

2019 新型冠状病毒传播途径分析与思考

原静民, 任 徽, 孙 妍, 王 轲, 陈明伟

(西安交通大学第一附属医院呼吸与危重症医学科;

陕西省呼吸病预防及诊治工程研究中心, 陕西西安 710061)

摘 要: 2019 新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 于去年 12 月开始在湖北武汉市爆发, 之后迅速在中国乃至世界传播, 给世界各国人民的生命安全和健康带来重大伤害。疫情的极速发展让各界学者对该病毒的传播途径进行广泛的研究, 目前认为经呼吸道飞沫和密切接触传播是主要传播途径, 也有学者提到可能通过气溶胶传播、粪口传播、尿液接触传播、结膜传播、母婴垂直传播等途径进行传播, 但至今仍有很多争议。本文结合目前最新研究和报道对新型冠状病毒 (SARS-COV-2) 的传播途径进行了分析, 系统分析了上述途径的理论性及现实生活中实际存在的可能性, 为今后传染病播散途径的研究和临床判断提供帮助。

关键词: 新型冠状病毒; 肺炎; 感染; 传播途径

中图分类号: R511 文献标志码: A

Analysis and reflection on the transmission routes of SARS-COV-2

YUAN Jingmin, REN Hui, SUN Yan, WANG Ke, CHEN Mingwei

(Department of Respiratory and Critical Care Medicine, The First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University; Shaanxi Provincial Research Center for Respiratory Disease Prevention and Treatment Engineering, Xi'an 710061, China)

收稿日期: 2020-03-03 修回日期: 2020-03-11

基金资助: 科技部重大专项 (子课题) (2017ZX10103004-010), 西安市科技计划项目 [20200003YX003 (3)]

Supported by the subproject of National Science and Technology Major Project of the Ministry of Science and Technology of China (2017ZX10103004-010) and Xi'an Science and Technology Plan Project [20200003YX003 (3)]

通信作者: 陈明伟, 教授, 主任医师, 博士生导师. E-mail: chenmingwei@xjtu.edu.cn

ABSTRACT: The novel coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak occurred in December last year in Wuhan city and then spread quickly to the whole country and even in the world, causing great harm to people. The rapid progression of this epidemic makes scholars in various fields conduct research on the transmission of the Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-COV-2). So far, the widely accepted routes are droplets and close contact. Controversially, some researchers believe that other routes include aerosol diffusion, fecal-oral transmission, contacting urine, conjunctival infection, and mother-to-infant transmission may also infect people. In this article, combining the newest research and reports, the authors systematically analyzed the theoretical possibility and real-life probability of the transmission routes of the virus in order to help with the research and clinical judgment of the spread of infectious diseases in the future.

KEY WORDS: SARS-COV-2; pneumonia; infection; transmission route

国家卫生健康委员会于2020年2月18日印发了《新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第六版)》^[1],文中关于2019新型冠状病毒(SARS-COV-2)传播途径这样描述:“经呼吸道飞沫和密切接触传播是主要传播途径。在相对封闭的环境中长时间暴露于高浓度气溶胶情况下存在经气溶胶传播的可能。”这说明SARS-CoV-2传播途径主要经呼吸道飞沫和密切接触传播,其他途径尚未完全明确。目前有媒体提到的气溶胶传播、粪口传播、尿液接触传播、结膜传播、母婴垂直传播等途径仍未完全证实,我们对尚有争议的几种传播途径的相关案例及报道进行总结及分析如下。

1 气溶胶传播

气溶胶(aerosol)是气体介质中加入固态或液态粒子而形成的分散体系,这种分散体系包含分散相(被悬浮的微粒物)和分散介质(气体),并有特定的运动规律,即气溶胶是两者统一体^[2]。气溶胶可自然产生,如云、雾以及飘散在空气中的灰尘,也可由人的日常活动产生,如说话、呼吸、咳嗽、吐痰、呕吐、大小便(水冲洗)等。医疗工作环境中气溶胶也比较常见,如齿科操作、雾化吸入、气管插管以及医务人员接触血液、尿液、粪便等样本时,也可能产生气溶胶。

气溶胶传播是指飞沫在空气悬浮过程中失去水分而剩下的蛋白质和病原体组成的核,形成飞沫核,可以通过气体介质分散从而形成气溶胶的形式漂浮至远处,造成远距离的传播^[3]。SARS-COV-2通过气溶胶传播造成人体感染需要具备一定的条件,如密闭的空间、暴露较长时间、

高浓度病毒。气溶胶的颗粒以 $50\ \mu\text{m}$ 以上的最多,一般医用口罩即可阻拦。一些半径小于 $0.1\ \mu\text{m}$ 、重量轻的微粒,主要分布在高空,容易随风飘走,人吸入的可能性较小。通过气溶胶形式悬停在衣物、皮肤的病毒,只有极微小的比例会通过手部触摸,进入眼口鼻,致病的可能性不高。另外,病毒离开生物后存活的时间极其有限,只有空气中含有足够大量的病原体时,才可能导致感染。所以,在较空旷的环境下,SARS-COV-2 通过气溶胶传播导致人体感染的概率不高。但是在特殊环境下,例如,医院病房和发热门诊,以及病毒检测实验室、实验中心等,病毒排放源在这些封闭或半封闭的区域很难被稀释,浓度很高,所以,这些环境中的易感宿主被感染的可能性较大。JAMA 杂志于 2 月 7 日发表的一篇文章显示,138 名 2019 新型冠状病毒肺炎(COVID-19)病例中,40 名医务人员和 17 名住院患者受到医院相关感染^[4]。尽管如作者所述,“尚无法确切证实,这仅是根据暴露于感染患者的时间和方式以及随后感染的发展情况而被怀疑和推测”,但是这也从某种程度上说明病毒存在通过气溶胶传播的可能性。

目前还没有确凿的直接证据表明 SARS-COV-2 可通过气溶胶传播,但是先前的研究已报道了气溶胶在病毒传播中的作用。例如,从 20 世纪 90 年代美国实施的“气溶胶感染计划”开始,到 2003 年我国非典型肺炎(SARS)的爆发,气溶胶在疾病传播中的媒介作用受到了公众的广泛关注。2012 年,荷兰学者发现,高致病性禽流感 A/H5N1 病毒可通过空气气溶胶传播^[5];中东呼吸综合征(middle east respiratory syndrome, MERS)在流行中也发现空气气溶胶的身影。另外,空气气溶胶传播也是甲型流感等呼吸系统传染病的重要传播途径^[6]。

值得注意的是,以上结论是基于常理推论和间接佐证,正如第六版诊疗方案中所写:“在相对封闭的环境中长时间暴露于高浓度气溶胶情况下存在经气溶胶传播的可能”,目前有关 SARS-COV-2 气溶胶传播的直接证据尚未见报道。另外,如上所述,与 SARS-COV-2 非常相似的 SARS 病毒(SARS-CoV)已被证实存在气溶胶传播的途径。因此,亟待未来更多的证据来确证 SARS-COV-2 通过气溶胶传播的可能性。

2 粪口传播

粪口传播是指病原微生物通过大便排出体外污染环境,然后通过呼吸道或消化道导致人群感染。COVID-19 患者主要以发热、干咳、乏力为主要表现,但一些患者出现消化道症状。在武汉的早期报道中,2%~10%的 SARS-COV-2 患者出现消化道症状,如腹泻、腹痛和呕吐。重症监护病房的患者中有腹部疼痛的发生率高于不需要监护的病房,并且有 10%的患者在发烧和呼吸道症状出现前 1~2 天出现腹泻和恶心^[4,7]。该病毒是否通过粪口传播受到广泛关注。

2020 年 1 月 31 日, Biorxiv 发表文章认为,消化系统可能也是 SARS-COV-2 的潜在感染途

径^[8]。与 SARS-CoV 相同, SARS-COV-2 通过细胞受体血管紧张素转化酶 II (ACE2) 进入宿主细胞。作者通过公开的数据库(GEO, Single Cell Portal, Human Cell Atlas Data Portal)分析了 4 个具有肺、食道、胃、回肠和结肠单细胞转录组,发现 ACE2 在回肠和结肠的吸收性肠上皮细胞中也高表达。作者推测 SARS-COV-2 感染的腹泻可能与病毒侵袭表达 ACE2 的肠上皮细胞有关。2020 年 2 月 1 日,深圳市第三人民医院从一些新型冠状病毒感染的肺炎确诊患者的粪便中检测出 SARS-COV-2 核酸阳性,提示粪便中很有可能有活病毒存在。2020 年 2 月 13 日,广州医科大学呼吸疾病国家重点实验室等单位从一例患者的粪便拭子标本中分离到一株 SARS-COV-2 病毒,通过多种细胞系接种样本并传代,最终从 Vero E6 细胞中成功分离出 SARS-COV-2 毒株。与此同时,浙江大学传染病诊治国家重点实验室李兰娟团队也同样从患者粪便样本中分离到病毒^[9]。与之相似的是,有相关文献报道,在美国一位患者的粪便中也检测到 SARS-COV-2 的 RNA^[10]。虽尚未明确,但医学界对该病毒是否通过粪口传播的研究取得一定的进展。

有研究从病毒存活环境的角度进行了分析^[11]。文章认为,现有数据支持 SARS-CoV 和 MERS-CoV 可存活环境能促进其粪口传播的观点。在北京的两家治疗 SARS 患者医院的污水中发现了 SARS-CoV 的 RNA。当在另一项实验中将 SARS-CoV 接种到从医院获得的污水中时,发现该病毒在 4℃ 条件下 14d 内仍具有传染性,但在 20℃ 下仅持续 2d, SARS-CoV 干燥后最多可存活 2 周,在 22~25℃ 和 40%~50% 的相对湿度下仍可存活 5d,此后病毒感染力逐渐降低。SARS-CoV 的生存力在 38℃ 和 80%~90% 相对湿度下 24h 后下降。MERS-CoV 在低温、低湿度条件下是可生存的,尽管在 30℃ 和 80% 相对湿度条件下只可存活到 8h,其可在 20℃ 和 40% 相对湿度下在不同表面上存活 48h。对于 SARS-COV-2,目前尚没有存活力数据,尽管直接飞沫传播是重要的传播途径,但考虑到 SARS-CoV 和 MERS-CoV 的粪便排泄的证据,以及它们在有利于粪口传播的条件下保持生存的能力,SARS-COV-2 也存在通过粪口传播的可能性,粪便排泄、相关污染物及环境污染可能会导致病毒传播。

虽然截至目前还没有充分的证据,但结合香港同一建筑发生 2 名 COVID-19 患者可能是与下水道的污染相关,居民要更加重视个人和家庭的清洁,避免聚集性社交活动,便后勤洗手,注意下水道的通畅,以避免有可能出现的粪便病毒的传播。医务人员在处理患者的粪便时,必须采取严格的防护措施,重视手部卫生,对医院的污水要进行必要的消毒。研究者应关注病毒生存条件并进行研究,以确定病毒在不同生存环境下存活能力及传播能力。此外需要调查粪便中 SARS-COV-2 的 RNA 的浓度与疾病的严重程度的相关性,以及与胃肠道症状的相关性。同

时需研究是否可以在 SARS-COV-2 的潜伏期或恢复期在粪便中检测到其 RNA。

3 尿液接触传播

SARS-COV-2 是否可以通过尿液接触传播目前尚未明确。2020 年 2 月 12 日, Medrxiv 预印版发表文章提出, 在临床工作期间应加强对 COVID-19 患者进行泌尿系统相关观察及肾功能评估。文章中通过收集公开数据分析了 ACE2 在不同人体器官中的表达, 结果显示, ACE2 在睾丸的肾小管细胞、Leydig 细胞和生精管细胞中高表达, SARS-COV-2 可直接与这些细胞作用, 损害患者的肾脏和睾丸组织^[12]。2020 年 2 月 22 日, 呼吸疾病国家重点实验室对外发布, 从一例 COVID-19 患者的尿液标本中分离到 SARS-COV-2 病毒^[13]。研究团队应用 Vero E6 细胞成功分离出 SARS-COV-2 毒株, 并已完成病毒的全基因组测序及病毒学鉴定工作。

从尿液中分离到病毒证实了患者的尿液中存在活病毒, 虽然还未证实具体的传播方式, 但这项结果具有广泛的疫情防控意义。公共厕所中的小便器一般是水冲式, 有研究指出, 尽管冲水能够减少小便器水内的微生物数量, 但仍然会有大量微生物附着在小便器 S 形弯及侧壁上, 并有可能使病毒以气溶胶传播方式播散至空气中。因此, 感染者通过使用小便器产生病原微生物气溶胶这一传播途径可能具有一定的公共健康危害。结合上文所提到的气溶胶传播途径以及粪便中成功分离出病毒报道, 在疫情爆发期间, 应加强各种人群聚集场所的卫生间通风、清洁、消毒等管理, 同时避免直接接触患者尿液, 进行相关操作后要切实做好手卫生。此外, 居民在家中要经常通风, 便后冲洗马桶时要最好先盖上盖子, 同时注意下水道通畅。

4 结膜传播

病毒感染人体首先需要找到黏膜细胞, 如果带有病毒的飞沫或者物体与眼接触, 就可能会造成感染。对于 SARS-COV-2, 一些研究表明, 近距离接触者之间正在发生人与人之间的传播。据报道, 有超过 1700 名医务人员感染 SARS-COV-2, 其中包括眼科医生在内的 6 例死亡。2020 年 2 月 6 日, Lancet 在线发表通讯论文, 认为目前绝大多数医疗工作者都在专注于呼吸道传染途径, 呼吁通过眼睛结膜的传播方式也不能被忽略^[14]。文章中介绍到 1 位赴武汉专家组成员确诊为 COVID-19, 其在武汉工作期间仅佩戴 N95 口罩, 没有对眼部进行任何防护, 后以结膜充血为首发症状被确诊为 COVID-19。这提示除了直接的呼吸道传播途径, SARS-COV-2 很可能通过眼睛暴露途径感染病毒, 病毒通过结膜的传播方式不能被忽略。

传染性飞沫和体液很容易污染人眼表结膜上皮。SARS-COV-2 与 SARS-CoV 同属于冠状病毒, 以往有研究揭示 SARS-CoV 能够在患者结膜囊中检出^[15], 在感染患者中引起眼部并发症,

进而导致呼吸道感染。SARS-CoV 甚至 MERS-CoV 可能会脱落并转移到环境表面^[16], 严重的 SARS 患者可以通过眼、口或鼻黏膜接触, 进而直接或间接传播。黏膜暴露和缺少眼部防护会增加 SARS-CoV 传播的风险, 这表明未保护的眼睛暴露于含有 SARS-COV-2 的环境中也有可能引起感染。

对于通过感染结膜的传播途径, 也有学者发出不同的声音。Medrxiv 预印版平台发表论文^[17], 认为 SARS-COV-2 通过结膜人际传播尚缺乏证据, 较好的临床防护可以有效地切断传播途径。文章研究了气雾剂与结膜接触传播 SARS-COV-2 的可能性, 纳入了 67 例确诊或疑似 COVID-19 病例, 收集鼻咽和结膜拭子进行实时 RT-PCR 检测 SARS-COV-2。结果显示, 63 名患者被确认为实验室确诊的 COVID-19, 其余 4 名被怀疑为 COVID-19, 1 名患者的结膜拭子样本获得阳性 PCR 结果, 2 名患者获得可能为阳性 PCR 结果, 3 名患者均无眼部症状, 仅有的以结膜炎为首发症状的 COVID-19 患者的结膜囊 SARS-COV-2 测试阴性。4 个疑似 COVID-19 病例的结膜拭子样本均为阴性。该文章得出结论: COVID-19 患者结膜囊中可检测到 SARS-COV-2, 但通过临床分析, 该数据暂不支持通过结膜途径的病毒传播, 良好的临床保护可以有效地切断传播途径。

从感染机制来看, 病毒通过结膜传播需要判断人的结膜囊上皮细胞是否存在能与 SARS-COV-2 结合的特异结合蛋白位点。病毒可从呼吸道进入进而感染人体是由于呼吸道的细胞表面受体能与病毒表面的病毒结合蛋白进行特异性结合, 尽管眼结膜与鼻腔黏膜、呼吸道黏膜有一定的相似性, 但它们并不完全一样, 所以需要通过动物实验和体外实验来证明是否有易受感染和结合的蛋白位点。在现有证据及认知情况下, 疫情爆发期间应加强医务人员自身防护, 注重对眼部的保护。当怀疑有该病毒时, 应佩戴护目镜或面部防护罩 (面罩), 不要触摸任何黏膜 (眼、口、鼻)。眼科医生做检查时眼睛较靠近患者的口和鼻, 并且可能接触到含有这种病毒的眼泪中, 所以需要严格遵照相关操作规范, 做好防护^[18]。此外, 进一步研究是否可以在眼泪和结膜刮擦中发现 SARS-COV-2, 将为有价值的疾病预防策略提供参考。

5 母婴传播

母婴传播, 也称垂直传播或围生期传播。指在围生期病原体通过胎盘、产道或哺乳由亲代传播给传给子代的方式。垂直传播病原体以病毒多见, 是病毒感染的特点之一, 很多病毒都可通过垂直方式由母体传染给胎(婴)儿, 如风疹病毒、巨细胞病毒、乙型肝炎病毒、HIV 等, 引起死胎、流产、早产或先天畸形。存在于产道的病毒, 在分娩时可能引起新生儿感染。

2020 年 2 月 5 日, 武汉确诊两例新生儿 COVID-19 病例, 最小的新生儿出生仅 30h, 其母

亲为 COVID-19 确诊患者。研究人员怀疑 SARS-COV-2 可以通过母婴途径垂直传播,但需要进一步证明。2020 年 2 月 12 日,有研究回顾了 9 名 COVID-19 产妇和新生儿的情况,分析是否存在母婴传播可能性。产妇年龄在 26~40 岁之间,孕周均大于 36 周,最大为 39⁺⁴ 周,经核酸检测确诊为 COVID-19^[19]。截至 2020 年 2 月 4 日,9 名孕妇均已通过剖宫产方式顺利产子,均无严重的基础疾病且未进展为重症肺炎。所有 9 名活产儿的 1min Apgar 得分为 8~9 分,5min Apgar 得分为 9~10 分,未出现新生儿严重窒息等不良结局。由于 1 名孕妇产子后确诊,另有 2 名孕妇夜间手术,无法立刻取样。在剖宫产手术室内,医务人员收集并检测了 6 名孕妇的羊水、脐带血、母乳样本和新生儿的咽拭子样本进行分析。结果显示,6 名孕妇样本的 SARS-COV-2 核酸检测结果均为阴性,这说明目前还不存在 SARS-COV-2 可通过母婴途径传播的证据。鉴于文章只分析了 9 名孕妇的情况,样本量有限,对于母婴传播和 COVID-19 在孕妇中的疾病过程,目前并不能太过乐观。在现实生活中,应加强对孕妇的防护,减少与他人接触,降低感染风险;对已感染的产妇,应结合临床积极预防、监测新生儿感染,并分析可能导致感染的途径,加以防护。

总而言之,截至目前 SARS-COV-2 的传播途径尚未完全明确,当前公认的是主要通过飞沫传播和密切接触传播,其他传播方式及其条件尚无直接证据证实。基于相关病例的出现,不排除其他传播途径的可能性,相关的保护措施及关注度不可降低,同时需开展相关传播方式研究的动物实验,以及分析人体各种分泌物是否存在该病毒,尽早获得直接证据,为疫情防控提供科学保证。

参考文献:

[1] 国家卫生健康委办公厅,国家中医药管理局办公室.关于印发新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第六版)的通知[EB/OL].(2020-02-19)[2020-02-19].

<http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7653p/202002/8334a8326dd94d329df351d7da8aefc2.shtml>.

General Office of the National Health Commission, Office of State Administration of Traditional Chinese Medicine. Notice on the novel coronavirus infection diagnosis and treatment plan (trial version sixth)[EB/OL].(2020-02-19)[2020-02-19].

<http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s7653p/202002/8334a8326dd94d329df351d7da8aefc2.shtml>

[2] 温昊峰.气溶胶力学及应用[M].北京:冶金工业出版社,2018:1.

WEN HF. Aerosol mechanics and its applications[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2018: 1.

- [3] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 什么是气溶胶传播?[EB/OL]. (2020-02-08)[2020-02-19]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/nwwd/202002/bb0df3a58cf643aaba47af0ebed98401.shtml?from=singlemessage>.
National Health Commission of China. What is aerosol transmission?[EB/OL]. (2020-02-08)[2020-02-19].<http://www.nhc.gov.cn/xcs/nwwd/202002/bb0df3a58cf643aaba47af0ebed98401.shtml?from=singlemessage>
- [4] WANG DW, HU B, HU C, et al. Clinical characteristics of 138 hospitalized patients with 2019 novel coronavirus–infected pneumonia in Wuhan, China[J]. JAMA. Published online February 07, 2020. doi:10.1001/jama.2020.1585.
- [5] FOUCHIER RA, HERFST S, OSTERHAUS AD. Restricted data on influenza H5N1 virus transmission[J]. Science, 2012, 335(6069):662-663.
- [6] 刘汝青. 新型冠状病毒通过气溶胶（空气）传播？证据仍需进一步明确[EB/OL]. (2020-02-11)[2020-02-19]. <http://gdsta.cn/Item/30178.aspx>.
LIU, RQ. Is the novel coronavirus virus transmitted by aerosols (air)? The evidence needs further clarification[EB/OL]. (2020-02-11)[2020-02-19].<http://gdsta.cn/Item/30178.aspx>
- [7] CHEN NS, ZHOU M, DONG X, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: A descriptive study[J]. The Lancet, 2020, 395(10223):507-513.
- [8] ZHANG H, KANG Z, GONG H, et al. The digestive system is a potential route of 2019-nCov infection: A bioinformatics analysis based on single-cell transcriptomes[Z]. Biorxiv, 2020, <https://doi.org/10.1101/2020.01.30.927806>.
- [9] 新华每日电讯. 钟南山、李兰娟团队：从患者粪便中分离出病毒[EB/OL]. (2020-02-14)[2020-02-14]. http://www.xinhuanet.com/mrdx/2020-02/14/c_1210474176.htm.
XINHUA DAILY TELEGRARPH. Zhong Nanshan and Li Lanjuan team isolated the virus from the patients' feces [EB/OL]. (2020-02-14)[2020-02-14].http://www.xinhuanet.com/mrdx/2020-02/14/c_1210474176.htm
- [10] HOLSHUE ML, DEBOLT C, LINDQUIST S, et al. First case of 2019 novel coronavirus in the United States[J]. N Engl J Med, 2020, Jan 30. doi: 10.1056/NEJMoa2001191.
- [11] YEO C, KAUSHAL S, YEO D. Enteric involvement of coronaviruses: is faecal–oral transmission of SARS-CoV-2 possible?[Z]. 2020, February 19.

doi:[https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(20\)30048-0](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(20)30048-0)

- [12] FAN C, LI K, DING Y, et al. ACE2 expression in kidney and testis may cause kidney and testis damage after 2019-nCoV infection[Z]. 2020, February 13. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.02.12.20022418>
- [13] 广州日报. 钟南山团队回应: 从尿液中分离出新冠病毒, 要更加重视个人和家庭的清洁![EB/OL]. <https://www.gzdaily.cn/amucsite/web/index.html#/detail/1170150>.
GUANGZHOU DAILY. Zhong Nanshan's team responded: Because of the virus isolated from urine, more attention should be paid to the cleanliness of individuals and families.[EB/OL]. <https://www.gzdaily.cn/amucsite/web/index.html#/detail/1170150>
- [14] LU C, LIU X, JIA Z. 2019-nCoV transmission through the ocular surface must not be ignored[Z]. 2020, February 06. doi:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\):30313-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20):30313-5)
- [15] LOON S, TEOH SCB, OON LLE, et al. The severe acute respiratory syndrome coronavirus in tears[J]. Br J Ophthalmol, 2004, 88(7):861.
- [16] OTTER JA, DONSKEY C, YEZLI S, et al. Transmission of SARS and MERS coronaviruses and influenza virus in healthcare settings: The possible role of dry surface contamination[J]. J Hosp Infect, 2015, 92(3):235-250.
- [17] MIZUMOTO K, KAGAYA K, CHOWELL G. Early epidemiological assessment of the transmission potential and virulence of 2019 novel coronavirus in Wuhan City: China, 2019-2020[Z]. 2020, February 13. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.02.12.20022434>
- [18] LI JO, LAM DSC, CHEN Y, et al. Novel Coronavirus disease 2019 (COVID-19): The importance of recognising possible early ocular manifestation and using protective eyewear[J]. Br J Ophthalmol, 2020, 104(3):297.
- [19] CHEN HJ, GUO J, WANG C, et al. Clinical characteristics and intrauterine vertical transmission potential of COVID-19 infection in nine pregnant women: A retrospective review of medical records[J]. The Lancet, 2020, 395(10226):809-815.

(编辑 卓选鹏)