

从 SARS、MERS 到 COVID-19 看母婴垂直传播的可能性

罗芳 综述 杜立中 审校

(国家儿童健康与疾病临床医学研究中心 / 国家儿童区域医疗中心 /
浙江大学医学院附属儿童医院, 浙江 杭州 310052)

[摘要] 评估孕妇感染严重急性呼吸综合征冠状病毒 2 (SARS-CoV-2) 对新生儿 2019 冠状病毒病发病的潜在影响, 探讨 SARS-CoV-2 母婴垂直传播的可能性。该文根据目前已经发表的相关文献和官方网站信息, 分析总结了 SARS、MERS 期间及 COVID-19 暴发后报道的孕妇感染相关病毒后所分娩的新生儿病例的临床表现和实验室检查。从目前证据尚不足以得出 COVID-19 母婴垂直传播的结论, 需累积更多的病例进一步评估。

[中国当代儿科杂志, 2020, 22(9): 1043-1046]

[关键词] 冠状病毒; 严重急性呼吸综合征; 中东呼吸综合征; 严重急性呼吸综合征冠状病毒 2; 2019 冠状病毒病; 垂直传播; 新生儿

Possibility of mother-to-child vertical transmission of coronavirus infection from the perspectives of severe acute respiratory syndrome, Middle East respiratory syndrome, and coronavirus disease 2019

LUO Fang, DU Li-Zhong. National Clinical Research Center for Child Health/National Children's Regional Medical Center/Children's Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310052, China (Email: 6305005@zju.edu.cn)

Abstract: This article evaluates the potential influence of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) infection in pregnant women on the development of coronavirus disease 2019 in neonates and discusses the possibility of mother-to-child vertical transmission of SARS-CoV-2. With reference to related articles published up to now and the information on official websites, a retrospective review was performed for the clinical manifestations and laboratory examination results of the neonates born to the mothers with infection during pregnancy during the epidemics of severe acute respiratory syndrome and Middle East respiratory syndrome and after the outbreak of SARS-CoV-2 infection since December 2019. Based on the limited data, there is no conclusive evidence for mother-to-child vertical transmission of coronavirus disease 2019, and more cases need to be collected for further evaluation.

[Chin J Contemp Pediatr, 2020, 22(9): 1043-1046]

Key words: Coronavirus; Severe acute respiratory syndrome; Middle East respiratory syndrome; Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2; Coronavirus disease 2019; Vertical transmission; Neonate

严重急性呼吸综合征冠状病毒 2 (severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2) 席卷全球, 截至 2020 年 4 月 24 日, 全球累计 2019 冠状病毒病 (corona virus disease 2019, COVID-19) 确诊病例 264 万, 死亡病例达 18 万。老年、儿

童、孕妇等特殊人群均被波及。据英国《太阳报》2020 年 3 月 13 日报道, 英国 1 名孕妇因疑似 COVID-19 在伦敦某医院接受检测并于当日分娩后确诊 COVID-19, 所分娩的新生儿于出生数分钟后确诊 COVID-19, 该新生儿被认为是全世界年

[收稿日期] 2020-05-01; **[接受日期]** 2020-07-20

[基金项目] 浙江大学新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 应急科研专项。

[作者简介] 罗芳, 女, 博士, 副主任医师。Email: 6305005@zju.edu.cn。

龄最小感染者^[1]。冠状病毒为具有包膜的球形正链 RNA 病毒, 主要导致呼吸道和胃肠道疾病, 共 4 个属, 分别为 Alpha、Beta、Delta 和 Gamma^[2-4]。加上新发现的 SARS-CoV-2, 目前共有 7 种冠状病毒可导致人类感染, HCoV-229E、HCoV-NL63、HCoV-OC43、HCoV-HKU1 这 4 种被称为人冠状病毒, 是儿童和成人上呼吸道感染的常见病原; 严重急性呼吸综合征冠状病毒 (severe acute respiratory syndrome coronavirus, SARS-CoV)、中东呼吸综合征冠状病毒 (Middle East respiratory syndrome coronavirrs, MERS-CoV)、SARS-CoV-2 这 3 种病毒均能导致重症肺炎, 并可引起大规模流行^[2-3,5-6]。当孕妇感染 SARS-CoV、MERS-CoV 后, 可出现严重妊娠并发症、流产、早产等不良结局^[7-8]。一些呼吸道病毒如呼吸道合胞病毒、流感病毒, 已被证实存在母婴垂直传播^[9-12]; 人冠状病毒 HCoV-229E、HCoV-OC43 也有可能存在母婴垂直传播^[13-14]。目前尚无证据证实 SARS-CoV-2 存在母婴垂直

传播, 类似于 2003 年暴发的严重急性呼吸综合征 (severe acute respiratory syndrome, SARS) 及自 2012 年以来陆续报道的中东呼吸综合征 (Middle East respiratory syndrome, MERS)。然而, 从英国《太阳报》^[1] 及近期 *JAMA*、*JAMA Pediatrics* 杂志上所发表的数例新生儿 COVID-19 病例报道^[15-17] 来看, SARS-CoV-2 可能存在母婴垂直传播。

鉴于 SARS-CoV、MERS-CoV、SARS-CoV-2 均能导致严重的下呼吸道感染, 引起大规模流行造成重大公共卫生威胁, 加之孕妇和婴儿群体感染的特殊性和重要性, 本文根据目前已经发表的相关文献和官方网站信息, 回顾性分析总结 SARS、MERS 期间及 COVID-19 暴发后报道的孕妇感染相关病毒后所分娩的新生儿病例的临床表现和实验室检查 (表 1), 探讨 SARS-CoV-2 母婴垂直传播的可能性, 评估孕妇感染 SARS-CoV-2 对新生儿 COVID-19 发病的潜在影响。

表 1 孕妇感染 SARS-CoV、MERS-CoV、SARS-CoV-2 对新生儿结局的影响情况

疾病	影响
SARS	全球确诊病例 8000 余例, 其中报道的妊娠感染 100 例 ^[18] , 新生儿或胎儿的结局有死胎、死产、早产等。存活新生儿有新生儿呼吸窘迫综合征、新生儿坏死性小肠结肠炎、宫内生长发育迟缓等并发症 ^[19-22] 。已报道新生儿病例的 SARS-CoV 核酸 (脐血 / 咽拭子 / 粪便 / 羊水 / 母乳) 或 SARS-CoV 抗体 (脐血 / 血清 / 全血 / 胎盘 / 母乳) 或急性期和恢复期的双份血清抗体效价检验均为阴性, 病毒培养也为阴性 ^[23-24] , 无母婴垂直传播依据。
MERS	全球报道确诊病例 2400 余例, 其中孕妇 11 例, 新生儿或胎儿的结局有死胎、死产、早产 ^[25] 。存活新生儿无严重呼吸窘迫的表现, 已报道的 11 例新生儿中存活 8 例, 记录到 3 例 MERS-CoV 核酸阴性, 1 例血清 MERS-CoV 抗体阴性 ^[26-28] , 无母婴垂直传播依据。
COVID-19	全球报道 COVID-19 孕妇及其所分娩的新生儿病例约 80 例 ^[15-17,29-31] , 无产妇死亡和新生儿死亡数据, 3 篇文献 ^[15-17] 报道的共 40 例新生儿病例中有 7 例 SARS-CoV-2 抗体阳性, 3 例 SARS-CoV-2 核酸阳性, 是否存在母婴垂直传播有待进一步研究。

注: [SARS] 严重急性呼吸综合征; [MERS] 中东呼吸综合征; [COVID-19] 2019 冠状病毒病; [SARS-CoV] 严重急性呼吸综合征冠状病毒; [MERS-CoV] 中东呼吸综合征冠状病毒; [SARS-CoV-2] 严重急性呼吸综合征冠状病毒 2。

1 SARS

据报道, 在 2002~2003 年 SARS 流行期间, 全球 100 例孕妇感染 SARS-CoV, SARS-CoV 感染与孕产妇严重并发症、孕产妇死亡相关^[18-22,32]。孕妇感染 SARS-CoV 后, 胎儿或新生儿结局有流产、早产、宫内生长发育迟缓 (intrauterine growth retardation, IUGR) 等, 但报道显示存活新生儿中无一感染 SARS-CoV。

Wong 等^[20] 报道, 孕早期感染 SARS-CoV 的 7 例孕妇中, 4 例自发性流产; 孕中期及孕后期感染

SARS-CoV 的 5 例孕妇中, 4 例早产。12 例孕妇共分娩 5 名新生儿, 其中足月儿 1 例, 余均为早产儿。虽然 5 名新生儿存在 IUGR、新生儿坏死性小肠结肠炎、新生儿呼吸窘迫综合征等并发症, 但均未感染 SARS-CoV。张建平等^[33] 报道, 感染 SARS-CoV 的 5 例孕妇所分娩的 5 例新生儿均未感染 SARS-CoV。Yudin 等^[34] 报道孕中期 (31 周) 感染 SARS-CoV 的 1 例孕妇, 治疗后好转并于出院 21 d 后分娩 1 名健康女婴。Maxwell 等^[35] 总结了文献报道的感染 SARS-CoV 的 7 例孕妇, 2 例 (28%) 死亡, 4 例 (57%) 需机械辅助通气, 高于未感染 SARS-

CoV、年龄相仿的孕妇的病死率(<10%)和机械辅助通气率(<20%);7例孕妇所分娩的新生儿均存活,且经证实均未感染 SARS-CoV。Robertson 等^[36]和 Schneider 等^[23]报道2例孕妇感染 SARS-CoV,其中1例于孕中期感染,经治疗后康复并于孕36周因胎膜早破和胎儿窘迫剖宫产分娩1名健康男婴,分娩时母亲血清 SARS-CoV 抗体阳性,但脐血和胎盘 SARS-CoV 抗体阴性,且新生儿脐血 SARS-CoV 核酸检测阴性。在分娩后12 d 和30 d,母乳 SARS-CoV 抗体及新生儿粪便样本的 SARS-CoV 核酸检测均为阴性。另1例孕妇于孕19周感染 SARS-CoV,治愈后在孕38周分娩1名健康婴儿,该产妇胎盘病理检查正常,血清、鼻咽拭子、直肠拭子、胎盘、脐血、羊水和母乳 SARS-CoV 核酸检测均阴性,而血清、脐血和母乳 SARS-CoV 抗体阳性。一项针对香港 SARS 流行期间围生期感染 SARS-CoV 的孕妇所分娩5例新生儿的研究显示,SARS-CoV 的 RT-PCR、病毒培养和急性期与恢复期的双份血清血抗体效价检验结果均为阴性,且5例新生儿均未出现呼吸道感染或危及生命的临床表现^[24]。

2 MERS

MERS 最初于2012年9月在沙特阿拉伯被报道,迄今确诊病例2400余例,80%来自沙特阿拉伯。MERS 进展为呼吸衰竭的速度快,病死率约34.4%^[25-37]。迄今只有少数($n=11$)与妊娠相关的病例有记录可查,关于所分娩新生儿的报道则更少。Assiri 等^[25]回顾性研究1308例感染 MERS-CoV 的病例,其中孕妇5例,均接受重症监护救治,2例孕妇于围生期死亡;5例胎儿中1例死产、1例出生后很快死亡、3例存活新生儿健康且未感染 MERS-CoV。Alserehi 等^[38]报道1例33岁 ICU 护士于孕32周感染 MERS-CoV,出现呼吸衰竭需机械辅助通气,剖宫产分娩1名早产儿,该早产儿未感染 MERS-CoV。Alfaraj 等^[26]报道2例感染 MERS-CoV 的孕妇,1例29岁于孕6周感染,1例39岁于孕24周感染,2例孕妇经治疗后 MERS-CoV 核酸检测结果转阴,所分娩的2例新生儿 MERS-CoV 核酸检测均为阴性。Malik 等^[27]报道1例32岁孕妇因肺炎收入院后出现呼吸窘迫,

剖宫产分娩1名健康新生儿。该孕妇入院第2天 MERS-CoV 核酸检测阳性,所分娩新生儿 MERS-CoV 核酸检测阴性,孕妇在分娩后不久死于呼吸衰竭。中东以外地区唯一确诊的 MERS 妊娠病例发生在韩国。Jeong 等^[28]报道1例39岁孕妇在孕晚期与确诊 MERS 患者接触后被感染,出现阴道出血和胎膜早破,经治疗孕妇完全康复,并于孕37周时分娩1名健康新生儿,该新生儿的血液 MERS-CoV IgG、IgM 和 IgA 抗体均为阴性。

3 COVID-19

关于感染 SARS-CoV-2 孕妇所分娩的新生儿是否存在垂直传播的报道最早见于2020年2月5日的媒体报道:湖北武汉市儿童医院1名新生儿于生后30 h SARS-CoV-2 核酸检测阳性,该新生儿生命体征稳定,无发热、咳嗽,但有气促、胸片异常、肝功能异常^[39]。2020年2月12日,Chen 等^[29]在 *Lancet* 在线发表“Clinical characteristics and intrauterine vertical transmission potential of COVID-19 infection in nine pregnant women: a retrospective review of medical records”,该文回顾性分析9例 COVID-19 孕妇,对其中6例新生儿的羊水、脐血、咽拭子和母乳样本进行 SARS-CoV-2 核酸检测,结果均为阴性。2020年3月17日 Schwartz^[30]回顾分析中国38例 COVID-19 孕妇及所分娩新生儿的情况,包括临床、实验室和病毒学数据,认为与 SARS 和 MERS 孕妇病例不同的是,这38例孕妇中无死亡病例;与 SARS 和 MERS 孕妇病例相似的是,所有新生儿的标本包括胎盘标本, SARS-CoV-2 核酸检测均为阴性。

但是,2020年3月26日 *JAMA* 及其子刊 *JAMA Pediatrics* 3 篇论文提示 SARS-CoV-2 可能存在母婴垂直传播^[15-17]。武汉大学人民医院 Dong 等^[15]报道1例新生儿生后2 h 检出 SARS-CoV-2 特异性抗体:IgM 和 IgG 抗体水平均高于正常值。武汉大学中南医院 Zeng 等^[16]研究显示,在严格防护下所收集的6名新生儿血液和咽拭子 SARS-CoV-2 核酸检测均为阴性且无 COVID-19 症状。但其中2例新生儿血清 SARS-CoV-2 IgM 和 IgG 偏高;3例新生儿 IgM 正常, IgG 偏高;所有新生儿细胞因子偏高。Zeng 等^[17]对母亲为 COVID-19 患者的33例新生儿

临床资料进行回顾分析,3例(9%)咽拭子和肛拭子 SARS-CoV-2 核酸检测阳性,这3例患儿存在早发型感染症状(一过性气促、发热,但胸片或肺部CT无特异性改变),均在生后第2天、第4天 SARS-CoV-2 核酸检测阳性,其中2例于生后第6天 SARS-CoV-2 核酸检测结果转阴,1例于生后第7天 SARS-CoV-2 核酸检测结果转阴。

母亲孕中期感染 COVID-19 之后经产道分娩的新生儿情况怎样?2020年4月10日,中国中医科学院与首都医科大学的团队联合报告1例在孕中期感染 SARS-CoV-2、经治疗后康复的孕妇经产道分娩1名新生儿,该新生儿的羊水、咽拭子、肛拭子的 SARS-CoV-2 核酸检测为阴性,血清 SARS-CoV-2 IgG、IgM 抗体阴性,胎盘 SARS-CoV-2N 蛋白检测阴性^[31]。

怎样看待部分新生儿在生后早期出现 SARS-CoV-2 核酸阳性及特异性抗体,尤其是 SARS-CoV-2 IgM 阳性?最早报道的出生于湖北武汉市儿童医院、生后30h SARS-CoV-2 核酸检测阳性的新生儿,当时及时获取了患儿胎盘和脐血样本, SARS-CoV-2 核酸检测阴性,认为母婴垂直传播依据不足。2020年3月26日 Zeng 等^[17]报道的33例新生儿中有3例 SARS-CoV-2 核酸检测阳性,该3例患儿虽然出现早发型感染但临床不完全支持 COVID-19 诊断,且3例患儿均在日龄2d后才出现 SARS-CoV-2 核酸检测阳性,6~7d很快转阴,不太符合自然感染后病毒核酸的消长规律,有待进一步明确。

生后早期抗体阳性,尤其是 IgM 阳性,是否一定支持母婴垂直传播?对于病原感染后抗体产生的普遍规律是:特异性 IgM 在感染后最早产生,3~10d 可在血液中检测到,2~3周达高峰后下降,多数在感染后2~3个月消失,极少数可持续6个月、甚至1年。特异性 IgG 则是在特异性 IgM 产生后1周可检测到,后逐渐升高并于6~8周达高峰;病原体清除后, IgG 抗体滴度可有所下降,但可持续数年至数十年或终身^[40]。IgM 以五聚体形式存在,检测时容易出现假阳性,因此,需要复查并同时结合 IgG 抗体滴度的动态变化才能提高诊断的特异性和准确性。在前述文献^[16-17]中,部分病例未做抗体滴度的动态随访,部分病例 IgM、IgG 滴度过快下降,且下降幅度达到50%,不支持个体感

染后抗体的生成和消长规律,尤其是 IgG 的快速下降类似于从母体获得的 IgG 抗体的自然衰减过程^[41],且这部分抗体阳性的新生儿没有 COVID-19 临床表现,同时 SARS-CoV-2 核酸检测为阴性。可见在新生儿体内发现 SARS-CoV-2 抗体,可以作为 COVID-19 母婴垂直传播的证据,但这些证据还需加强,临床资料还有待完善。除了检测方法本身的局限性(如 IgM 的假阳性率相对高),还需详细调查一些潜在的分娩因素,比如是否先兆临产、是否羊水血性、胎盘边缘是否血窦破裂、是否前置胎盘或胎盘植入等其他因素导致的 IgM 阳性,而非真正的母婴垂直传播。

综上,从目前为数不多的 COVID-19 孕妇所分娩新生儿的病例报道来看,尚不足以得出 COVID-19 母婴垂直传播的结论,需要更多的研究来了解孕期 COVID-19 的发病机制和流行病学,包括孕母感染时机、妊娠并发症、胎儿胎龄的影响及不良结局之间的关系;需要收集更多病例的羊水、胎盘、脐血及血清学等多种样本数据;需要随访患儿临床表现及实验室检查数据的动态变化等以评估 SARS-CoV-2 母婴垂直传播的情况。正如 JAMA 刊发的述评^[42]指出,艰难时期研究探索值得称赞,目前全球疫情尚未控制,母婴群体的感染风险需要高度关注。

[参 考 文 献]

- [1] 海外网. 英国一婴儿出生几分钟后确诊新冠肺炎 系全球最小感染者[EB/OL]. (2020-03-14)[2020-04-25]. <http://news.haiwainet.cn/n/2020/0314/c3541093-31742122.html>.
- [2] Hui DS. Epidemic and emerging coronaviruses (severe acute respiratory syndrome and middle east respiratory syndrome)[J]. Clin Chest Med, 2017, 38(1): 71-86.
- [3] Song Z, Xu Y, Bao L, et al. From SARS to MERS, thrusting coronaviruses into the spotlight[J]. Viruses, 2019, 11(1): 59.
- [4] Cui J, Li F, Shi ZL. Origin and evolution of pathogenic coronaviruses[J]. Nat Rev Microbiol, 2019, 17(3): 181-192.
- [5] Perlman S. Another decade, another coronavirus[J]. N Engl J Med, 2020, 382(8): 760-762.
- [6] Hui DSC, Zumla A. Severe acute respiratory syndrome: historical, epidemiologic, and clinical features[J]. Infect Dis Clin North Am, 2019, 33(4): 869-889.
- [7] Di Mascio D, Khalil A, Saccone G, et al. Outcome of coronavirus spectrum infections (SARS, MERS, COVID-19) during pregnancy: a systematic review and meta-analysis[J]. Am J Obstet Gynecol MFM, 2020, 2(2): 100107.
- [8] Schwartz DA, Graham AL. Potential maternal and infant

- outcomes from (Wuhan) coronavirus 2019-nCoV infecting pregnant women: lessons from SARS, MERS, and other human coronavirus infections[J]. *Viruses*, 2020, 12(2): 194.
- [9] Manti S, Cuppari C, Lanzafame A, et al. Detection of respiratory syncytial virus (RSV) at birth in a newborn with respiratory distress[J]. *Pediatr Pulmonol*, 2017, 52(10): E81-E84.
- [10] Piedimonte G, Walton C, Samsell L. Vertical transmission of respiratory syncytial virus modulates pre- and postnatal innervation and reactivity of rat airways[J]. *PLoS One*, 2013, 8(4): e61309.
- [11] Le TV, Phan LT, Ly KHK, et al. Fatal avian influenza A(H5N1) infection in a 36-week pregnant woman survived by her newborn in Sóc Trăng Province, Vietnam, 2012[J]. *Influenza Other Respir Viruses*, 2019, 13(3): 292-297.
- [12] Leeper C, Lutzkanin A 3rd. Infections during pregnancy[J]. *Prim Care*, 2018, 45(3): 567-586.
- [13] Gagneur A, Dirson E, Audebert S, et al. Materno-fetal transmission of human coronaviruses: a prospective pilot study[J]. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 2008, 27(9): 863-866.
- [14] Gagneur A, Dirson E, Audebert S, et al. Vertical transmission of human coronavirus. Prospective pilot study[J]. *Pathol Biol (Paris)*, 2007, 55(10): 525-530.
- [15] Dong L, Tian J, He S, et al. Possible vertical transmission of SARS-CoV-2 from an infected mother to her newborn[J]. *JAMA*, 2020, 323(18): 1846-1848.
- [16] Zeng H, Xu C, Fan J, et al. Antibodies in infants born to mothers with COVID-19 pneumonia[J]. *JAMA*, 2020, 323(18): 1848-1849.
- [17] Zeng L, Xia S, Yuan W, et al. Neonatal early-onset infection with SARS-CoV-2 in 33 neonates born to mothers with COVID-19 in Wuhan, China[J]. *JAMA Pediatr*, 2020, 174(7): 722-725.
- [18] World Health Organization. Consensus document on the epidemiology of severe acute respiratory syndrome (SARS)[EB/OL]. (2003-11)[2020-04-25]. <https://www.who.int/csr/sars/en/WHOconsensus.pdf>.
- [19] Wong SF, Chow KM, de Swiet M. Severe acute respiratory syndrome and pregnancy[J]. *BJOG*, 2003, 110(7): 641-642.
- [20] Wong SF, Chow KM, Leung TN, et al. Pregnancy and perinatal outcomes of women with severe acute respiratory syndrome[J]. *Am J Obstet Gynecol*, 2004, 191(1): 292-297.
- [21] Ng PC, So KW, Leung TF, et al. Infection control for SARS in a tertiary neonatal centre[J]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2003, 88(5): F405-F409.
- [22] Ng PC, Leung CW, Chiu WK, et al. SARS in newborns and children[J]. *Biol Neonate*, 2004, 85(4): 293-298.
- [23] Schneider E, Duncan D, Reiken M, et al. SARS in pregnancy[J]. *AWHONN Lifelines*, 2004, 8(2): 122-128.
- [24] Shek CC, Ng PC, Fung GP, et al. Infants born to mothers with severe acute respiratory syndrome[J]. *Pediatrics*, 2003, 112(4): e254.
- [25] Assiri A, Abedi GR, Al Masri M, et al. Middle east respiratory syndrome coronavirus infection during pregnancy: a report of 5 cases from Saudi Arabia[J]. *Clin Infect Dis*, 2016, 63(7): 951-953.
- [26] Alfaraj SH, Al-Tawfiq JA, Memish ZA. Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) infection during pregnancy: report of two cases & review of the literature[J]. *J Microbiol Immunol Infect*, 2019, 52(3): 501-503.
- [27] Malik A, El Masry KM, Ravi M, et al. Middle East respiratory syndrome coronavirus during pregnancy, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2013[J]. *Emerg Infect Dis*, 2016, 22(3): 515-517.
- [28] Jeong SY, Sung SI, Sung JH, et al. MERS-CoV infection in a pregnant woman in Korea[J]. *J Korean Med Sci*, 2017, 32(10): 1717-1720.
- [29] Chen H, Guo J, Wang C, et al, et al. Clinical characteristics and intrauterine vertical transmission potential of COVID-19 infection in nine pregnant women: a retrospective review of medical records[J]. *Lancet*, 2020, 395(10226): 809-815.
- [30] Schwartz DA. An analysis of 38 pregnant women with COVID-19, their newborn infants, and maternal-fetal transmission of SARS-CoV-2: maternal coronavirus infections and pregnancy outcomes[J]. *Arch Pathol Lab Med*, 2020. DOI: 10.5858/arpa.2020-0901-SA. Online ahead of print.
- [31] Xiong X, Wei H, Zhang Z, et al. Vaginal delivery report of a healthy neonate born to a convalescent mother with COVID-19[J]. *J Med Virol*, 2020. DOI: 10.1002/jmv.25857. Online ahead of print.
- [32] Jamieson DJ, Theiler RN, Rasmussen SA. Emerging infections and pregnancy[J]. *Emerg Infect Dis*, 2006, 12(11): 1638-1643.
- [33] 张建平, 王蕴慧, 陈雷宁, 等. 妊娠中晚期合并重症急性呼吸综合症的临床分析 [J]. *中华妇产科杂志*, 2003, 38(8): 516-520.
- [34] Yudin MH, Steele DM, Sgro MD, et al. Severe acute respiratory syndrome in pregnancy[J]. *Obstet Gynecol*, 2005, 105(1): 124-127.
- [35] Maxwell C, McGeer A, Tai KFY, et al. No. 225-management guidelines for obstetric patients and neonates born to mothers with suspected or probable severe acute respiratory syndrome (SARS)[J]. *J Obstet Gynaecol Can*, 2017, 39(8): e130-e137.
- [36] Robertson CA, Lowther SA, Birch T, et al. SARS and pregnancy: a case report[J]. *Emerg Infect Dis*, 2004, 10(2): 345-348.
- [37] World Health Organization. Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV)[EB/OL]. [2020-04-26]. <https://www.who.int/emergencies/mers-cov/en>.
- [38] Alserahi H, Wali G, Alshukairi A, et al. Impact of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) on pregnancy and perinatal outcome[J]. *BMC Infect Dis*, 2016, 16: 105.
- [39] New York Post. Chinese baby tests positive for coronavirus 30 hours after birth[EB/OL]. (2020-02-05)[2020-04-26]. <https://www.vanguardngr.com/2020/02/chinese-baby-tests-positive-for-coronavirus-30-hours-after-birth/>.
- [40] 周乙华, 胡娅莉. 妊娠期 ToRCH 血清学筛查选择和结果评价 [J]. *中国产前诊断杂志 (电子版)*, 2012, 4(2): 22-25.
- [41] 王晨, 周乙华, 杨慧霞. 如何根据特异性 IgM 和 IgG 评价新型冠状病毒宫内垂直传播 [J]. *中华围产医学杂志*, 2020, 23(4): 217-219.
- [42] Kimberlin DW, Stagno S. Can SARS-CoV-2 infection be acquired in utero?: more definitive evidence is needed[J]. *JAMA*, 2020. DOI: 10.1001/jama.2020.4868. Online ahead of print.