以扩张血管, 减少血管阻力, 增加血流灌注。口服拜阿司匹林 300mg 可以抗血小板聚集, 降低血黏度^[21-23]。

2.2 静脉溶栓 Meta 分析 962 例 CRAO 的患者, 其中静脉溶栓组 147 例、保守治疗组 419 例、自发恢复组 396 例, 17.7% 的患者视力自发恢复, 保守治疗组和静脉溶栓组分别有 7.4%、31.8% 的患者视力恢复, 在症状发生后 4.5h 内溶栓 50% 的患者视觉恢复, 高于自发恢复组 3 倍且降低 32.3% 的风险, 4.5h 后静脉溶栓治疗与自发恢复视觉并无太大区别。Dumitrascu 等^[24]选取 Schrag 的 Meta 分析对静脉溶栓的安全性和治疗效果进行批判性评价, 证明在症状首次发生后 4.5h 内进行静脉溶栓安全性高且治疗效果好。谢礼丹等^[23]报告 1 例 19 岁左眼 BRAO 的患者, 发病 2h 后予尿激酶 (UK) 100 万 U 快速静脉滴注 (0.5h 内滴完), 患者入院至溶栓的时间需控制在 30min 内, 溶栓治疗后 2h, 患者诉左眼上方视物遮挡感消失, 无不适。Schultheiss 等^[25]系统回顾 20 例患 NA-CRAO 的患者, 行 CT、MRI 排除颅内出血、脑梗塞和其他溶栓禁忌证后注射

组织型纤溶酶原激活剂(tPA)9mg/kg(最多90mg),发病至溶栓时间平均在210min,治疗后患者视力均有恢复($P=0.002$)。

前列素 E1(systemic prostaglandin, PEG1)是一种对外周血管有效的血管扩张剂,通过刺激腺苷酸环化酶产生环状腺苷磷酸(adenosine monophosphate, AMP)来抑制血小板凝集,PEG1可直接作用在血管壁平滑肌上使血管扩张增加血流量。Takai等^[26]对10例发病24h内的NA-CRAO患者进行PEG1单药治疗,连续5d,每天两次静脉注射40 μ g PEG1;再连续1mo,每天口服PEG1 3次(每天30 μ g),所有的患者视力均有很大的提高且未出现并发症。PEG1单药治疗的禁忌证为不可控制的高血压、心衰、出血状态和重大内脏疾病。

2.3 高压氧治疗 Masters等^[27]回顾性研究39例高压氧治疗CRAO的患者,首次治疗在2.8个绝对大气压下90min,然后分段减压,总治疗时间为135min(不包括压缩的时间),之后连续5d每天在2.4个绝对大气压下治疗2次,每次90min;治疗后72%的患者视力提高,发病12h内治疗的患者视力平均提高6.11行,发病12h后治疗的患者视力平均提高2.66行,该研究得出结论高压氧治疗CRAO安全且耐受性好且症状发生后12h内接受高压氧治疗视力提高程度最好。Kim等^[28]报告1例右眼CRAO的患者,发病10h后在2.8个绝对大气压下治疗140min,患者裸眼视力从手动提升至0.2,再接受间歇性高压氧疗;每小时15min高压氧与45min的呼吸室空气交替,然后进行前房穿刺,睡觉时吸氧6L/min,3d后右眼裸眼视力提升至0.4。Soares等^[29]总结2例高压氧治疗CRAO的病例:1例61岁的女性患者发病6h内在2.4个绝对大气压的氧气下治疗90min,连续治疗3d,每天2次,治疗第5d再行1次,高压氧治疗3d后BCVA从指数提升至1.0,7wk后荧光血管造影显示视网膜中央动脉荧光素充盈正常;1例69岁的男性患者发病4h后在2.4个绝对大气压的氧气下治疗90min,连续治疗2d每天2次,第5d再进行1次,治疗后10d视网膜内层厚度开始减少,治疗后13d BCVA从手动提升至0.8,证明较早进行高压氧治疗对CRAO疗效较好。

2.4 动脉介入治疗 动脉介入治疗适用于非感染性血栓栓塞性CRAO;手术前需检查凝血四项,排除有颅内出血、颅内动脉瘤病史者,近1mo内有头颅外伤史、脑卒中及颅内手术者,有重要脏器严重障碍者;多数研究者主张发病后4~6h内进行手术^[30]。Page等^[31]Meta分析491例CRAO的患者,其中动脉介入组236例、保守治疗组255例,动脉介入组50.4%视力提高,保守治疗组31.8%视力提高($P<0.005$)。张志强等^[32]采用Seldinger改良技术,经股动脉穿刺插管行全脑血管造影,对7例眼动脉起始段狭窄闭塞者,先于狭窄或闭塞处进行机械性碎栓,随后将30万U UK溶解于NS 30mL中,以1mL/min的速度泵入栓塞的血管处进行溶栓;对4例眼动脉主干显影良好者,直接将微导管置于眼动脉内,以前述速度和剂量的UK进行灌注,总用量为30~60万U,与治疗前比较,治疗后患者视觉功能改善明显($P<0.05$),本组术中发生短暂性失语3例,研究认为超选择眼动脉溶栓联合机械碎栓对于发病6h以内的急性CRAO是一种安全有效的介入方法。

Kadonosono等^[33]报告了一项视网膜动脉内插管注射tPA治疗CRAO的前瞻性研究,选取13例发病48h内的CRAO患者,局部麻醉下进行手术且保持收缩压低于

120mmHg,玻璃体切除术后将47号微针(外径为50 μ g,内径为20 μ g)连接到玻璃体切割器黏性液体控制单元10mL注射器上,右手拿微针插入视网膜中央动脉,缓慢注射tPA 0.4mL(5000 μ g/L,共200 μ g),左手用软尖针管止血,注射时间需超过3min;术后1wk 11例(85%)患者视力提高,术后1mo 12例(92%)患者视力提高,具有统计学意义($P<0.05$),荧光素血管造影分别显示10眼完全再灌注,3眼不完全再灌注。该手术方法具有挑战性,但随着机器人技术的发展,如机器人扶手,可以辅助视网膜手术的进行。

2.5 其他治疗

2.5.1 腔内Nd:YAG激光溶栓(TYE)治疗 Man等^[34]回顾研究61例TYE治疗RAO的病案,87%的患者视力提高;发病时患者平均视力为20/252,术后第6d提高至20/47($P<0.01$),1a后提高至20/30($P=0.02$),其中视力大于20/200的患者改善程度较小,使用高脉冲能量(≥ 2.4 mJ)视力并未改善,可能与切除更多的玻璃体有关;在加权分析中,54%出现玻璃体或视网膜下出血,其中18%行玻璃体切割术。TYE是正在发展的治疗方式,还需进一步研究探讨其潜在的疗效和风险。

2.5.2 神经保护治疗 CRAO表现为突然视力下降主要是由于视网膜内层的神经细胞损伤不能传初级神经元的信号。KUS(kyoto university substance)121的本质是含缬氨酸蛋白的三磷酸腺苷(adenosine triphosphate, ATP)抑制剂,是一种新型神经保护剂,它作为细胞ATP调节因子在体外和体内的各种病理环境中都能维持细胞ATP的水平,从而抑制内质网应激和各种诱因引起的细胞死亡。Ikeda等^[35]选取9例CRAO的患者,发病时间在4~48h内,视力均低于0.1,予玻璃体腔内注射KUS121连续3d,其中3例注射25 μ g为低浓度组,6例注射50 μ g为高浓度组;低浓度组出现黄斑囊样水肿、虹膜新生血管,高浓度组出现视网膜中心凹脱离、黄斑囊样水肿、视网膜缺血复发等不良反应,均可自愈。12wk后所有患者视力均有显著提升,4例患者(44%)BCVA高于0.1,其中低浓度组66.7%、高浓度组33.3%;7例患者(78%)BCVA高于0.05,其中低浓度组66.7%、高浓度组83.3%。KUS121可能增加血管内皮生长因子的敏感度,还需实验证实;其有效性、用量的安全性需大量临床实验进一步研究。

3 总结与展望

RAO作为眼科急症,目前还没有标准的治疗方案。西医最新、最有前景的研究方向是动脉介入溶栓治疗,但动脉介入溶栓治疗的禁忌证和术后并发症较多,治疗时间窗还需进一步研究确定。RAO多是由全身性疾病引起,因此除了眼的局部治疗外还需要注重患者的全身状况,积极治疗原发病。西医正在发展的治疗方式多在发病48h内治疗有效^[24-27,30,33,36],对于就诊时已超过最佳治疗时间的患者还可选择中药汤剂、针刺、中药制剂等中医治疗方式^[35];西医和中医药相结合的治疗策略可能会给RAO的治疗方案带来更多的选择途径。

参考文献

- 1 杨培增, 范先群. 眼科学. 第9版. 北京:人民卫生出版社 2019: 188-191
- 2 李伟, 金明. 视网膜动脉阻塞的相关风险因素研究现状. 眼科新进展 2018;38(3):294-297

- 3 Callizo J, Feltgen N, Pantenburg S, *et al.* European Assessment Group for Lysis in the Eye. Cardiovascular Risk Factors in Central Retinal Artery Occlusion; Results of a Prospective and Standardized Medical Examination. *Ophthalmology* 2015;122(9):1881-1888
- 4 Yen JC, Lin HL, Hsu CA, *et al.* Atrial Fibrillation and Coronary Artery Disease as Risk Factors of Retinal Artery Occlusion: A Nationwide Population-Based Study. *Biomed Res Int* 2015;2015:374616
- 5 Ziakas NG, Kotsidis S, Ziakas A. Central retinal artery occlusion due to infective endocarditis. *Int Ophthalmol* 2014;34(2):315-319
- 6 Huang X, Yang Y, Duan Y, *et al.* Homocysteine in retinal artery occlusive disease: a meta-analysis of cohort studies. *Sci Rep* 2017;7(1):15708
- 7 Chodnicki KD, Pulido JS, Hodge DO, *et al.* Stroke risk before and after central retinal artery occlusion in a US cohort. *Mayo Clin Proc* 2019;94(2):236-241
- 8 Chang YS, Ho CH, Chu CC, *et al.* Risk of retinal artery occlusion in Patients with diabetes mellitus; a retrospective large-scale cohort study. *PLoS One* 2018;13(8):e0201627
- 9 Chang YS, Weng SF, Chang C, *et al.* Risk of retinal artery occlusion in Patients with end-stage renal disease; a retrospective large-scale cohort study. *Medicine (Baltimore)* 2016;95(14):e3281
- 10 Zysset-Burri DC, Keller I, Berger LE, *et al.* Retinal artery occlusion is associated with compositional and functional shifts in the gut microbiome and altered trimethylamine-N-oxide levels. *Sci Rep* 2019;9(1):15303
- 11 Choudhury H, Panchal B, Doshi S, *et al.* Occlusion of the central retinal artery in Plasmodium falciparum malaria. *BMJ Case Rep* 2019;12(7):e230137
- 12 余运娴, 郑红梅, 江双红, 等. 系统性红斑狼疮并发双眼视网膜动脉阻塞及中枢神经系统受损一例. *中华眼底病杂志* 2004;20(4):61-62
- 13 刘学兵, 李波, 刘钢, 等. 内镜鼻窦手术并发视网膜中央动脉阻塞一例. *中华耳鼻咽喉科杂志* 2004;39(7):63
- 14 Lin FY, Fu MS. Central retinal artery occlusion after uneventful glaucoma valve implantation surgery with retrobulbar anesthesia; a case report. *Int J Ophthalmol* 2019;12(8):1362-1365
- 15 Meena AK, Ghodke BR, Parmar GS. Central retinal artery occlusion after Descemet membrane reposition by intracameral air: A case report. *Eur J Ophthalmol* 2019;2019:1120672119870740
- 16 陆琼, 张杰. 脊柱手术致视网膜中央动脉阻塞1例. *临床眼科杂志* 2017;25(2):172
- 17 Grzybowski AE, Mimier MK. Evaluation of the Association between the Risk of Central Retinal Artery Occlusion and the Concentration of Environmental Air Pollutants. *J Clin Med* 2019;8(2):206
- 18 Dharmasena A, Wallis S. Retinal artery occlusions in children. *J Thromb Thrombolysis* 2014;37(2):186-189
- 19 陈中山, 宋艳萍, 丁琴, 等. 额面部美容致视网膜中央动脉阻塞9例临床分析. *中国激光医学杂志* 2016;25(5):315
- 20 Gezer S, Vural B, Kirsavoglu M, *et al.* Branch retinal artery occlusion in a patient undergoing Methotrexate therapy for ectopic pregnancy; A case report. *J Pak Med Assoc* 2020;70(2):357-359
- 21 明海, 郭海科. 视网膜中央动脉阻塞的临床治疗研究进展. *国外医学(眼科学分册)* 2004;28(4):261-264
- 22 缪娜, 范玮. 视网膜中央动脉阻塞的治疗研究现状及进展. *中华眼底病杂志* 2018;34(5):296-299
- 23 谢礼丹, 张洪, 叶小琴. 基于卒中绿色通道静脉溶栓治疗视网膜分支动脉阻塞1例. *中国中医眼科杂志* 2018;28(5):343-345
- 24 Dumitrascu OM, Shen JF, Kurli M, *et al.* Is Intravenous Thrombolysis Safe and Effective in Central Retinal Artery Occlusion? A Critically Appraised Topic. *Neurologist* 2017;22(4):153-156
- 25 Schultheiss M, Härtig F, Spitzer MS, *et al.* Intravenous thrombolysis in acute central retinal artery occlusion—a prospective interventional case series. *PLoS One* 2018;13(5):e0198114
- 26 Takai Y, Tanito M, Matsuoka Y, *et al.* Systemic prostaglandin E1 to treat acute central retinal artery occlusion. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2013;54(4):3065-3071
- 27 Masters TC, Westgard BC, Hendriksen SM, *et al.* Case series of hyperbaric oxygen therapy for central retinal artery occlusion. *Retin Cases Brief Rep* 2019 [Online ahead of print]
- 28 Kim SH, Cha YS, Lee Y, *et al.* Successful treatment of central retinal artery occlusion using hyperbaric oxygen therapy. *Clin Exp Emerg Med* 2018;5(4):278-281
- 29 Soares A, Gomes NL, Mendonça L, *et al.* The efficacy of hyperbaric oxygen therapy in the treatment of central retinal artery occlusion. *BMJ Case Rep* 2017;2017:ber2017220113
- 30 马建民, 杨新吉, 李志辉. 视网膜中央动脉阻塞介入溶栓治疗的研究进展. *国外医学眼科学分册* 2001;25(1):1-5
- 31 Page PS, Khattar NK, White AC, *et al.* Intra-Arterial thrombolysis for acute central retinal artery occlusion; a systematic review and meta-analysis. *Front Neurol* 2018;9:76
- 32 张志强, 史跃, 孟宪俊, 等. 超选择眼动脉溶栓联合机械碎栓治疗急性视网膜中央动脉阻塞. *山东医药* 2008;48(36):64-65
- 33 Kadonosono K, Yamane S, Inoue M, *et al.* Intra-retinal arterial cannulation using a microneedle for central retinal artery occlusion. *Sci Rep* 2018;8(1):1360
- 34 Man V, Hecht I, Talitman M, *et al.* Treatment of retinal artery occlusion using transluminal Nd:YAG laser: a systematic review and meta-analysis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2017;255(10):1869-1877
- 35 Ikeda HO, Muraoka Y, Hata M, *et al.* Safety and effectiveness of a novel neuroprotectant, KUS121, in patients with non-arteritic central retinal artery occlusion; an open-label, non-randomized, first-in-humans, phase 1/2 trial. *PLoS One* 2020;15(2):e0229068
- 36 高俊俊, 梁凤鸣, 黎红梅. 中西医结合治疗难治型视网膜中央动脉阻塞1例报告. *湖南中医杂志* 2019;35(8):88-89