

DOI:10.13350/j.cjpb.250124

• 综述 •

新型冠状病毒感染相关心肌炎的研究进展

车媛媛, 李博*, 盛敏

(枣庄市立医院, 山东枣庄 277100)

【摘要】 新型冠状病毒感染在全球范围内持续引发关注,其中新型冠状病毒感染相关心肌炎成为一个重要的研究课题。本文综合阐述了新型冠状病毒感染相关心肌炎的发生机制、临床表现、诊断及治疗策略,旨在为临床早期诊断和治疗提供理论依据。研究表明,新冠病毒可通过直接侵袭心肌细胞及引发的免疫反应导致心肌炎。患者可能出现胸痛、心悸等症状,严重者甚至出现心衰。针对此病,临床诊断依赖于心电图、心脏磁共振等检查,而治疗则侧重于抗病毒治疗、免疫调节及支持性疗法。对新型冠状病毒感染相关心肌炎的深入研究,有助于提高对该疾病的认识和防治水平,降低患者的死亡率和并发症发生率,为临床诊疗提供重要的理论依据和实践指导。

【关键词】 新型冠状病毒;心肌炎;发病机制;治疗方案;综述

【文献标识码】 A **【文章编号】** 1673-5234(2025)01-0124-04

[*Journal of Pathogen Biology*. 2025 Jan.;20(01):124-127.]

Research progress on myocarditis associated with SARS-CoV-2 infection

CHE Yuanyuan, LI Bo, SHENG Min (*Zaozhuang Municipality Hospital, Zaozhuang 277100, Shandong, China*)

【Abstract】 The SARS-CoV-2 infection continues to attract attention globally. Among them, myocarditis associated with novel coronavirus infection has become an important research topic. This article comprehensively expounds the occurrence mechanism, clinical manifestations, diagnostic methods and treatment strategies of myocarditis associated with novel coronavirus infection, aiming to provide a theoretical basis for early clinical diagnosis and treatment. Studies have shown that the SARS-CoV-2 can cause myocarditis by directly attacking myocardial cells and triggering an immune response. Patients may experience symptoms such as chest pain and palpitations, and in severe cases, heart failure may even occur. For this disease, clinical diagnosis relies on examinations such as electrocardiogram and cardiac magnetic resonance imaging. Treatment focuses on antiviral therapy, immune regulation, and supportive therapy. In-depth research on myocarditis associated with SARS-CoV-2 infection was helpful to improve the understanding and prevention and treatment level of this disease, reduce the mortality rate and complication rate of patients, and provide important theoretical basis and practical guidance for clinical diagnosis and treatment.

【Keywords】 SARS-CoV-2; myocarditis; pathogenesis; treatment plan; review

新型冠状病毒(SARS-CoV-2)感染在全球范围内引起了广泛关注。在国际和国内的众多研究中,科学家们发现新型冠状病毒的感染不仅局限于呼吸系统,还可能对心血管系统产生严重影响^[1]。具体来说,在感染新型冠状病毒的过程中,患者的体内会出现广泛的炎症反应,低氧血症、凝血功能障碍、发热以及电解质失衡等多种因素也会在这一过程中起到负面作用^[2]。这些因素共同作用,导致心肌细胞受到损伤,进而可能引发心肌炎等严重并发症^[3]。心肌炎是一种心肌炎症,可能会导致心律失常、心力衰竭甚至猝死,因此需要引起高度重视。研究人员正致力于探究病毒与心肌损伤之间的具体机制,以期开发出更为有效的诊断与治疗方法,为患者提供更全面健康保障。*

1 发病机制

SARS-CoV-2 感染导致的心肌炎主要与病毒直接侵袭心肌细胞、免疫反应过度激活及细胞因子风暴等机制有关。病毒入侵心肌细胞后,不仅破坏细胞结构,还可能引发细胞凋亡,加剧心肌损伤。同时,免疫系统的过度反应亦会误伤正常心肌细胞,形成恶性循环。

1.1 SARS-CoV-2 直接导致心肌损伤 SARS-CoV-2 感染细

胞的基本原理涉及一系列复杂的生物化学过程。首先,病毒表面的刺突蛋白(S蛋白)在细胞膜上被一种名为蛋白酶丝氨酸 2 (transmembrane protease, serine 2, TMPRSS2)的蛋白酶水解切割。这一切割过程使得 S 蛋白能够与跨膜血管紧张素转换酶 2(angiotensin-converting enzyme 2, ACE2)发生特异性结合。ACE2 是一种广泛存在于人体内的酶,特别是在 2 型肺泡细胞、巨噬细胞、血管周细胞和心肌细胞等组织中表达较高。通过这种结合,病毒得以进入宿主细胞内部,从而引发感染。

SARS-CoV-2 的感染不仅限于肺部,还可能对心脏造成严重影响。病毒与 ACE2 的结合可能导致心肌功能障碍和损伤,因为 ACE2 在维持心脏正常功能方面起着关键作用。此外,这种结合还可能引起内皮功能障碍,即血管内皮细胞的功能受损,进而导致微血管功能障碍。微血管功能障碍是指微小血管的正常生理功能受损,这可能导致组织缺氧和营养物质供应不

* **【通讯作者】** 李博, E-mail:13963233667@139.com

【作者简介】 车媛媛(1980-),女,山东枣庄人,硕士,副主任医师。研究方向:心血管病。E-mail:18206540309@163.com

足,从而引发心肌梗死等严重后果^[4]。

为了进一步证实 SARS-CoV-2 可以直接感染心脏,研究人员在对感染该病毒的病人进行尸检时,通过聚合酶链反应(PCR)技术检测到 SARS-CoV-2 基因组存在于心脏组织中,这一发现表明,病毒不仅通过间接机制影响心脏功能,还能够直接感染心脏细胞,从而在细胞水平上对心脏造成损伤^[5]。这一发现对于理解 SARS-CoV-2 感染的病理机制以及开发针对性的治疗策略具有重要意义。

1.2 免疫介导作用 自身免疫介导的心肌炎可能是由于心肌细胞中隐性抗原的释放而引发的,这些抗原通常是在病毒介导的损伤后从免疫系统中逃逸出来^[6]。具体来说,当病毒侵入心脏组织并造成损伤时,原本隐藏在心肌细胞内部的抗原可能会暴露出来。这些抗原一旦被免疫系统识别,就可能引发免疫反应,导致免疫细胞攻击这些原本不应被攻击的心肌细胞,从而引发心肌炎。这种自身免疫介导的损伤机制,涉及到炎症细胞因子的释放和炎症细胞的浸润。

研究发现,当病毒感染发生时,它会激活人体内的 CD4⁺ 和 CD8⁺ T 细胞,这些细胞随后分化成效应细胞和记忆细胞^[7]。效应细胞负责直接对抗病毒,而记忆细胞则在体内保留,以便在遇到相同的病毒时能够迅速反应。同时,这种激活过程还会招募其他免疫细胞,如巨噬细胞和树突状细胞,这些细胞会产生各种细胞因子和抗体,以帮助清除病毒。然而,这一过程也会引发一系列炎症级联反应,导致心肌细胞的损伤。这种炎症反应是免疫系统试图清除病毒的结果,但同时也可能对心脏组织造成损害。同时,病毒蛋白与心肌细胞抗原的交叉反应,也可能加剧免疫系统的误伤,形成病理性的自身免疫循环。

1.3 SARS-CoV-2 介导的 ACE2 表达下调对心肌损伤的影响 ACE2 在人体内扮演着重要的角色,特别是在肾素-血管紧张素系统(RAS)中,是一个关键的负性调控点。RAS 系统是一种复杂的内分泌系统,主要负责调节血压和体液平衡。ACE2 通过其独特的酶活性,能够有效地降解 AngI(血管紧张素 I)和 AngII(血管紧张素 II),这两种物质在 RAS 系统中通常与血压升高、心室肥大、心室重构以及氧化应激等不良生理反应密切相关^[8]。具体来说,AngII 是一种强效的血管收缩剂,能够导致血管收缩,从而引起血压升高。此外,AngII 还能够刺激心肌细胞的生长,导致心室肥大,进而引发心室重构,这是一种心脏结构和功能的改变,常常与心脏疾病相关。氧化应激是指体内自由基的产生与抗氧化防御系统之间的失衡,导致细胞和组织损伤。ACE2 通过降解 AngI 和 AngII,能够有效地减少这些不良反应的发生,在维持心血管健康方面发挥着至关重要的作用。

因此,ACE2 在调节血压、防止心室肥大和重构以及减轻氧化应激方面发挥着重要的负性调控作用,有助于维持人体的正常生理功能,对抗 RAS 系统引起的多种病理生理变化。然而,在 SARS-CoV-2 感染下,心肌细胞中 ACE2 的表达调节失衡,这种调节功能的受损不仅影响了 RAS 系统的正常运作,还加剧了心肌损伤的风险^[9]。病毒可能通过干扰 ACE2 的表达,破坏了其保护心脏免受氧化应激和炎症损伤的能力,进而导致心脏结构和功能的进一步恶化。这种干扰作用进一步揭示了病毒与宿主相互作用中的复杂性,尤其是在病毒感染对心血管系统的影响方面。病毒介导的 ACE2 表达下调不仅降低了心肌细胞的保护机制,而且还可能促进心血管疾病的发展,加剧

了患者的病情。因此,深入了解这一机制对于开发针对新冠病毒相关心肌损伤的治疗策略至关重要,以期在保护心脏的同时,为患者提供更为全面的治疗方案。

SARS-CoV-2 对心脏的影响并非单一途径,而是多因素、多层次交互作用的结果。在后续研究中,应关注病毒感染与心脏损伤间的分子关联,以及免疫反应在损伤过程中的具体作用。同时,结合临床数据,不断完善治疗策略,以期在保障人民健康的同时,为未来可能出现的类似病毒感染提供有效的防控手段。在此基础上,强化基础研究与临床应用的紧密结合,将有助于提升我国在心血管疾病防治领域的整体水平。

2 临床症状及诊断

SARS-CoV-2 感染的患者可能会表现出多种心血管系统的异常症状,这些症状在儿童和成人之间存在一些差异。具体来说,在儿童患者中,SARS-CoV-2 感染可能导致心肌损害或心肌炎,表现为心脏肌肉的炎症和损伤^[10]。此外,儿童患者还可能出现心律失常。肺动脉高压也是儿童患者中可能出现的一种症状,这可能导致呼吸困难和心脏负担加重。此外,儿童患者还可能面临多系统炎症综合征(MIS-C)的风险,这是一种严重的炎症反应,可能涉及多个器官系统,包括心血管系统。这些心血管系统的受累表现需要在临床诊断和治疗中给予足够的重视和关注。在诊断上,除了病史和临床表现,还需结合实验室检查,如心肌酶谱、心电图、心脏磁共振成像等辅助检查来综合评估。这些手段有助于明确心肌炎的诊断,并为后续治疗提供依据。

2.1 临床症状 SARS-CoV-2 感染相关心肌炎的症状多样,患者可能出现胸痛、呼吸困难、心悸、乏力等症状,严重时甚至出现心衰和心律失常。这些临床表现可能与病毒直接侵害心肌细胞有关,也可能是由病毒引发的炎症反应所致。此外,部分患者还可能表现为无症状或轻微症状,给临床诊断带来一定难度。

SARS-CoV-2 感染相关的心肌炎的诊断标准与其他病毒性心肌炎的诊断标准是一致的,主要包括病史、临床表现以及心肌酶谱、心电图等辅助检查结果。在儿童中,心肌炎的临床表现往往并不典型,这使得它与 SARS-CoV-2 感染的临床表现之间的区分变得相当困难。对于年龄较大的儿童来说,他们可能会表现出明显的乏力、胸痛和心悸等症状,而对于小婴儿和新生儿来说,他们可能会表现出反应弱、拒奶等不典型症状^[11]。这些症状都应当引起我们的警惕,可能是 SARS-CoV-2 感染相关心肌炎或心肌损害的信号。针对这些症状,医生需细致观察患者的病情变化,结合实验室检查结果,以实现心肌炎的早期识别和干预。

2.2 临床诊断 心肌炎的诊断过程充满了挑战,尤其是在面对幼儿患者时,这一挑战尤为显著。为了确保诊断的准确性,医学界将心肌炎的诊断分为四个不同的层次^[12]。

首先,最直接且最具决定性的诊断方法是通过活检来证实心肌炎的存在。活检是一种通过取一小块心肌组织进行显微镜检查的过程,能够直接观察到心肌组织的病变情况,从而确诊心肌炎。心内膜心肌活检被认为是诊断心肌炎的“金标准”,因为它可以直接观察到心肌组织的病理变化。然而,由于其侵入性操作、较低的灵敏度以及可能与心肌取样相关的潜在风险,目

前这种诊断方法的使用已经显著减少^[13]。其次,心脏磁共振成像(Cardiovascular magnetic resonance, CMR)也被广泛应用于心肌炎的诊断中。CMR是一种无创的影像学检查方法,能够提供心脏结构和功能的详细图像。通过CMR,医生可以观察到心肌的异常信号,从而确认临床疑似心肌炎的诊断。CMR技术能够有效地帮助医生区分心肌炎和缺血性心肌病以及其他类型的心肌病^[14]。对于被怀疑患有心肌炎且血流动力学状态稳定的患者,医生们通常会推荐进行CMR检查^[15]。这种检查方法不仅能够提供详细的图像,帮助医生更准确地诊断病情,还能通过其无创性和高分辨率的特点,为患者提供更为安全和舒适的检查体验。通过CMR,医生可以观察到心肌的细微变化,从而更准确地区分心肌炎和缺血性心肌病等不同的心脏疾病,为后续的治疗方案提供有力的支持。然而,CMR技术在儿科应用上存在一定限制,尤其是在诊断年幼患儿时,这种限制更为明显,因为儿童的心脏较小,心率较快,使得图像采集和解析更为困难。此外,对于疑似心肌炎的儿童,临床医生还需考虑到检查的可行性和患儿的耐受性。第三个层次是基于临床症状和体征的疑似诊断。临床医生可以根据患者的临床表现,如心悸、胸痛、乏力等症状,结合心电图、超声心动图等辅助检查结果,综合评估患者是否有可能患有心肌炎。超声心动图作为一种非常方便且快捷的医学检查方法,具有极高的实用性和高效性。它不仅可以在患者的床旁直接进行操作,无需将患者转移到专门的检查室。这种便捷性使得超声心动图成为评估重症患者心功能状态的重要手段之一^[16]。通过床旁超声心动图,医生能够实时监测患者的心脏状况,及时发现和诊断心脏问题,从而为重症患者的治疗和护理提供重要的参考依据。这种诊断方法虽然不如前两种方法直接,但在实际临床操作中具有重要的参考价值。最后一个层次是可能的心肌炎诊断。这一层次的诊断通常是基于患者的临床表现和一些初步的辅助检查结果,但缺乏明确的证据来确诊心肌炎。在这种情况下,医生会建议患者进行进一步的检查和观察,以排除其他可能的病因,并在必要时进行活检或CMR等更精确的检查。

尽管心内膜心肌活检是诊断心肌炎的“金标准”,但其限制性使得医生们往往依赖于非侵入性检查,如心肌酶谱和心电图等。这些检查虽然不能直接显示心肌病变,但通过心肌酶水平的变化和心电图上异常波形的出现,可以为心肌炎的诊断提供重要线索。此外,CMR技术作为一种先进的无创检查手段,在心肌炎的诊断中发挥着越来越重要的作用,尤其在评估心肌炎症程度和心肌损伤范围方面具有独特优势。在这些辅助检查的指导下,医生能够更准确地识别和干预SARS-CoV-2感染相关心肌炎,为患者提供及时的治疗。由于患者的症状和检查结果可能与其他心脏疾病相似,因此在确诊过程中,医生需结合病史、临床表现及多项检查结果进行综合判断。同时,针对SARS-CoV-2感染相关心肌炎的研究仍在进行中,随着技术的进步和经验的积累,未来心肌炎的诊断和治疗将更加精准和高效。在此过程中,医生和患者都应保持警惕,密切关注病情变化,确保得到及时且恰当的治疗。因此,临床医生在面临疑似心肌炎病例时,必须进行全面评估,细心分析各项检查结果,以减少误诊和漏诊的可能性。同时,对于确诊为心肌炎的患者,制定个性化的治疗方案同样重要,旨在减轻心肌损伤,改善患

者预后,并提高其生活质量。

3 治疗方案

对于确诊为SARS-CoV-2感染相关心肌炎的患者,可以及时采取抗病毒治疗、抗炎治疗及心脏支持治疗等措施。对于SARS-CoV-2感染相关的病毒性心肌炎,其治疗原则基本上与一般病毒性心肌炎的治疗策略保持一致^[17]。

3.1 一般治疗 患者需要完全卧床休息,不得进行任何活动,以确保身体得到充分的恢复。在卧床休息期间,要尽量保持身体内部环境的稳定,以避免任何可能的波动或不适。在此期间,应加强支持性治疗,确保患者获得足够的热量摄入,以维持正常的生理功能^[18]。确保摄入足够的热量,这对于身体的恢复和维持正常生理功能至关重要。在饮食方面,应选择清淡、易于消化的食物,但同时这些食物应富含营养,以满足身体的需求。此外,建议采取少量多餐的方式进食,这样可以减轻消化系统的负担,同时确保持续的能量供应。同时,医护人员需密切注意患者的水分和电解质平衡,防止因失衡导致的内环境紊乱,确保患者体内的酸碱平衡和电解质浓度保持在正常范围内。此外,还需要密切监测患者的生命体征,包括心率、血压、呼吸频率等,以及指氧饱和度,以便及时发现并处理可能出现的任何异常情况,确保患者的生命安全和健康^[19]。

3.2 药物治疗 药物治疗是针对心肌炎的关键环节,主要包括抗病毒药物、免疫调节剂和心脏保护剂等。抗病毒药物可抑制病毒复制,减少心肌损伤;抗炎药物则有助于减轻心肌炎症反应。在抗病毒治疗方面,常用药物如瑞德西韦已被证实对SARS-CoV-2有一定的抑制作用,有助于减缓病毒复制。免疫调节剂如糖皮质激素则用于减轻心肌炎症反应,防止心肌损伤进一步加重。心脏保护剂如血管紧张素转换酶抑制剂和 β 受体阻滞剂等,则有助于改善心肌功能和降低心脏负荷。科学研究和临床试验的结果表明,皮质类固醇具有显著的抗炎作用,能够有效地抑制炎症反应。目前,皮质类固醇已经被广泛应用于临床实践中,特别是在那些经过心肌活检证实患有心肌炎的重症病人中^[20]。在这种情况下,皮质类固醇的抗炎作用可以帮助减轻炎症反应,防止心肌进一步受损,从而改善患者的症状和预后。尽管皮质类固醇在治疗扩张型心肌病和心肌炎方面显示出一定的疗效,但医生在使用时仍需谨慎,因为长期或大剂量使用皮质类固醇可能会带来一些副作用和并发症。因此,医生通常会根据患者的具体情况和病情严重程度,权衡利弊后决定是否使用皮质类固醇及其剂量。静脉注射用免疫球蛋白是一种具有双重作用的药物,它不仅能抵抗病毒,还能减轻炎症反应^[21]。这种药物在减轻心肌细胞损伤方面表现出色。研究已经证实,静脉注射用免疫球蛋白能够有效减少心脏炎症的发生,并且能够下调那些直接对心肌产生负面影响的促炎细胞因子^[22]。通过抑制炎症反应和降低促炎细胞因子的活性,静脉注射用免疫球蛋白有助于保护心肌细胞,从而改善心脏功能,减轻患者的症状。

3.3 其他治疗 对于一些重症患者,除了上述治疗措施外,可能还需要额外的生命支持治疗,如心脏起搏器或临时心脏辅助装置等^[23]。这些辅助装置的使用能够在患者的心脏功能尚未恢复期间提供必要的支持,帮助患者度过危险期。MIS-C与川崎病在某些临床表现上存在相似之处,这两种疾病都表现出一些重叠的特征。在大多数情况下,可以采用免疫调节剂作为首

选治疗方法,例如静脉注射免疫球蛋白和糖皮质激素,这些药物能够有效地调节免疫系统的反应,减轻炎症^[24]。然而,在面对一些对常规治疗反应不佳的难治性病例时,医生可能会考虑使用生物制剂作为替代治疗方案^[25]。此外,针对心脏功能不全的患者,心脏支持治疗如利尿剂、血管紧张素转换酶抑制剂等,对缓解症状、改善心功能尤为关键。

在治疗过程中,医生需密切监测患者病情变化,及时调整治疗方案,确保治疗措施的有效性和安全性。同时,应重视患者的心理支持和健康教育,帮助他们正确理解疾病,配合治疗,增强自我管理能力,从而提高治疗依从性。此外,患者的营养支持也不可忽视,合理的膳食搭配有助于心肌修复和身体康复。在康复期,适度运动有助于提高心肺功能,但需在专业指导下进行,以防过度负荷导致病情反复。通过这些综合措施,以为患者提供全方位的治疗与关怀,助力他们早日回归正常生活。因此,临床团队应持续关注最新的研究成果,适时更新诊疗指南,以提升临床实践的准确性与效率。同时,强化跨学科合作,包括心脏病学、感染病学和心理学等领域的专家共同参与,为患者提供全面的管理方案。

通过这些举措,有望在不断变化的疫情背景下,为心肌炎患者带来更为精准和人性化的治疗体验。在接下来的治疗工作中,应进一步细化患者的心脏监测计划,优化药物治疗方案,并根据患者的具体病情和康复进程,调整个体化康复训练方案,确保患者在每个阶段都能得到适宜的治疗和护理。此外,将心理健康纳入整体治疗计划,通过心理疏导帮助患者克服疾病带来的焦虑和恐惧,增强其战胜病魔的信心。在临床实践中,我们还将不断总结经验,探索更高效的治疗方法,以期在抗击病毒性心肌炎的征途上,为患者提供更加坚实的保障。

4 结语

SARS-CoV-2 感染相关心肌炎引起了广泛关注,科学家们对于 SARS-CoV-2 感染所引发的心肌炎的具体发生机制仍然不甚明了。尽管存在许多未知因素,但目前的共识是,通过多学科合作和个体化的治疗策略,可以有效提高患者的生存质量和预后。许多大样本的临床研究仍在进行中,随着研究的深入,有望逐步揭示病毒性心肌炎的复杂机制,并为临床治疗提供更为精准的靶点。此外,加强基础研究 with 临床应用的转化,将最新的科研成果及时融入临床实践,对于提升治疗效果具有重要意义。

【参考文献】

[1] Chaimayo C, Kaewnapan B, Tanlieng N, et al. Rapid SARS-CoV-2 antigen detection assay in comparison with real-time RT-PCR assay for laboratory diagnosis of COVID-19 in Thailand[J]. *Virology*, 2020, 17(1):177.

[2] Moll-Bernardes R, Ferreira JR, Schaustz EB, et al. New insights on the mechanisms of myocardial injury in hypertensive patients with COVID-19[J]. *J Clin Immunol*, 2023, 43(7):1496-1505.

[3] Modica G, Bianco M, Sollazzo F, et al. Myocarditis in athletes recovering from COVID-19: A systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(7):4279.

[4] Bailey AL, Dmytrenko O, Greenberg L, et al. SARS-CoV-2 infects human engineered heart tissues and models COVID-19 myocarditis[J]. *JACC Basic Transl Sci*, 2021, 6(4):331-345.

[5] Poloni T E, Moretti M, Medici V, et al. COVID-19 pathology in the lung, kidney, heart and brain: the different roles of T-cells, macrophages, and microthrombosis [J]. *Cells*, 2022, 11 (19):

3124.

[6] Huber SA. Autoimmunity in myocarditis: relevance of animal models[J]. *Clin Immunol Immunopathol*, 1997, 83(2):93-102.

[7] Blyszczuk P. Myocarditis in Humans and in Experimental Animal Models[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2019, 6(1):64.

[8] 仲媛媛, Abdul Rehman, 田超. 新型冠状病毒肺炎相关心肌损伤研究进展[J]. *济宁医学院学报*, 2020, 43(2):127-131.

[9] European Society of Cardiology guidance for the diagnosis and management of cardiovascular disease during the COVID-19 pandemic: part 1- epidemiology, pathophysiology, and diagnosis [J]. *Eur Heart J*, 2022, 43(11):1033-1058.

[10] Abi Nassif T, Fakhri G, Younis NK, et al. Cardiac manifestations in COVID-19 patients: a focus on the pediatric population[J]. *Can J Infect Dis Med Microbiol*, 2021, 2021(1):5518979.

[11] 韩咏, 庞玉生. 儿童新型冠状病毒感染相关心肌损害/心肌炎临床特点[J]. *中国实用儿科杂志*, 2024, 39(3):211-216.

[12] Law Y M, Lal A K, Chen S, et al. Diagnosis and management of myocarditis in children: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2021, 144(6):123-135.

[13] Putschoegl A, Auerbach S. Diagnosis, evaluation, and treatment of myocarditis in children[J]. *Pediatr Clin North Am*, 2020, 67(5):855-874.

[14] Kelle S, Bucciarelli-Ducci C, Judd RM, et al. Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) recommended CMR protocols for scanning patients with active or convalescent phase COVID-19 infection [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2020, 22(1):61.

[15] Gluckman TJ, Bhave NM, Allen LA, et al. 2022 ACC expert consensus decision pathway on cardiovascular sequelae of COVID-19 in adults: myocarditis and other myocardial involvement, post-acute sequelae of SARS-CoV-2 infection, and return to play[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 79(17):1717-1756.

[16] Kociol RD, Cooper LT, Fang JC, et al. Recognition and initial management of fulminant myocarditis: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2020, 141(6):69-92.

[17] 杨成梅, 温泽宇, 王彩, 等. 新型冠状病毒相关心肌炎发病机制及治疗策略[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2024, 16(4):506-508, 512.

[18] 刘桂英, 于宪一, 陈笋, 等. 新型冠状病毒肺炎流行期间儿童心肌炎患者管理建议[J]. *中国中西医结合儿科学*, 2020, 12(2):96-101.

[19] 刘文楠, 杜美玲, 胡汉, 等. 新型冠状病毒感染可能导致重症暴发性心肌炎研究进展[J]. *中国医药*, 2020, 15(6):821-825.

[20] Schauer J, Newland D, Hong B, et al. Treating pediatric myocarditis with high dose steroids and immunoglobulin [J]. *Pediatr Cardiol*, 2023, 44(2):441-450.

[21] 中华医学会心血管病学分会精准医学学组, 中华心血管病杂志编辑委员会, 成人暴发性心肌炎工作组. 成人暴发性心肌炎诊断与治疗中国专家共识[J]. *中华心血管病杂志*, 2017, 45(9):742-752.

[22] 王妍, 王红, 侯晓彤. 新型冠状病毒肺炎相关性心肌炎的研究进展[J]. *心肺血管病杂志*, 2023, 42(11):1179-1182.

[23] 国家老年医学中心/国家老年疾病临床医学研究中心, 中国老年医学学会心血管病分会, 北京医学会心血管病学分会影像学组. 新型冠状病毒肺炎相关心肌损伤的临床管理专家建议(第一版)[J]. *中国循环杂志*, 2020, 35(4):326-330.

[24] 马宁, 阴怀清. 小儿 COVID-19 相关心肌炎的研究进展[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2023, 21(23):4362-4365.

[25] Patel JM. Multisystem inflammatory syndrome in children(MIS-C)[J]. *Curr Allergy Asth R*, 2022, 22(5):53-60.