

【DOI】 10.3969 / j.issn.1671-6450.2024.10.024

综 述

光学相干断层扫描血管成像技术在高度近视中的应用研究进展

李鲜综述 李雁杰审校



基金项目: 山西省回国留学人员科研资助项目合同(2021-163)

作者单位: 030001 太原,山西医科大学第一临床医学院(李鲜);山西医科大学第一医院眼科(李雁杰)

通信作者: 李雁杰, E-mail: liyanjie-0311@126.com

【摘要】 高度近视在亚洲人群中常见,发病率约 4%,多为轴性近视,眼球后极部前后轴伸长。眼轴增长会使视网膜血管系统变化,如血管变窄、流速降低、毛细血管丢失,还会因视网膜薄弱导致脉络膜新生血管长入。因此,诊治时要考虑其对黄斑区、视盘区血流的影响。光学相干断层扫描血管成像技术能分层显示视网膜、脉络膜血管形态结构,为诊断和随访评估提供依据。文章对此技术在高度近视中的应用研究作一综述,为诊疗提供思路。

【关键词】 高度近视;光学相干断层扫描血管成像技术;临床应用

【中图分类号】 R445.1; R778.1⁺1

【文献标识码】 A

Progress in the application of optical coherence tomography angiography in high myopia Li Xian^{*}, Li Yanjie.^{*} The First Clinical College of Shanxi Medical University, Shanxi Province, Taiyuan 030001, China

Funding program: Scientific Research Support Project Contract for Returned Overseas Students in Shanxi Province (2021-163)

Corresponding author: Li Yanjie, E-mail: liyanjie-0311@126.com

【Abstract】 High myopia is common in the Asian population, with an incidence of about 4%. Most of them are axial myopia, and the posterior pole of the eyeball is elongated in the anterior and posterior axis. Axial length can cause changes in the retinal vascular system, such as narrowing of blood vessels, reduction of blood flow velocity, loss of capillaries, and choroidal neovascularization due to weak areas of the retina. Therefore, its effect on blood flow in the macular area and optic disc area should be considered in the diagnosis and treatment. Optical coherence tomography angiography can display the vascular morphology of the retina and choroid in layers, which provides a basis for diagnosis and follow-up evaluation. This article reviews the application of this technology in high myopia, so as to provide ideas for diagnosis and treatment.

【Key words】 High myopia; Optical coherence tomography angiography; Clinical application

我国人口近视发生率为 33%,是世界平均水平 22% 的 1.5 倍,近视人数近 4 亿,居世界第一^[1-2]。高度近视通常伴有裸眼视力下降、夜间视力差等多种症状^[3]。高度近视可能通过减少视黄斑区或视盘区血管密度影响眼底微循环^[4-5],也可能因眼轴增长、眼球后壁牵引改变眼球及眼底正常功能^[6-8],这两种机制都可能使视网膜微血管密度降低^[9]。所以对高度近视进行检查时,需考虑其对黄斑区、视盘区血流的影响。光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)作为新一代眼科影像学检查,具有无创、快速、高分辨率等优势,已被迅速应用于眼底的临床诊疗和研究领域^[10-13]。它能早期发现检眼镜等检查不显著的眼底病变,如中心凹无血管区扩大等。由于结合了光学和超声特点,其可识别视网膜、脉络膜结构及血流运动信息,为医生提供更详细的微血管图像,在高度近视的管理随访和治疗效果检测等方面独具优势。文章对该技术在高度近视中应用的研究进展予以综述。

1 OCTA 技术概述

OCTA 技术是现代眼科影像学领域的一项重大突破。该技术基于光学相干断层扫描原理,巧妙地利用了相干光的干涉特性和血流中红细胞的运动特征来实现血管成像。相干光在眼内不同深度的组织界面发生反射,通过检测反射光的强度和um时间延迟,构建出高分辨率的断层结构图像。同时,基于血流中运动的红细胞与周围静止组织对光的散射特性差异,采用多种算法,如相位对比法、幅度去相关法等,精确识别并提取出血管的信息。OCTA 系统采用频域 OCT 技术,光源多为近红外波段,具有良好的组织穿透性。其扫描模式包括线性扫描、环形扫描和放射状扫描等,以适应不同部位和病变的检测需求。通过这些扫描方式,能够获取大量的断层图像数据,并借助强大的图像处理软件进行三维重建,从而全面展示视网膜和脉络膜血管的立体结构。OCTA 技术具有诸多显著优势。其超高的空间分辨率可达到数微米级别,能够清晰分辨视网膜各层的细微

血管,包括毛细血管,这对于早期病变的检测至关重要。而且,它能够在短时间内完成大面积的扫描,快速获取血管图像,大大提高了检查效率。定量分析功能更是其一大亮点,不仅可以测量血管的密度、管径、血流速度等参数,还能对血管网络的复杂性和连通性进行评估^[14]。与传统的血管造影技术如荧光素眼底血管造影和吲哚菁绿血管造影比较,OCTA 无需注射外源性造影剂,避免了造影剂可能引起的过敏反应、肾损伤等潜在风险^[15]。同时,它具有非侵入性、可重复性高的特点,患者接受度更好。此外,OCTA 能够分层显示视网膜和脉络膜的血管,使其对病变的定位和分层分析更为精准,有助于深入理解疾病的病理生理过程。

2 OCTA 技术在高度近视血流检测中的应用

2.1 在脉络膜血流检测中的应用

脉络膜是眼球器官中的重要组成部分,由血管构成,其不仅能够通过调节血流量来维持稳定的眼内压力,还能阻止光线在眼前内部的反射和散射,减少眼球内部的光干扰,提高视觉的清晰度^[16]。已有研究发现,脉络膜血流密度降低引发的巩膜缺血、缺氧可能是导致近视进展的关键因素,进一步阐明脉络膜的厚度和近视发展的速度密切相关^[17]。李疏凤等^[18]研究指出,患者视网膜浅层和深层血流密度随着近视度数不断增加而降低,当每增加近视度数达到 100 度时,视网膜浅层血流密度则相应降低 0.35%,视网膜深层血流密度相应降低 0.33%。虽然临床很早观察到高度近视患者脉络膜会发生薄变,但脉络膜厚度变化是微米级的,过去没有定量的观察手段而无法准确地测量脉络膜厚度^[19]。随着技术的发展,科学家开始将血管内超声和光学相干断层扫描结合起来,形成 OCTA 技术,一项研究发现^[20],高度轴性近视与巩膜和脉络膜后部变薄、视网膜变薄和赤道区视网膜色素上皮密度有关,而布鲁赫膜厚度与轴长无关。Da Silva 等^[21]也发现高度近视患者的脉络膜非常薄,且随着近视程度的增加而进一步变薄,脉络膜的异常可能在近视退行性变的发病机制中发挥作用。廖燕红等^[22]研究发现高度近视患者的脉络膜毛细血管密度与眼轴均呈负相关,说明随着眼轴增加脉络膜微血管密度相应减少。张丹凤等^[23]对 94 例青少年近视患者双眼进行 OCTA 技术检测,发现低度、中度、高度近视患者脉络膜厚度差异显著,且脉络膜毛细血管密度与年龄呈正相关。刘帆等^[24]使用 OCTA 测量高度、中度、低度近视患者和正常眼者脉络膜的差异,发现高度、中度近视患者脉络膜毛细血管血流空白区百分比高于正常者,且脉络膜毛细血管血流空白区百分比与眼轴长度呈正相关。此外,视盘旁萎缩弧是一种特征性的眼底改变,主要表现为视网膜的色素上皮层和脉络膜的毛细血管层均呈现一定萎缩的状态。王继文等^[25]发现 50 例高度近视患者的上方、下方、颞侧和平均视网膜神经纤维厚度均显著低于 56 例中度近视患者及 44 例轻度近视患者,视盘旁萎缩弧 β 区血流密度显著低于中度及轻度近视患者,视盘旁萎缩弧 α 区存在微血管丢失占比显著高于中度及轻度近视患者 ($P < 0.05$)。证实视盘旁萎缩弧 β 区微血管丢失可作为观察高度近视患者视神经乳头周围脉络膜毛细血管微血管变化的指标之一。

2.2 在视网膜黄斑区血流检测中的应用

黄斑中心凹的血液

供应来自脉络膜的毛细血管,高度近视会引起脉络膜毛细血管萎缩,导致脉络膜新生血管形成。这种新生血管容易破裂出血,对黄斑区造成损害。有研究发现,黄斑中心凹区域视网膜增厚能够增加近视患者黄斑中心凹血管密度及灌注密度^[26]。冯立森等^[27]研究发现,黄斑中心凹深层微血管密度与眼轴无相关性,黄斑中心凹处表层微血管密度与眼轴呈负相关,黄斑中心凹处深层微血管密度及表层微血管密度均与眼轴呈正相关。田春柳等^[28]对单纯高度近视患者患眼黄斑不同区域视网膜血管密度采用 OCTA 进行观察,发现中心区、内层、外层的视网膜血管灌注密度差异显著,且眼轴长度与黄斑区整体及内层、外层的视网膜血管灌注密度均呈负相关。Ucak 等^[29]将 92 例高度近视(眼轴长度 ≥ 26 mm)患者和 70 例无任何已知系统性或眼部疾病的对照病例纳入前瞻性研究,经 OCTA 检查发现高度近视患者黄斑区视网膜浅层和深层的血管密度随着视轴长度的增加而降低,随视网膜神经纤维层和视网膜黄斑区神经节细胞复合体厚度的降低而降低。Liu 等^[30]利用 OCTA 技术对轻度、中度、高度和极端近视组视网膜浅层、深层和全层的黄斑血管系统进行成像。发现轻度近视组视网膜浅层、深层和全层微血管密度最高,中度近视组次之,高度近视组更低,极端近视组最低。在同一层内,两两比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。在四个象限中,只有鼻下象限的血管密度在轻度和中度组之间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。曾桂香^[31]将儿童、青少年、青年非病理性高度近视患者纳入研究,使用 OCTA 技术观察视网膜脉络膜血流密度及黄斑各区域视网膜厚度,研究发现黄斑视网膜脉络膜血流密度与视网膜厚度呈正相关,且高度近视发病年龄越低可能影响黄斑深层血管复合体的血流密度。

2.3 在视乳头周围血流检测中的应用

视乳头是视神经与视网膜相连的部分,主要起到传递视觉信息的作用,视乳头的供血主要来自眼底的视网膜动脉和视网膜静脉^[32]。高度近视患者视神经乳头会发生一些形态学改变,这是由于在眼轴增长的过程会导致 Bruch 膜开口在视神经乳头处扩大。同时,由于巩膜对后极部视网膜造成的机械性牵拉,极易导致视乳头的脉络膜发生出血的情况^[33]。Liu 等^[34]发现高度近视中约有 3.6% 的患者存在视乳头周围的脉络膜内空洞,且高发于近视黄斑病变程度较高的患眼。熊翩翩等^[35]对 76 只高度近视行 OCTA 检查以及彩色眼底照相检查,发现视盘区放射状视盘周围毛细血管层血管密度与高度近视豹纹状眼底加深程度密切相关。李惠等^[36]研究显示,高度近视的视盘内血管密度均低于正常眼、低度近视、中度近视,视盘鼻侧象限中血管密度均低于正常眼、低度近视、中度近视。视盘周围血管密度与视网膜神经纤维层厚度分别在 4 个象限均呈正相关,其与眼轴呈负相关,提示高度近视患者视盘周围血管密度随近视眼轴增加而降低,视盘内血管密度随近视眼轴增加而增加,以鼻侧象限下降更为明显。

3 小结与展望

高度近视是近视程度中发展最重的一种类型,其机制较为复杂,导致眼脉络膜血流、黄斑区血流、视神经乳头血流等发生一系列改变。因此,观察眼脉络膜血流、黄斑区血流、视网膜神经纤维层、视神经乳头血流情况及其变化,可以间接了解高度

近视的病理情况。OCTA 技术凭借高清晰度的眼底断层图像、血流图像及多种检查功能的优势,被广泛应用于眼科及其他各个医学领域。其通过信号振幅去相关等特殊的计算方法,产生静止性与活动性结构的对比,从中获得血流信号,据此进行血管结构的三维重建,准确清晰地显示视网膜的各层结构及不同层次的血管。高度近视成人的脉络膜血管和绒毛膜毛细血管血流灌注较低,这些变化与近视的严重程度和脉络膜变薄有关,表明近视患者的脉络膜血流易受到近视干扰。高度近视的脉络膜非常薄,且随着年龄和近视程度的增加而进一步变薄,脉络膜的异常可能在近视退行性变的发病机制中发挥作用。高度近视的视网膜毛细血管微血管密度比中度近视眼更低,高度近视黄斑区的绒毛膜毛细血管较中度近视显示出更大的损伤。高度近视黄斑中心凹处表层微血管密度与眼轴呈负相关,黄斑中心凹处深层及表层微血管密度均与眼轴呈正相关。高度近视使眼轴增长,视网膜变薄,视神经纤维层厚度也会随之变薄,同时高度近视中心凹外区上方神经纤维层厚度与屈光度呈负相关。视盘区放射状视盘周围毛细血管层血管密度与高度近视豹纹状眼底加深程度密切相关。但由于目前不同算法类型 OCTA 技术对高度近视视网膜血流分期尚未统一标准,相信未来通过更多大样本、高质量的研究,可为 OCTA 技术在高度近视早期识别、动态评估、疗效评价等方面提供可靠依据。

参考文献

[1] GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators; Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study. Trends in prevalence of blindness and distance and near vision impairment over 30 years: An analysis for the Global Burden of Disease Study [J]. *Lancet Glob Health* ,2021 ,9(2) : e130-e143. DOI: 10.1016/S2214-109X(20) 30425-3.

[2] 慕璟玉,王雁,杨依宁,等.近视的流行病学、病因学与发病机制研究现状[J]. *眼科新进展* ,2021 ,41(11) : 1089-1096. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2021.0229.

[3] 邓国涛,刘祥开,钟伟友,等.不同类型视疲劳与眼动参数的关联分析[J]. *贵州医药* ,2021 ,45(6) : 901-902. DOI: 10.3969/j.issn.1000-744X.2021.06.026.

[4] Yao H ,Xin D ,Li Z. The deep vascular plexus density is closely related to myopic severity [J]. *Ophthalmic Res* ,2022 ,65(4) : 455-465. DOI: 10.1159/000523938.

[5] Li S ,Li F ,Sun J ,et al. Microvasculature and microstructure alteration in dry-type high myopia [J]. *J Biophotonics* ,2023 ,16(9) : e202200390. DOI: 10.1002/jbio.202200390.

[6] Chen Y ,Rong H ,Liu Y ,et al. Analysis of the relationship between axial length ,optic disc morphology ,and regional variations in retinal vessel density in young adults with healthy eyes [J]. *Front Med (Lausanne)* ,2024 ,10: 1280048. DOI: 10.3389/fmed.2023.1280048.

[7] Tang W ,Luo Y ,Duan X. Distribution of the retinal microcirculation based on the morphology of the optic nerve head in high myopia [J]. *Semin Ophthalmol* ,2023 ,38(6) : 584-591. DOI: 10.1080/08820538.2023.2169581.

[8] Zhang Z ,Mu J ,Wei J ,et al. Correlation between refractive errors and ocular biometric parameters in children and adolescents: A systematic

review and meta-analysis [J]. *BMC Ophthalmol* ,2023 ,23(1) : 472. DOI: 10.1186/s12886-023-03222-7.

[9] Benavente-Perez A. Evidence of vascular involvement in myopia: A review [J]. *Front Med (Lausanne)* ,2023 ,10: 1112996. DOI: 10.3389/fmed.2023.1112996.

[10] 王雪,底煜,王月.光学相干断层扫描血管成像(OCTA)在小儿眼病中的应用进展[J]. *中国斜视与小儿眼科杂志* ,2020 ,28(2) : 43-46. DOI: 10.3969/J.ISSN.1005-328X.2020.02.016.

[11] Yang D ,Tang Z ,Ran A ,et al. Assessment of parafoveal diabetic macular ischemia on optical coherence tomography angiography images to predict diabetic retinal disease progression and visual acuity deterioration [J]. *JAMA Ophthalmol* ,2023 ,141(7) : 641-649. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2023.1821.

[12] Xu B ,Chen J ,Zhang S ,et al. Association between the severity of diabetic retinopathy and optical coherence tomography angiography metrics [J]. *Frontiers in Endocrinology* ,2021 ,12: 777552. DOI: 10.3389/fendo.2021.777552.

[13] Schiavon S ,Reibaldi M ,Lupidi M ,et al. Real-world outcomes of anti-VEGF therapy in treatment-naïve neovascular age-related macular degeneration diagnosed on OCT angiography: The REVEAL study [J]. *Acta Ophthalmologica* ,2022 ,100(4) : e936-e942. DOI: 10.1111/aos.15005.

[14] 余慧敏,孙旭芳.光学相干断层扫描血管成像量化指标在眼底疾病中的应用[J]. *眼科新进展* ,2021 ,41(3) : 276-281. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2021.0058.

[15] 李小凤,高健,廖荣丰.荧光素血管造影与光学相干断层扫描血管成像对比研究糖尿病视网膜病变[J]. *安徽医科大学学报* ,2020 ,55(8) : 1290-1294. DOI: 10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2020.08.028.

[16] Liu Y ,Wang L ,Xu Y ,et al. The influence of the choroid on the onset and development of myopia: From perspectives of choroidal thickness and blood flow [J]. *Acta Ophthalmol* ,2021 ,99(7) : 730-738. DOI: 10.1111/aos.14773.

[17] 何洁琼,王艳华.青少年近视对外层视网膜厚度和脉络膜厚度影响及相关性研究[J]. *临床眼科杂志* ,2023 ,31(2) : 105-111. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8422.2023.02.003.

[18] 李疏凤,李雪,黄莹莹,等.儿童近视进展与眼底血流及脉络膜厚度的关系[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志* ,2021 ,23(10) : 7. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20210413-00153.

[19] 徐静,宋泽娟,马强,等.成年近视人群黄斑中心凹视网膜厚度、脉络膜厚度与眼轴长度、等效球镜的相关性[J]. *海南医学* ,2022 ,33(5) : 594-597. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6350.2022.05.014.

[20] Jonas JB ,Wang YX ,Dong L ,et al. Advances in myopia research anatomical findings in highly myopic eyes [J]. *Eye and Vision* ,2020 ,7(1) : 45. DOI: 10.1186/s40662-020-00210-6.

[21] Da Silva FBB ,Silva LCP ,Cunha LP ,et al. Relationship between automated choroidal thickness measurements and retinal sensitivity using microperimetry in patients with myopia and different stages of myopic maculopathy [J]. *Int J Retina Vitreous* ,2024 ,10(1) : 26. DOI: 10.1186/s40942-024-00541-9.

[22] 廖燕红,龚雁,陈利双,等.不同轴长高度近视黄斑区微血管的光学相干断层扫描血管成像观察[J]. *现代实用医学* ,2020 ,32

(11) : 1377-1379. DOI: 10.3969/j.issn.1671-0800.2020.11.036.

[23] 张丹凤,蔡劲锋,王平,等.基于 OCTA 的青少年近视患者黄斑区视网膜脉络膜血管特点观察[J].中国斜视与小兒眼科杂志, 2020, 28(3) : 1-4. DOI: 10.3969/J.ISSN.1005-328X.2020.03.001.

[24] 刘帆,李宁,唐丽成,等.不同程度近视脉络膜、视网膜黄斑区微循环和视敏度观察及其相关性研究[J].中华眼底病杂志, 2020, 36(12) : 929-935. DOI: 10.3760/cma.j.cn511434-20201119-00566.

[25] 王继文,邓锐东,陈子林.OCTA 检测青少年不同程度近视患者视网膜神经纤维层厚度和视乳头周围脉络膜毛细血管的微观结构改变[J].临床和实验医学杂志, 2024, 23(3) : 321-325. DOI: 10.3969/j.issn.1671-4695.2024.03.025.

[26] Cheng F ,Tian D. Correlation in retinal thickness and macular retina plus choroidal microcirculation in pediatric myopia [J]. Medicine (Baltimore) , 2024 , 103 (30) : e38915. DOI: 10.1097/MD.00000000000038915.

[27] 冯立森,杨叶,胡亮,等.应用光学相干断层扫描血管成像技术分析近视眼黄斑区微血管变化[J].温州医科大学学报, 2017, 47(6) : 391-396. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9400.2017.06.001.

[28] 田春柳,赵军,张娟美,等.基于 OCTA 的高度近视患眼黄斑区视网膜血管密度分析[J].眼科新进展, 2020, 40(3) : 257-260. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2020.0060.

[29] Ucak T ,Jeel E ,Yilmaz H ,et al. Alterations in optical coherence tomography angiography findings in patients with high myopia [J]. Eye , 2020 , 34(6) : 1129-1135. DOI: 10.1038/s41433-020-0824-1.

[30] Liu M ,Wang P ,Hu X ,et al. Myopia-related stepwise and quadrant retinal microvascular alteration and its correlation with axial length [J]. Eye , 2021 , 35 (8) : 2196-2205. DOI: 10.1038/s41433-020-01225-y.

[31] 曾桂香.基于 OCTA 研究年轻的非病理性高度近视眼黄斑区视网膜厚度及血流灌注的特点[D].南昌:南昌大学医学部, 2021.

[32] Tomita R ,Iwase T ,Ueno Y ,et al. Differences in blood flow between superior and inferior retinal hemispheres [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci , 2020 , 61(5) : 27. DOI: 10.1167/iovs.61.5.27.

[33] Sung MS ,Heo H ,Piao H ,et al. Parapapillary atrophy and changes in the optic nerve head and posterior pole in high myopia [J]. Scientific Reports , 2020 , 10(1) : 4607. DOI: 10.1038/s41598-020-61485-2.

[34] Liu R ,Li Z ,Xiao O ,et al. Characteristics of peripapillary intrachoroidal cavitation in highly myopic eyes: The Zhongshan Ophthalmic Center-Brien Holden Vision Institute High Myopia Cohort Study [J]. Retina (Philadelphia , Pa.) , 2021 , 41(5) : 1057-1062. DOI: 10.1097/IAE.0000000000002963.

[35] 熊翩翩,王佳琳,孙姣,等.高度近视豹纹状眼底视网膜脉络膜血流改变及相关性分析[J].山东大学耳鼻喉眼学报, 2023, 37(2) : 114-121. DOI: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2022.421.

[36] 李惠,孙功勋,张雷,等.光学相干断层扫描血管成像技术对中青年近视患者视盘区血管密度的观察[J].皖南医学院学报, 2021, 40(5) : 451-454. DOI: 10.3969/j.issn.1002-0217.2021.05.012.

(收稿日期: 2024-06-19)

(上接 1276 页)

[21] 陈羽,吴礼浩,何兴祥.中国序贯疗法与三联疗法治疗幽门螺杆菌感染荟萃分析[J].世界华人消化杂志, 2009, 17(32) : 3365-3369. DOI: 10.3969/j.issn.1009-3079.2009.32.018.

[22] 纪眉.10 天序贯疗法与传统三联疗法根除 Hp 的疗效[J].中国医学工程, 2013(10) : 2. DOI: CNKI: SUN: YCGC.0.2013-10-049.

[23] 张楠.首次 Hp 根治失败者应用序贯疗法的临床疗效评估[J].中国校医, 2019, 33(8) : 3. DOI: CNKI: SUN: XIYI.0.2019-08-027.

[24] 徐春波.三种疗法在幽门螺杆菌阳性患者中的应用效果比较[J].中国当代医药, 2022, 29(24) : 19-22. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4721.2022.24.006.

[25] 吕国增.不含铋剂四联疗法根除幽门螺杆菌效果观察[J].中国乡村医药, 2014(16) : 17-18.

[26] 刘芳勋,张晶,张华,等.铋剂在幽门螺杆菌根除中的不良反应及预防[J].临床药物治疗杂志, 2014, 12(5) : 59-62. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3384.2014.05.013.

[27] 中华医学会儿科学分会消化学组,《中华儿科杂志》编辑委员会.儿童幽门螺杆菌感染诊治专家共识[J].中华儿科杂志, 2015, 53(7) : 496-498. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1310.2015.07.006.

[28] Malfertheiner P ,Megraud F ,O'Morain CA ,et al. Management of Helicobacter pylori infection-the Maastricht V/Florence Consensus Report [J]. Gut: Journal of the British Society of Gastroenterology , 2017 , 66(1) : 6-30. DOI: 10.1136/gutjnl-2016-312288 .

[29] Dore MP ,Lu H ,Graham DY ,et al. Role of bismuth in improving Helicobacter pylori eradication with triple therapy [J]. Gut: Journal of the British Society of Gastroenterology , 2016 , 65(5) : 870-878. DOI: 10.1136/gutjnl-2015-311019 .

[30] 左晓春.莫西沙星序贯疗法与镶嵌疗法根除幽门螺杆菌临床有效性的比较研究[J].现代医学, 2017, 45(4) : 504-507. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7562.2017.04.010.

[31] Gao CP ,Zhang D ,Zhang T ,et al. PPI-amoxicillin dual therapy for Helicobacter pylori infection: An update based on a systematic review and meta-analysis [J]. Helicobacter , 2020 , 25(4) : e12692. DOI: 10.1111/hel.12692.

[32] 何小建,王雯,张志坚,等.混合疗法与含铋剂四联疗法根除幽门螺杆菌感染的疗效观察[J].胃肠病学, 2017, 22(3) : 168-171. DOI: 10.3969/j.issn.1008-7125.2017.03.009.

[33] 吴坚芳,徐进康,徐宏伟,等.疏肝理气活血法联合三联疗法根除消化性溃疡患者 Hp 感染的观察[J].辽宁中医杂志, 2011, 38(6) : 1.

[34] 陈晖,陆喜荣.疏肝理气活血法联合三联疗法根除慢性胃炎患者 Hp 感染疗效观察[J].光明中医, 2012, 27(5) : 2. DOI: 10.3969/j.issn.1003-8914.2012.05.050.

[35] 王皓云.健脾清化法联合标准三联根除 Hp 临床疗效观察[D].南京:南京中医药大学, 2012.

[36] 司明文.木白散加减联合三联方案治疗消化性溃疡伴 Hp 感染的根治效果及对胃黏膜形态学的影响[J].四川中医, 2016, 34(12) : 83-85.

(收稿日期: 2024-03-28)