

DOI:10.13350/j.cjpb.250728

• 综述 •

新型冠状病毒感染对神经系统的影响研究进展

张秀文¹, 王宗亮², 王翠英^{1*}

(1. 山东中医药大学附属医院, 山东济南 250011; 2. 山东中医药大学第二附属医院)

【摘要】 新型冠状病毒感染是由新型冠状病毒引发的具有高度传染性的疾病,其不仅影响呼吸系统,还可能对神经系统造成损害。本次研究基于新型冠状病毒的发现、分类、传播途径、流行病学特征及感染后的神经系统表现,详细分析病毒对中枢和外周神经系统的影响机制,同时阐述神经系统影响的诊断方法与技术进展、治疗策略与药物研发、预防与管理措施,旨在为深入理解和应对该病毒引发的神经系统问题提供全面参考。

【关键词】 新型冠状病毒感染; 神经系统损害; 影响机制; 综述

【文献标识码】 A **【文章编号】** 1673-5234(2025)07-0956-04

[*Journal of Pathogen Biology*. 2025 Jul.;20(07):956—959.]

Research progress on the impact of coronavirus disease 2019 (COVID-19) on the nervous system

ZHANG Xiuwen¹, WANG Zongliang², WANG Cuiying¹ (1. *Shandong University of Traditional Chinese Medicine Hospital, Jinan 250011, China*; 2. *The Second Affiliated Hospital of Shandong University of Chinese Medicine*)

【Abstract】 Coronavirus disease 2019 (COVID-19) is a highly contagious disease caused by the severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2). It not only affects the respiratory system but may also cause damage to the nervous system. This study is based on the discovery, classification, transmission routes, epidemiological characteristics of SARS-CoV-2 and the nervous system manifestations after infection. It analyzes in detail the mechanisms by which the virus affects the central and peripheral nervous systems. At the same time, it expounds on the diagnostic methods and technological progress, treatment strategies and drug development, prevention and management measures of the impact on the nervous system. The aim is to provide a comprehensive reference for in-depth understanding and addressing the nervous system problems caused by this virus.

【Keywords】 Coronavirus disease 2019 (COVID-19) infection; Nervous system damage; Impact mechanism; review

* 自2019年底新型冠状病毒感染(corona virus disease 2019, COVID-19)暴发以来,迅速在全球范围内蔓延,对全球公共卫生构成了严重威胁。最初,COVID-19被认为主要影响呼吸系统,但随着研究的深入,越来越多的证据表明,新型冠状病毒(severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2)感染可累及多个系统,其中神经系统受到的影响逐渐成为研究热点。了解SARS-CoV-2对神经系统的影响,不仅有助于揭示病毒的致病机制,还对临床诊断、治疗及预防具有重要意义。本文将对新型冠状病毒感染对神经系统的影响研究进展进行全面综述,旨在为相关领域的研究和临床实践提供参考。

1 新型冠状病毒概述

1.1 新型冠状病毒的发现与分类 冠状病毒(coronavirus, CoVs)是一类高度多样化、具有包膜的单链RNA病毒,它们在自然界中广泛存在,并且能够引起从轻微的上呼吸道感染到严重的下呼吸道感染等多种疾病^[1]。这些病毒因其表面的刺突蛋白呈冠状而得名,冠状病毒的严重程度各不相同,从普通感冒到更为严重的疾病,如中东呼吸综合征(MERS)和严重急性呼吸综合征(SARS),以及最近暴发的新型冠状病毒感染,都属于冠状病毒引起的疾病^[2,3]。COVID-19是一种由SARS-CoV-2所引起的,具有高度传染性的呼吸道疾病,在全球范围内引起了广泛关注^[4]。SARS-CoV-2属于冠状病毒科,这一科的病毒

以其独特的刺突蛋白而闻名,这些刺突蛋白赋予了病毒与宿主细胞受体结合的能力。SARS-CoV-2通过其刺突蛋白与宿主细胞表面的ACE2受体结合,进入细胞内部进行复制,导致感染。研究表明,这种病毒不仅影响呼吸系统,还可能对神经系统造成损害,引发头痛、嗅觉丧失等症状。根据世界卫生组织发布的报告,SARS-CoV-2病毒株展现出了极高的遗传多样性。这种病毒已经演变并分化出了超过1000个不同的亚型或分支,这些亚型在遗传特征上有所差异,从而形成了病毒的多样性^[5]。SARS-CoV-2的发现标志着全球公共卫生领域面临的一次重大挑战。自2019年底在中国武汉首次报告病例以来,这种病毒迅速蔓延至全球,导致了大规模的感染,其传播速度之快、影响范围之广,引发了全球科学界对病毒特性、传播机制及防治策略的深入研究^[6]。

1.2 新型冠状病毒的传播途径和流行病学特征 SARS-CoV-2的传播途径主要通过飞沫传播、接触传播以及气溶胶传播。飞沫传播是指感染者咳嗽、打喷嚏、说话或呼吸时产生的飞沫,

* **【通信作者】** 王翠英, E-mail: w17852310628@163.com

【作者简介】 张秀文(1994-),女,山东邹平人,医学博士,主治医师,研究方向:神经变性病的中医药防治。E-mail: Zhangxiuwen94dr@163.com

这些飞沫含有病毒,可直接或间接地传播给他人。接触传播包括直接接触感染者或其分泌物,以及接触被病毒污染的物体表面后,再触摸自己的口、鼻或眼睛。此外,气溶胶传播是指病毒在空气中形成微小颗粒,可以在较长时间内悬浮在空气中,并在一定条件下传播给他人。流行病学特征显示,SARS-CoV-2具有较高的传染性,基本再生数(R_0)在2~3之间,意味着一个感染者平均可以传染给2~3个人。在某些情况下,如密闭空间、人群聚集或个人防护措施不足时,传播风险显著增加。此外,无症状感染者也可能成为病毒传播的潜在来源,这增加了疫情控制的复杂性。根据相关科学研究发现,SARS-CoV-2病毒与先前引起严重急性呼吸综合征(SARS)的SARS-CoV病毒,它们在感染人体细胞的过程中,都依赖于相同的血管紧张素转化酶2(ACE2)作为受体^[7]。这一发现揭示了两种病毒在感染机制上的相似性。进一步的研究还表明,SARS-CoV-2与ACE2受体之间的结合亲和力,比SARS-CoV高出大约10~20倍^[2]。这种显著的亲和力差异意味着SARS-CoV-2病毒在感染细胞时具有更高的效率,从而导致了更强的传染性。此外,SARS-CoV-2的潜伏期一般为1~14 d,但也有个别病例潜伏期更长。这些特性使得疫情监测和防控面临极大挑战,需采取多维度、全方位的防控措施,包括及时隔离感染者、加强个人防护、优化公共卫生资源配置等。病毒变异的不断出现,进一步增加了防控难度。因此,了解和掌握这些传播途径和流行病学特征对于制定有效的预防策略、控制疫情蔓延至关重要。

2 新型冠状病毒感染的神经系统表现

2.1 新型冠状病毒感染的中枢神经系统表现 COVID-19不仅对呼吸系统造成严重损害,其对中枢神经系统的潜在影响也逐渐成为研究的热点。根据最近的流行病学研究和数据分析发现,SARS-CoV-2病毒的感染不仅仅局限于呼吸系统,它对中枢神经系统也产生了显著的影响,超过35%的SARS-CoV-2感染患者报告了与神经系统相关的症状^[9]。部分COVID-19患者出现头痛、意识障碍、甚至脑炎等症状,提示病毒可能通过血脑屏障侵入中枢神经系统。中枢神经系统作为人体的“指挥中心”,感染预后通常不佳,往往伴随着一系列严重的后遗症,不仅对患者的日常生活造成了极大的影响,而且严重威胁到了患者的生命健康安全^[10]。神经影像学检查发现,部分COVID-19病例存在脑部病变。这些发现提示,在临床诊疗中需关注COVID-19对神经系统的潜在影响,采取综合治疗策略。在对表现出脑炎症状的COVID-19患者进行深入的脑脊液检测时,发现这些患者的脑脊液中抗S1免疫球蛋白M(IgM)的水平出现了显著的升高。这一发现提示我们,这些脑炎症状可能与SARS-CoV-2病毒直接感染中枢神经系统有关联,也可能是由于患者免疫系统的强烈应答反应所导致的,或者是由于COVID-19引起的呼吸困难导致的脑部缺氧所引发的^[11]。另一项相关研究发现,SARS-CoV-2感染病例中,部分患者体内的D-二聚体或纤维蛋白降解产物的水平往往较高,这种情况可能会导致血液中出现高凝状态,从而增加了血栓形成的风险^[12]。因此,深入研究COVID-19对中枢神经系统的影响,不仅有助于揭示病毒的致病机制,也为临床诊断和治疗提供了新的视角。

2.2 新型冠状病毒感染的周围神经系统表现 在COVID-19的周围神经系统表现中,患者常报告有味觉和嗅觉丧失,这在

早期感染中尤为常见^[13]。相关研究发现,嗅觉和味觉的丧失现象通常出现在那些没有其他明显症状的个体身上,提示病毒可能直接侵袭嗅觉和味觉相关的神经末梢,导致功能受损^[14]。此外,部分患者还出现肢体麻木、刺痛等感觉异常,甚至伴随肌肉无力、腱反射减弱等症状。这些表现提示SARS-CoV-2病毒可能通过侵犯外周神经,干扰神经传导功能,进一步影响患者的感知和运动能力。这些外周神经系统的表现不仅影响患者的生活质量,还可能预示着长期的神经健康问题。研究表明,外周神经损伤可能与病毒直接侵袭神经末梢或引发免疫介导的炎症反应有关^[15]。此外,病毒感染导致的微循环障碍也可能加剧神经功能障碍,影响患者康复。因此,在治疗COVID-19时,需综合考虑外周神经损伤的风险,采取相应干预措施,以促进患者全面恢复。外周神经损伤的早期识别和干预,对于改善患者预后至关重要。病毒对神经系统的多层面影响,揭示了COVID-19复杂多样的病理机制。早期识别并干预神经系统损伤,不仅能减轻患者症状,还能有效预防长期并发症,提升整体治疗效果。

3 新型冠状病毒感染对中枢神经系统的影响机制

3.1 病毒直接侵犯机制 SARS-CoV-2对中枢神经系统(CNS)的直接侵犯机制是当前研究的热点之一。研究显示,SARS-CoV-2病毒不仅仅局限于在呼吸道组织中引发感染,它还能够侵入人体的其他多种组织和器官,可能对心脏、肝脏、神经系统等造成损害^[16]。病毒通过其表面的刺突蛋白与宿主细胞表面的ACE2受体结合,进而侵入神经细胞^[17]。研究表明,病毒不仅能通过血脑屏障进入脑组织,还可能通过神经途径传播,直接损害神经元和胶质细胞,导致神经炎症和细胞凋亡^[18]。这种直接侵犯机制解释了部分患者出现的脑炎、脑膜炎等中枢神经系统症状,进一步揭示了病毒对神经系统的深远影响。研究表明,乙脑病毒与SARS-CoV-2类似,也能通过血脑屏障侵入中枢神经系统,对两者致病机制的研究,为防治策略提供了重要参考^[19]。此外,病毒的RNA和蛋白质在脑组织中的检测,进一步证实了SARS-CoV-2能够穿越血脑屏障,直接感染脑细胞。病毒对中枢神经系统的直接侵犯,不仅导致急性症状,还可能引发慢性神经退行性疾病,影响患者长期生活质量。深入研究病毒侵入机制,有助于开发针对性治疗手段,降低神经系统并发症风险。同时,结合乙脑病毒的研究经验,探索综合性防治策略,对提升COVID-19整体治疗效果具有重要意义。

3.2 免疫介导的神经损伤机制 免疫介导的神经损伤机制是研究者们试图解开的谜题之一。在COVID-19患者中,免疫系统对病毒的反应可能产生“细胞因子风暴”,这是一种过度的免疫反应,导致炎症因子如肿瘤坏死因子 α (TNF- α)、白细胞介素6(IL-6)和干扰素 γ (IFN- γ)的水平急剧升高^[20]。这种炎症反应不仅攻击病毒,也可能对神经细胞造成损害。如,高水平的炎症因子可引发血脑屏障通透性增加,导致更多免疫细胞和炎症介质进入脑组织,进一步加剧神经损伤。此外,免疫反应还可能激活小胶质细胞,引发神经炎症和神经元凋亡,影响认知功能和神经传导。研究这一机制,有助于制定调控免疫反应的治疗策略,减轻神经损伤,改善患者预后。研究表明,调控免疫反应的治疗策略已在动物模型中取得初步成效,如利用抗炎药

物降低 TNF- α 、IL-6 等炎症因子水平,可有效减轻神经损伤^[21]。因此,深入理解免疫介导的神经损伤机制对于制定有效的治疗策略至关重要。

3.3 新型冠状病毒感染对外周神经系统的影响机制

3.3.1 病毒感染引起的神经炎症反应 在 COVID-19 患者中,神经炎症反应是导致神经系统并发症的关键因素之一。研究表明,SARS-CoV-2 病毒通过与宿主细胞表面的 ACE2 受体结合,能够侵入神经细胞,触发炎症级联反应^[22]。此外,神经炎症反应还可能通过激活小胶质细胞和星形胶质细胞,导致神经元损伤和功能障碍。临床观察中,患者常表现为头痛、眩晕、感觉异常等症状,提示外周神经系统亦受累。进一步研究神经炎症的分子机制,有助于揭示病毒对神经系统的全面影响,为临床治疗提供新靶点。病毒感染还可能引发神经纤维脱髓鞘,影响神经传导效率,导致运动和感觉功能障碍。此外,炎症因子可通过血液循环系统扩散,进一步加剧全身性神经炎症反应。深入研究这些机制,有助于开发针对性药物,减轻病毒对神经系统的损害,提升患者生活质量。

3.3.2 病毒感染导致的神经元损伤与修复 病毒感染导致的神经元损伤机制发现,病毒可直接感染神经元,导致细胞凋亡和功能丧失。同时,病毒感染引发的炎症环境亦加剧神经元损伤。然而,部分神经元具备修复潜力,通过激活内源性修复机制,如神经营养因子表达上调,可促进神经元再生和功能恢复。探索这些修复机制,为开发神经保护药物提供新思路。病毒感染还可能影响神经干细胞增殖分化,阻碍神经修复过程。研究显示,抑制炎症反应和促进神经营养因子分泌,有助于改善神经元存活和功能恢复^[23]。此外,病毒感染还可能通过影响线粒体功能,导致神经元能量代谢紊乱,进一步加剧损伤。研究线粒体保护策略,如抗氧化剂的应用,或能提升神经元抗病毒能力。此外,病毒感染引发的神经胶质细胞活化,亦需关注其对神经微环境的影响。病毒感染还可能通过影响神经递质释放,干扰神经元间信息传递,加重功能障碍。深入研究神经递质调控机制,有助于发现新的治疗靶点。病毒感染引发的氧化应激反应,亦需关注其对神经元结构和功能的破坏作用。探索抗氧化治疗策略,或能减轻病毒对神经系统的损害,促进患者康复。

4 新型冠状病毒感染的神经系统影响的诊断与治疗进展

4.1 神经系统影响的诊断方法与技术进展 随着 COVID-19 的全球大流行,其对神经系统的影响逐渐成为研究的热点。在诊断方法与技术进展方面,磁共振成像(MRI)和计算机断层扫描(CT)作为传统的影像学工具,在检测 COVID-19 相关脑部病变方面发挥了重要作用。MRI 可清晰显示脑部炎症、出血及缺血灶,而 CT 则有助于快速识别急性病变^[24]。在对实验室数据进行深入分析的过程中,可以发现 COVID-19 感染者的白细胞计数通常保持在正常范围之内,凝血酶原时间有所缩短,超敏 C 反应蛋白(hs-CRP)的水平普遍升高,血沉(ESR)的加快进一步支持了这一炎症状态的存在。特别值得注意的是,那些表现出 CNS 症状的患者,其淋巴细胞水平往往低于没有 CNS 症状的患者。而重症 COVID-19 患者 D-二聚体水平显著高于非重症患者,这可能反映了重症患者体内更严重的凝血功能障碍和血栓形成的风险^[25]。这些发现对于理解 COVID-19 的病理生理机制以及指导临床治疗具有重要意义。通过对这些实验

室指标的监测,可以更好地评估患者的病情严重程度,并采取相应的治疗措施。此外,这些指标的变化也可能为 COVID-19 的预后判断提供一定的参考。此外,电生理技术如脑电图(EEG)和诱发电位(EP)也被用于评估病毒对中枢神经系统的影响,特别是在监测病毒引起的脑炎和脑病患者中。在技术进步方面,液体活检技术的发展为早期诊断和监测病毒在中枢神经系统中的活动提供了新的可能性。这些技术的综合应用,结合临床症状和实验室检测,为 COVID-19 患者提供了更为全面和精确的神经系统影响评估。分子生物学技术的进步,如单细胞测序和蛋白质组学分析,进一步揭示了病毒感染对神经元微观结构的改变。这些技术的应用,不仅有助于精确识别受感染神经元的具体类型,还能深入解析病毒复制与细胞损伤的分子机制。此外,人工智能算法在整合多源数据、预测病毒感染进程及评估治疗效果方面展现出独特优势,为个性化治疗方案的制定提供了有力支持。

4.2 神经系统影响的治疗策略与药物研发 新型冠状病毒感染对神经系统的影响已成为全球关注的焦点,其治疗策略与药物研发的进展对于改善患者预后至关重要。抗病毒药物在治疗过程不仅能够有效地帮助减轻病情的严重程度,通过抑制病毒的复制和扩散,从而防止病毒的进一步传播^[26]。此外,这类药物的使用还可以显著提高患者的生存率,为患者带来更多的康复希望。在治疗策略方面,临床实践已从早期的对症支持治疗,逐步转向针对病毒引起的炎症反应和免疫介导的神经损伤的精准治疗。针对 COVID-19 患者出现的脑血管并发症,研究者们正在探索抗凝治疗和抗血小板聚集药物的使用,以减少血栓形成的风险。在药物研发领域,已有多种候选药物进入临床试验阶段,其中包括抗病毒药物瑞德西韦(Remdesivir)和皮质类固醇地塞米松(Dexamethasone),它们在减轻炎症和改善患者临床症状方面显示出一定的潜力^[27]。此外,针对中枢神经系统损伤的修复,神经保护剂和神经营养因子的开发也正在积极进行中。尽管如此,目前仍缺乏针对新型冠状病毒感染神经系统并发症的特效药物,因此,未来的研究需要进一步深化对病毒与神经系统相互作用机制的理解,并开发出更为有效的治疗方案。

4.3 新型冠状病毒感染的神经系统影响的预防与管理 在新型冠状病毒感染对神经系统影响的研究中,预防策略的制定与实施是至关重要的环节。随着对病毒传播途径和流行病学特征的深入了解,能够采取更为精准的预防措施。根据流行病学数据,SARS-CoV-2 主要通过飞沫和接触传播,因此,推广戴口罩、勤洗手、保持社交距离等基本公共卫生措施,已被证明是有效的预防手段^[28]。同时,通过建立多学科合作的预防模型,可以整合临床医学、流行病学和公共卫生资源,形成更为全面的预防策略。通过监测患者的神经功能指标,及时发现潜在并发症,并采取针对性的治疗措施,可以有效降低神经系统损伤的风险。此外,加强公众健康教育,提高对神经系统并发症的认识,也是预防和管理的关键环节。

在管理层面,早期识别和及时干预是关键。康复措施应包括物理治疗、职业治疗和语言治疗,以帮助患者恢复日常生活能力。此外,心理支持和认知行为疗法对于缓解由病毒感染引起的焦虑、抑郁等心理问题至关重要。康复过程中的数据监测和分析模型,如使用康复评分量表和功能独立性测量,可以为

患者提供个性化的康复计划,并评估治疗效果。

4.4 新型冠状病毒感染对神经系统影响研究的未来方向 随着 SARS-CoV-2 对全球健康构成的持续威胁,研究者在探索其对神经系统影响的机制和治疗策略时,越来越重视研究方法的创新与多学科交叉。例如,利用高通量测序技术,研究者们能够快速识别病毒与宿主细胞相互作用的关键分子,从而揭示病毒如何通过神经细胞表面的受体侵入中枢神经系统。此外,结合神经影像学和分子生物学的多模态研究,为理解病毒引起的脑部结构和功能变化提供了新的视角。在临床研究中,多学科团队合作,如神经科医生、病毒学家、免疫学家和流行病学家的紧密协作,使得对新型冠状病毒感染的神经系统并发症的诊断和治疗策略更加精准和高效。在这一背景下,跨学科合作成为推动新型冠状病毒感染对神经系统影响研究向前发展的关键。

新型冠状病毒感染对神经系统的影响是一个复杂且长期的过程,其后遗症的深入探讨需要依赖于长期随访研究来揭示。此外,研究者们正在开发新的分析模型,以预测和评估后遗症的风险,如使用机器学习算法分析临床数据,从而识别出可能发展为长期神经后遗症的高风险患者群体。

5 结语

新型冠状病毒感染对神经系统的影响是一个复杂且多维度的问题,涉及病毒直接侵犯、免疫介导损伤等多种机制,其临床表现多样,从轻微的外周神经症状到严重的中枢神经系统病变。目前,尽管在诊断方法、治疗策略以及预防管理等方面取得了一定进展,但仍面临诸多挑战,如特效治疗药物的缺乏以及对长期后遗症认识的不足。未来,需要进一步加强多学科交叉研究,利用先进技术深入探究病毒与神经系统相互作用的机制,通过长期随访研究明确后遗症的发生发展规律。同时,持续优化诊断技术,加速特效药物研发,制定更加精准有效的预防和治疗策略,以更好地应对新型冠状病毒感染对神经系统造成的影响,提高患者的生存质量和预后水平。

【参考文献】

- [1] Zumla A, Chan JF, Azhar EI, et al. Coronaviruses-drug discovery and therapeutic options[J]. Nat Rev Drug Discov, 2020, 15(5): 327-347.
- [2] Channappanavar R, Zhao J C, Perlman S. T cell-mediated immune response to respiratory coronaviruses[J]. Immunol Res, 2018, 59(1): 118-128.
- [3] Del RC, Malani PN. COVID-19-new insights on a rapidly changing epidemic[J]. JAMA, 2020, 323(14): 1339-1340.
- [4] 车媛媛, 李博, 盛敏. 新型冠状病毒感染相关心肌炎的研究进展[J]. 中国病原生物学杂志, 2025, 20(1): 124-127.
- [5] 赵青, 纪瀚然, 武洁雯, 等. 2022年11月全球新型冠状病毒肺炎疫情风险评估[J]. 疾病监测, 2022, 37(12): 1515-1519.
- [6] 钱思彤, 李琳, 杨婷婷, 等. 新型冠状病毒相关蛋白 DPP1 的生物信息学分析及分子对接研究[J]. 中国病原生物学杂志, 2023, 18(2): 125-131.
- [7] Zhou P, Yang XL, Wang XG, et al. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin[J]. Nature, 2020, 57(2): 270-273.
- [8] Wrapp D, Wang NS, Corbett KS, et al. Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation[J]. Science, 2020, 36(10): 1260-1263.

- [9] Jiang F, Deng L, Zhang L, et al. Review of the clinical characteristics of coronavirus disease 2019 (COVID-19) [J]. J Gen Intern Med, 2020, 35(5): 1545-1549.
- [10] 胡婧婧, 李远方, 唐荣. 中枢神经系统感染患者病原菌分布及血清相关因子水平分析[J]. 中国病原生物学杂志, 2019, 14(5): 577-579, 583.
- [11] Jayaprakashkamat A, Murali M, Nair B, et al. Identification of Kaempferol as viral entry inhibitor and DL-Arginine as viral replication inhibitor from selected plants of Indian traditional medicine against COVID-19: An in silico guided in vitro approach [J]. Curr Comput Aided Drug Des, 2023, 19(4): 313-323.
- [12] Connors JM, Levy JH. COVID-19 and its implications for thrombosis and anticoagulation[J]. Blood, 2020, 135(12): 1033-1040.
- [13] Sedaghat AR, Gengler I, Speth MM. Olfactory dysfunction: a highly prevalent symptom of COVID-19 with public health significance[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2020, 163(1): 12-15.
- [14] Gane SB, Kelly C, Hopkins C. Isolated sudden onset anosmia in COVID-19 infection. A novel syndrome? [J]. Rhinology, 2020, 58(3): 299-301.
- [15] Elenga N, Martin E, Gerard M, et al. Unilateral diplopia and ptosis in a child with COVID-19 revealing third cranial nerve palsy [J]. J Infect Public Health, 2021, 14(9): 1198-1200.
- [16] 曹倩, 卢祖能. 神经系统疾病合并新型冠状病毒肺炎诊治体会: 附 5 例分析[J]. 中华神经科杂志, 2020, 53(6): 437-441.
- [17] Baig AM, Khaleeq A, Ali U, et al. Evidence of the COVID-19 virus targeting the CNS: tissue distribution, host-virus interaction, and proposed neurotropic mechanisms [J]. ACS Chem Neurosci, 2020, 11(7): 995-998.
- [18] Moriguchi T, Harii N, Goto J, et al. A first case of meningitis/encephalitis associated with SARS-Coronavirus-2[J]. Int J Infect Dis, 2020, 94(1): 55-58.
- [19] Baig AM. Neurological manifestations in COVID-19 caused by SARS-CoV-2[J]. CNS Neurosci Ther, 2020, 26(5): 499-501.
- [20] Mccray PJ, Pewe L, Wohlford-Lenane C, et al. Lethal infection of K18-h ACE2 mice infected with severe acute respiratory syndrome coronavirus[J]. J Virol, 2022, 81(2): 813-821.
- [21] Ahmad I, Rathore FA. Neurological manifestations and complications of COVID-19: a literature review [J]. J Clin Neurosci, 2020, 77(1): 8-12.
- [22] Barnes KG, Lachenauer AE, Nitido A, et al. Deployable CRISPR-Cas13a diagnostic tools to detect and report Ebola and Lassa virus cases in real-time[J]. Nat Commun, 2020, 11(1): 31-41.
- [23] Lina B, Bauer J. SARS-CoV-2 genetic diversity: Its impact on vaccine efficacy[J]. Infect Dis Now, 2022, 52(1): 82-83.
- [24] 杨皓钧, 肖波, 冯莉, 等. 新型冠状病毒感染中枢神经系统的保障策略[J]. 重庆医科大学学报, 2020, 45(7): 1050-1054.
- [25] Rodriguez-Morales AJ, Cardona-Ospina JA, Gutierrez-Ocampo E, et al. Clinical, laboratory and imaging features of COVID-19: a systematic review and meta-analysis[J]. Travel Med Infect Dis, 2020, 34(1): 101-123.
- [26] Abu-Rumeileh S, Abdelhak A, Foschi M, et al. Guillain-Barre syndrome spectrum associated with COVID-19: an up-to-date systematic review of 73 cases[J]. J Neurol, 2021, 268(4): 1133-1170.
- [27] Caress JB, Castoro RJ, Simmons Z, et al. COVID-19-associated Guillain-Barre syndrome: the early pandemic experience [J]. Muscle Nerve, 2024, 62(4): 485-491.
- [28] 高慧, 倪清涛, 闫福岭. 新型冠状病毒感染对神经系统的影响及治疗进展[J]. 热带医学杂志, 2024, 24(6): 909-913.

【收稿日期】 2025-02-12 【修回日期】 2025-05-09