

# 新型冠状病毒感染(COVID-19)与 心血管系统疾病

高秀秀<sup>1</sup>, 吴胜军<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>西安医学院研究生工作部, 陕西 西安

<sup>2</sup>西安医学院第二附属医院, 陕西 西安

收稿日期: 2023年9月9日; 录用日期: 2023年10月3日; 发布日期: 2023年10月10日

## 摘要

新型冠状病毒感染(COVID-19)是一种急性呼吸系统传染性疾病, 目前已证实其可累及全身多个系统, 除肺组织外, 以心血管系统受累最为常见, 主要表现为心肌损伤、心律失常、急性心肌炎、心肌病、心力衰竭及急性心肌梗死。有基础心血管疾病者合并新型冠状病毒感染后重症发生比例更高, 死亡风险更大。现对新型冠状病毒肺炎命名及其心血管系统常见并发症进行综述。

## 关键词

新型冠状病毒感染(COVID-19), 严重急性呼吸综合征冠状病毒2 (SARS-CoV-2), 心血管系统常见并发症

# Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) and Cardiovascular System Diseases

Xiuxiu Gao<sup>1</sup>, Shengjun Wu<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Graduate Studies, Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>The Second Affiliated Hospital of Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

Received: Sep. 9<sup>th</sup>, 2023; accepted: Oct. 3<sup>rd</sup>, 2023; published: Oct. 10<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) is an acute respiratory infectious disease that has been shown to involve multiple systems throughout the body. In addition to the lungs, the cardiovascular system is most commonly affected, with myocardial injury, arrhythmias, acute myocarditis,

\*通讯作者。

**cardiomyopathy, heart failure and acute myocardial infarction. People with underlying cardiovascular disease have a higher rate of severe illness and a greater risk of death after developing Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). The origin of COVID-19 nomenclature and common complications of cardiovascular system are described.**

## Keywords

**Coronavirus Disease 2019 (COVID-19), Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2), Common Complications of the Cardiovascular System**

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

新型冠状病毒感染(coronavirus disease 2019, COVID-19)是一种由2019年新发现的病毒“SARS-CoV-2”侵入导致具有传染性的呼吸系統性疾病, 临床表现主要为发热、咽痛、无力等, 偶伴随全身肌肉酸痛、嗅觉味觉减退甚至丧失等。该类疾病起病急, 传播途径主要是呼吸道, 各个年龄层均易感, 疾病严重程度各有不同, 大部分感染者从始至终没有任何症状, 但有些则病情发展迅速, 短短1周就会出现呼吸急促、喘息, 若得不到及时的医疗救助, 很快会进展到急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)、酸碱失衡及呼吸衰竭等[1], 给人类生命及财产安全带来造成严重的伤害, 同时对医疗行业也产生一定的负担和压力。3年来, 面对新冠疫情的跌宕起伏与不确定性, 国内外学者对其发病机制、流行病学、病原学等进行了诸多探索, 终于经过不懈努力, 这场由新型冠状病毒感染(简称新冠感染)引起的疫情得以控制。然而, 我们不要忽略一点, 即RNA类病毒大部分具备一种易变异特性, 这是因为大多数RNA呈单链结构, 稳定性差, 而“SARS-CoV-2”的遗传物质结构正好是单一链状RNA, 因此更容易发生突变[2]。而面对人类采取应对措施, 研究新的抗病毒药物、疫苗等, “SARS-CoV-2”其实也在不断发生进化和变异, 像目前众所周知的德尔塔(Delta)、奥密克戎(Omicron)毒株就是该病毒产生的变异株。早在2022年期间, 研究者发现Omicron变异株具有超强的传染力及免疫逃逸能力, 毫无悬念成为当前世界流行毒株[1]。该毒株于2021年11月首次在南非人群中出现, 之后迅速在全球多个国家发生传播[3], 我国也未能幸免。2022年初, 天津相关卫生部门发出疫情相关报告, 文中提出首次发现1例本土传播的Omicron毒株, 此后不久, 陕西、广东、吉林、上海及北京等多个省市也相继出现上述毒株本土传播, 自此Omicron毒株在我国开始迅速流行[4]。尽管专家多次提出该毒株致病力及致死率较前明显下降, 但不可否认, 其传播力是进一步增强的。据统计, 自从新型冠状病毒感染不再纳入《中华人民共和国国境卫生检疫法》规定的检疫传染病管理后[5], 新冠感染患者激增, 尤其是进入今年以后, 全国各地反复被Omicron感染的患者更不在其数, 多数合并有基础疾病的人群因感染新冠失去生命, 也有少部分群体因未引起重视进而发展成危重症错失最佳治疗。因此未来面对新冠, 仍不能掉以轻心。现对COVID-19由来及心血管系统损伤表现进行阐述。

## 2. SARS-CoV-2 及 COVID-19 命名

新型冠状病毒(简称新冠病毒, 英文缩写SARS-CoV-2)隶属于 $\beta$ 属, 非节段单股正链RNA, 直径大小不等, 最短60 nm, 最长可达140 nm, 形状为圆或椭圆形, 外有包膜。此病毒由4种结构蛋白构成, 分别为核壳蛋白(nucleocapsid, N)、膜蛋白(membrane, M)、刺突蛋白(spike, S)和包膜蛋白(envelope, E)。核

壳蛋白 N 并未与病毒的核心结构——核衣壳直接接触, 在核衣壳表面还包裹有双层脂膜, 并且新冠病毒的 S、M、N 蛋白也在双层脂膜上镶嵌。当新冠病毒侵犯人类的呼吸系统后, 首先是 S 蛋白受体结合域受到刺激, 准确的去识别宿主的细胞受体——血管紧张素转化酶 2 (ACE2), 然后与 ACE2 快速反应并相结合, 最后侵犯宿主细胞进一步导致宿主发病。无论是致死率最高的埃博拉病毒, 还是艾滋病病毒, 都具备病毒一般特性, 会在不同情况、不同环境中发生变异, 新冠病毒也不例外。它的基因也随着环境、人群等频繁发生变异。随着对新冠病毒病原学、流行病学等的研究, 世界卫生组织(WHO)发出最新报告, 截至目前为止, 新冠病毒产生的变异毒株包含阿尔法(Alpha)、贝塔(Beta)、伽玛(Gamma)、德尔塔(Delta)和奥密克戎(Omicron) [1]。由于自然选择, Omicron 已迅速取代其他变异株成为当前流行毒株。

自 2019 年末湖北省武汉市部分医院陆续发现了多例有华南海鲜市场暴露史的不明原因肺炎病例后, 中国疾病预防控制中心(CDC)专家组迅速收集该地区患病人群的标本, 不辞辛苦、夜以继日的培养分析最终分离出一种病毒微生物, 之后通过基因组测序比对, 最终揭开其致病因子的神秘面纱, 是一种新型的冠状病毒, 将其暂称为 2019-nCoV [6]。2020 年 1 月 30 日, WHO 发布新冠病毒相关疫情报告, 文件中首次提到将由新型病毒感染引起的肺炎暂时称为: 2019-nCoV 急性呼吸疾病(2019-nCoV acute respiratory disease), 新冠病毒暂时称为“2019-nCoV” [7]。随着研究的不断深入, 至 2020 年 2 月 11 日, WHO 正式将此类具有传染性的感染性疾病命名为“冠状病毒病 2019 (Coronavirus Disease 2019, 简称 COVID-19)” [8]。与此同日, 国际病毒分类委员会(ICTV)依据此前研究组得出“2019-nCoV”与“SARS-CoV”具有同源特性的结果(“2019-nCoV”与严重急性呼吸综合征冠状病毒“SARS-CoV”有 78.7%的相同遗传基因序列[9]), 正式将“2019-nCoV”更名为“SARS-CoV-2”, 被“SARS-CoV-2”感染后引起的机体疾病则被命名为“COVID-19” [10]。在病毒不断变异, 毒力不断减弱和人群积极接受疫苗的前提下, 2022 年 12 月 26 日, 国家卫健委宣布, 将“COVID-19”更名为新型冠状病毒感染[1], 并且从 2023 年 1 月 8 日起, “COVID-19”实施“乙类乙管” [5], 至此此类病毒如同流感一般被普通对待。

### 3. COVID-19 患者心血管系统损伤表现

作为呼吸道传染病的 COVID-19, 除引起肺部受累(影像学为“大白肺”)外, 还可以累及心肌, 造成心肌损伤, 倘若心脏传导系统受损, 则可能会出现各种类型的心律失常, 严重者还可引起暴发性心肌炎、心衰, 甚至猝死。若患者本身有基础心血管疾病, 则 COVID-19 感染新后会诱发原有病情进一步加重。病毒感染导致心肌损伤的形式包括直接损伤和间接损伤。损伤机制不清, 目前能达成共识的有以下方面: 细胞因子风暴、凝血功能异常、应激反应、早期抗病毒药物影响等[11], 这里不做详细阐述。临床上, COVID-19 患者心血管并发症很多, 损伤部位不同, 临床表现各异。研究者通过收集大量的临床数据, 得出目前最常见的心血管并发症主要有心肌损伤、心律失常、心肌炎、心肌病、心肌梗死和心力衰竭 5 大类。一项荟萃分析结果曾表明, COVID-19 患者病情轻重与心脏受损的部位、强度有关, 病情越严重, 发生并发症的可能性越大, 而严重的并发症往往会导致患者病死率提升[12]。接下来将通过多组收集并已经分析的临床数据去进一步论述 COVID-19 患者在不同病情状态下会出现哪一类心血管损害及对患者的预后是否产生影响。

#### 3.1. COVID-19 和心肌损伤

心肌细胞属于不可再生细胞, 敏感脆弱, 当 SARS-CoV-2 入侵心脏时会直接造成心肌损伤。临床上心肌损伤时通常会从一些辅助检查中表现出来进而引起医务人员重视, 最常见也是最简单快速的为生化心肌肌钙蛋白(cardiactroponin, cTn)的异常。大多数感染 COVID-19 的患者中, 心肌损伤严重时, 生化 cTn 结果会明显升高, 而对于从医者来说, cTn 异常升高表明心肌受到一定损伤, 对于病情严重的 COVID-19

患者来说, 这项指标也许就是病毒也会直接损伤心肌的一个显著的特征[13]。一项针对 187 例(66 例有潜在心血管疾病) COVID-19 的患者回顾性分析中[14], 我们也可以看到, cTn 异常且已被明确证实有心肌损伤的患者有 52 例(占比 27.8%)。合并基础心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)但 cTn 检测无异常的患者在院死亡率为 13.33% (4/30), 无基础 CVD 但 cTn 水平升高的患者在院死亡率为 37.50% (6/16), 而有基础 CVD 并且 cTn 异常的患者在院死亡率竟然达到 69.44% (25/36)。合并有 CVD 的 COVID-19 患者若伴有心肌损伤, 则此类患者预后会比无基础 CVD 的 COVID-19 的患者相对更差。故许多学者认为 cTn 水平可以作为评价 COVID-19 患者预后的重要指标之一。随着对类似于上述类型患者的多次研究, 越来越多的证据提示, COVID-19 患者在感染期间很容易损伤心肌。反之一样, 当机体免疫力低下时也更容易被病毒、细菌侵入。即若患者心肌本身已有损伤, 那么他或她们比一般正常人则更容易被 COVID-19 感染。心肌属于一类缺氧敏感细胞, 当 COVID-19 患者不能及时救治, 在严重感染和缺氧的双重打击下, 可能会进一步恶化, 同时并发 ARDS、酸碱失衡, 反而使机体缺氧更加严重, 最终加剧心肌损伤[15]。

### 3.2. COVID-19 和心律失常

研究者发现, 临床上 COVID-19 患者最多见的心律失常是心动过速, 而病因多与缺血缺氧、精神心理因素等因素有关, 祛除诱因后心律失常可消失, 这一现象称为自限性[16], 正因为此特性, 往往不被引起重视。其他少见类型包括室性心动过速、心室颤动、心房颤动等。武汉大学某医院对在院 138 例 COVID-19 患者进行报道, 其中 16.7% 的患者并发了心律失常, 然而在并发心律失常的 COVID-19 患者中病情属于重症的人群竟高达 44.4% [16], 可见重症 COVID-19 患者更容易并发心律失常。另一项也是研究 COVID-19 患者住院期间是否并发心律失常, 入组 700 例, 研究结果为: 并发心脏骤停共计 9 例, 心动过缓(有临床意义)共计 9 例, NSVT(非持续性室性心动过速) 共计 10 例、偶发房颤共计 25 例[17]。此外, Wu 等[18]研究者也曾有过分析, 面对 COVID-19 感染, 一些像长 QT 综合征、Brugada 综合征等有遗传性心律不齐综合征的患者可能会比正常人更凶险, 发生恶性心律失常的概率会更高, 预后更差。

### 3.3. COVID-19 和急性心肌炎

2019 年以前, 我们比较熟知的造成病毒性心肌炎的常见病毒有柯萨奇病毒、EB 病毒、流感病毒等。新冠病毒与其他冠状病毒一样, SARS-CoV-2 侵入机体后会诱导其不断释放细胞因子、趋化因子等多种物质、当血管管腔内有斑块时, 因为这些释放的物质, 斑块稳定性明显下降。即使管腔干净, 未见血栓、斑块等, 病毒一旦侵入机体, 释放的细胞因子、趋化因子等也会直接造成血管炎症和心肌炎的出现[19]。Zeng [20]等研究者曾对 1 例 COVID-19 患者死亡后部分标本进行检测化验, 微观下可见心肌间质被炎性单核细胞充分浸润, 但心脏组织无实质性损伤, 推测只是新冠病毒入侵后使心肌产生炎症反应。Inciardi 等[21]也报道过 1 例相似案例, 患者行磁共振检查, 可见心肌间质呈弥漫性水肿、左室收缩功能障碍, 心脏有少量心包积液。而 Hua 等[22]研究者曾追踪过 1 例 COVID-19 患者, 既往明确有心肌炎病史, 在首次感染 SARS-CoV-2 后病情进展神速, 心脏初期只是少量心包积液, 后不久急剧恶化成心脏压塞。令人比较欣慰的是, 大部分新冠病毒引起的心肌炎预后良好, 爆发性心肌炎除外。

### 3.4. COVID-19 和心肌病

心肌病是由各种病因引起的一组非均质性心肌病变, 心超图常表现为心室不适当肥厚或扩张, 临床有原发性和继发性心肌病之分。疫情期间, 越来越多的 COVID-19 患者诊断为罹患应激性心肌病(又称“心碎综合征”)。报道称, 确诊应激性心肌病 COVID-19 患者, 都遭受了身体和(或)情绪痛苦双重打击, 从而使心脏肌肉出现功能失调或衰竭。Minhas 等[23]曾对 1 例已确诊为 COVID-19 的 58 岁患者进行追踪, 该患者入院后快速行心脏超声心动图(简称心超图)检查, 报告中显示心脏中远端左心室运动减弱, 左心室

射血分数只有 20%。Chadha 等[24]研究者也报道了 1 例 85 岁 COVID-19 患者, 入院后行心超图可见心尖部呈球样扩张, 左心室射血分数 35%, 这俩例患者辅助检查都符合典型的应激性心肌病表现。积极予以对症治疗, 几周后再次复查心超图可见, 心脏左心功能明显较前改善, 后者基本恢复正常状态。总体来看, 应激性心肌病预后相对良好。

### 3.5. COVID-19 和心力衰竭

COVID-19 侵入机体后, 本身会激发炎症因子释放, 加上细胞因子风暴不仅会造成心功能不全, 还会诱发甚至加重心力衰竭的发生。即使炎症轻微或机体自身产生免疫, COVID-19 患者一旦合并有 CVD 或者既往已经有 CVD 病史, 那么此次被新冠病毒感染, 疾病后期发生急性心力衰竭(acute heart failure, AHF)的概率会大大提升。有研究者入组 119 例 COVID-19 患者, 入院后针对是否并发 AHF 进行分析, 结果为并发 AHF 患者占总人数的 23%, 而其中出现 AHF 患者的在院死亡率高达 52% [25]。另一项对因 COVID-19 死亡的 113 例患者研究中显示, 既往无 CVD 的患者死亡前发生 AHF 占比 49% [26], 合并慢性心力衰竭(chronic-heart failure, CHF)的患者与既往有 CVD 患者比较, 预后往往更差。在临床上, 我们看到 COVID-19 患者在发生 AHF 时, 大部分患者在新冠病毒感染前是相对健康的, 即没有心力衰竭病史, 也没有造成心衰的病理基础[27], 这有可能是 SARS-CoV-2 直接损伤心脏所致。临床上心脏发生急性心功能不全是最常见的为急性左心衰, 但凡事不绝对, 对于医务人员来说, 要善于观察, 考虑问题要全面、灵活, COVID-19 重症患者容易合并 ARDS 进而引起呼吸甚至循环障碍, 此时可能会并发右心衰竭甚至全心衰竭。

### 3.6. COVID-19 和急性心肌梗死

上述有提到, SARS-CoV-2 侵入机体后会激发炎症因子释放, 加上细胞因子风暴等, 会进一步导致血管内皮细胞损伤, 造成管腔内斑块稳定性突然下降, 危险因素诱发后斑块一旦脱落终会发生心肌梗死[28]。心肌梗死有一种分类标准比较少见, 即 1 型和 2 型心肌梗死之分。1 型心肌梗死指冠状动脉内斑块稳定性下降, 因某种诱因突然出现破裂, 或者是血管内出现夹层进一步引起冠状动脉内形成新鲜血栓, 从而导致心肌细胞出现缺血、缺氧直至坏死。2 型心肌梗死是指供应心脏的大血管冠状动脉管腔内本身无异常, 由其他原因如炎症引起心肌急剧缺氧, 影响氧供平衡, 回心血流灌注不足导致。Bangalore 等[29]曾对 18 个 COVID-19 患者进行报道, 这类患者仅仅心电图提示 ST 段抬高, 心肌梗死诊断条件不全, 征得 9 例患者及家属同意后, 进一步完善急诊冠状动脉造影(PCI), 证实有 6 例患者冠脉血管狭窄严重, 符合 1 型心肌梗死的标准。另一项研究中, COVID-19 患者共计 28 例, 入院前已明确诊断为 ST 段抬高型心肌梗死, 经家属同意, 进一步行急诊 PCI 后, 发现其中 17 例冠脉血管有严重病变, 属于 1 型心肌梗死, 而余下 11 例冠脉血管病变轻微, 血流无异常, 划分为 2 型心肌梗死。但要注意, 重症心肌炎也会合并心肌梗死[30]。与无 CVD 的患者相比, 有 CVD 的患者被 SARS-CoV-2 感染后, 因各种原因, 像高龄、抵抗力差等造成机体不能产生自身免疫, 或者无法前往医院立即就诊得到及时的医疗救助等, 病情一旦进展、恶化, 发生心血管危险事件的概率更高, 预后相对更差。这可能是导致 COVID-19 死亡率增加的潜在风险[31]。

## 4. 小结与展望

综上所述, SARS-CoV-2 的传播速度、波及范围, 以及对人类健康的危害和全球发展的影响, 在近一个世纪以来都是前所未有的, 尽管该病毒倾向于侵犯呼吸道, 但直接或间接侵犯心血管系统概率也不小, 临床上仍需引起重视。研究显示, 在重症 COVID-19 的多系统并发症中, 心血管系统的并发症已成

为最严重的并发症之一[32]。目前 SARS-CoV-2 已发生多次变异, 传染性极高, 虽然 COVID-19 合并 CVD 患者临床症状与预后结局更差, 但不绝对, 多数无 CVD 患者感染后也会发生恶性心血管事件, 并且 COVID-19 造成心血管损伤的机制尚未明确, 未来此类病毒是否会不断变异都尚未可知。因此在诊疗中, 医务人员务必重视心血管系统的相关敏感指标, 严密关注患者的病情变化, 及早掌握病情进展及用药情况, 同时在诊治过程中, 善于开导、鼓励患者, 避免负面情绪产生。

## 参考文献

- [1] 新型冠状病毒感染诊疗方案(试行第十版) [J]. 心肺血管病杂志, 2023, 42(1): 1-8.
- [2] 罗晓君, 章文贤. 冠状病毒的结构及生物学特性概述[J]. 生物学教学, 2020, 45(7): 4-6.
- [3] Desingu, P.A., Nagarajan, K. and Dhama, K. (2022) Emergence of Omicron Third Lineage BA.3 and Its Importance. *Journal of Medical Virology*, **94**, 1808-1810. <https://doi.org/10.1002/jmv.27601>
- [4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会宣传司. 国务院联防联控机制 2022 年 4 月 28 日新闻发布会文字实录 [EB/OL]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/s3574/202204/34ce2f4566844cee9c0b2f0a5afb6f7.shtml>, 2022-04-28.
- [5] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 关于新型冠状病毒肺炎更名为新型冠状病毒感染的公告 公告 2022 年第 7 号[J]. 中国医药, 2023, 18(1): 5.
- [6] Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., et al. (2020) A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *New England Journal of Medicine*, **382**, 727-733. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001017>
- [7] 魏星. 新型冠状病毒及其感染的疾病名称[J]. 中国科技术语, 2020, 22(1): 60.
- [8] 赛岱安. 新型冠状病毒及新冠肺炎英文名确定[J]. 中国科技翻译, 2020, 33(1): 55+24+36. <https://doi.org/10.16024/j.cnki.issn1002-0489.2020.01.018>
- [9] 周焯真, 张世豪, 陈嘉仪, 等. 新型冠状病毒 SARS-CoV-2 的变异和进化分析[J]. 南方医科大学学报, 2020, 40(2): 152-158.
- [10] 国家卫生健康委员会官方网站. 国家卫生健康委关于修订新型冠状病毒肺炎英文名命名事宜的通知[EB/OL]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/zhengcwj/202002/6ed7614bc35244cab117d5a03c2b4861.shtml>, 2020-02-22.
- [11] 李雷, 彭伟雪, 张洁, 等. 新型冠状病毒对心血管系统影响的研究进展[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2022, 29(1): 106-113.
- [12] Li, J.-W., Han, T.-W., Woodward, M., et al. (2020) The Impact of 2019 Novel Coronavirus on Heart Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Progress in Cardiovascular Diseases*, **63**, 518-524. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2020.04.008>
- [13] Zhou, B., She, J., Wang, Y. and Ma, X. (2020) The Clinical Characteristics of Myocardial Injury in Severe and Very Severe Patients with 2019 Novel Coronavirus Disease. *Journal of Infection*, **81**, 147-178. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.03.021>
- [14] Guo, T., Fan, Y., Chen, M., et al. (2020) Cardiovascular Implications of Fatal Outcomes of Patients with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiology*, **5**, 811-818. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.1017>
- [15] 周灵, 刘辉国. 新型冠状病毒肺炎患者的早期识别和病情评估[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2020(3): 167-170.
- [16] Wang, D., Hu, B., Hu, C., et al. (2020) Clinical Characteristics of 138 Hospitalized Patients with 2019 Novel Coronavirus-Infected Pneumonia in Wuhan, China. *JAMA*, **323**, 1061-1069. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.1585>
- [17] Bhatla, A., Mayer, M.M., Adusumalli, S., et al. (2020) COVID-19 and Cardiac Arrhythmias. *Heart Rhythm*, **17**, 1439-1444. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2020.06.016>
- [18] Wu, C.-I., Postema, P.G., Arbelo, E., et al. (2020) SARS-CoV-2, COVID-19, and Inherited Arrhythmia Syndromes. *Heart Rhythm*, **17**, 1456-1462. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2020.03.024>
- [19] Bonow, R.O., Fonarow, G.C., O'Gara, P.T. and Yancy, C.W. (2020) Association of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) with Myocardial Injury and Mortality. *JAMA Cardiology*, **5**, 751-753. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.1105>
- [20] Xu, Z., Shi, L., Wang, Y., et al. (2020) Pathological Findings of COVID-19 Associated with Acute Respiratory Distress Syndrome. *The Lancet Respiratory Medicine*, **8**, 420-422. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30076-X](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30076-X)
- [21] Inciardi, R.M., Lupi, L., Zaccone, G., et al. (2020) Cardiac Involvement in a Patient with Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *JAMA Cardiology*, **5**, 819-824. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.1096>
- [22] Hua, A., O'Gallagher, K., Sado, D. and Byrne, J. (2020) Life-Threatening Cardiac Tamponade Complicating Myo-Peri-

- carditis in COVID-19. *European Heart Journal*, **41**, 2130. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa253>
- [23] Minhas, A.S., Scheel, P., Garibaldi, B., *et al.* (2020) Takotsubo Syndrome in the Setting of COVID-19. *JACC: Case Reports*, **2**, 1321-1325. <https://doi.org/10.1016/j.jaccas.2020.04.023>
- [24] Chadha, S. (2020) 'COVID-19 Pandemic' Anxiety-Induced Takotsubo Cardiomyopathy. *QJM: An International Journal of Medicine*, **113**, 488-490. <https://doi.org/10.1093/qjmed/hcaa135>
- [25] Zhou, F., Yu, T., Du, R., *et al.* (2020) Clinical Course and Risk Factors for Mortality of Adult Inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: A Retrospective Cohort Study. *Lancet*, **395**, 1054-1062. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30566-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30566-3)
- [26] Chen, T., Wu, D., Chen, H., *et al.* (2020) Clinical Characteristics of 113 Deceased Patients with Coronavirus Disease 2019: Retrospective Study. *BMJ*, **368**, Article No. m1091. <https://doi.org/10.1136/bmj.m1091>
- [27] Rey, J.R., Caro-Codón, J., Rosillo, S.O., *et al.* (2020) Heart Failure in COVID-19 Patients: Prevalence, Incidence and Prognostic Implications. *European Journal of Heart Failure*, **22**, 2205-2215. <https://doi.org/10.1002/ejhf.1990>
- [28] Guzik, T.J., Mohiddin, S.A., Dimarco, A., *et al.* (2020) COVID-19 and the Cardiovascular System: Implications for Risk Assessment, Diagnosis, and Treatment Options. *Cardiovascular Research*, **116**, 1666-1687. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvaa106>
- [29] Bangalore, S., Sharma, A., Slotwiner, A., *et al.* (2020) ST-Segment Elevation in Patients with Covid-19—A Case Series. *New England Journal of Medicine*, **382**, 2478-2480. <https://doi.org/10.1056/NEJMc2009020>
- [30] Stefanini, G.G., Montorfano, M., Trabattoni, D., *et al.* (2020) ST-Elevation Myocardial Infarction in Patients with COVID-19: Clinical and Angiographic Outcomes. *Circulation*, **141**, 2113-2116. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047525>
- [31] Tam, C.-C.F., Cheung, K.-S., Lam, S., *et al.* (2021) Impact of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak on Outcome of Myocardial Infarction in Hong Kong, China. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **97**, E194-E197. <https://doi.org/10.1002/ccd.28943>
- [32] Zhu, H., Rhee, J.-W., Cheng, P., *et al.* (2020) Correction to: Cardiovascular Complications in Patients with COVID-19: Consequences of Viral Toxicities and Host Immune Response. *Current Cardiology Reports*, **22**, Article No. 36. <https://doi.org/10.1007/s11886-020-01302-4>