

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20232300

· 论 著 ·

新型冠状病毒感染复阳人员口罩及病房环境污染情况调查

林佳冰¹, 史庆丰¹, 孙 伟¹, 王 冲², 王美霞³, 刘文娟⁴, 郎军涛⁵, 高晓东¹

[复旦大学附属中山医院感染管理科, 上海 200032; 2. 复旦大学附属中山医院检验科, 上海 200032; 3. 复旦大学附属中山医院(厦门)院感管理部, 福建 厦门 361015; 4. 复旦大学附属中山医院心理科, 上海 200032; 5. 复旦大学附属中山医院核医学科, 上海 200032]

[摘要] **目的** 探讨新型冠状病毒核酸复阳人员新型冠状病毒污染环境物体情况, 为医院感染防控提供数据支持。**方法** 2022 年 6 月 15—30 日, 选取上海市某新型冠状病毒感染定点救治医院收治的 27 例核酸复阳人员, 收集患者基本信息, 并对其当日所佩戴的口罩内、外侧及患者所住病房内高频接触的物体表面进行采样并进行新型冠状病毒核酸检测。应用 SPSS 20.0 进行数据录入与分析。**结果** 27 例复阳患者中, 6 例(22.22%)入院后首次新型冠状病毒核酸检测 Ct 值 < 35, 21 例(77.78%)入院后首次核酸检测 Ct 值 ≥ 35。162 份环境相关标本中, 16 份(9.88%)核酸检测阳性, 其中双基因阳性标本 5 份(3.09%), 单基因阳性标本 11 份(6.79%)。不同采样位点中, 床垫 + 床单的阳性率最高(18.52%), 所有环境阳性标本的 Ct 值均 > 35。患者入院后第一次新型冠状病毒核酸检测结果 Ct 值是否 < 35 与患者相关环境病毒核酸检测阳性率无关, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。不同类型物体表面污染情况比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 新型冠状病毒核酸检测复阳患者新型冠状病毒通过呼吸道污染所处环境的病毒载量较低, 通过环境媒介传播的风险较低。

[关键词] 复阳; 新型冠状病毒; 口罩; 环境污染; 传播风险

[中图分类号] R181.3⁺2

Contamination on mask and ward environment of SARS-CoV-2 infection re-positive persons

LIN Jia-bing¹, SHI Qing-feng¹, SUN Wei¹, WANG Chong², WANG Mei-xia³, LIU Wen-juan⁴, LANG Jun-tao⁵, GAO Xiao-dong¹ (1. Department of Healthcare-associated Infection Management, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China; 2. Department of Laboratory Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China; 3. Department of Healthcare-associated Infection Management, Zhongshan Hospital, Fudan University (Xiamen), Xiamen 361015, China; 4. Department of Psychology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China; 5. Department of Nuclear Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the contamination of SARS-CoV-2 on environmental object via SARS-CoV-2 nucleic acid re-positive persons, and provide data support for healthcare-associated infection prevention and control. **Methods** From June 15 to 30, 2022, 27 nucleic acid re-positive patients admitted to a COVID-19 designated hospital in Shanghai were selected. Basic information of patients were collected. Specimens were taken from the inside and outside of patients' masks wore on the sampling day and high frequently touched object surfaces in patients' ward. SARS-CoV-2 nucleic acid of specimens was tested. SPSS 20.0 was used for analysis. **Results** Of the 27 re-

[收稿日期] 2022-10-11

[基金项目] 上海市科委应急科技攻关项目(20411950104); 上海申康医院发展中心市级医院临床科技创新项目(SHDC22021315); 复旦大学附属中山医院青年基金(2020ZSQN76)

[作者简介] 林佳冰(1991-), 女(回族), 福建省建瓯市人, 主管医师, 主要从事医院感染预防与控制研究。

[通信作者] 高晓东 E-mail: gao.xiaodong@zs-hospital.sh.cn

positive patients, 6 (22.22%) had a Ct value <35 and 21 (77.78%) had a Ct value ≥ 35 in the first SARS-CoV-2 nucleic acid test after admission. Of the 162 environment-related specimens, 16 (9.88%) were positive for nucleic acid test, including 5 (3.09%) double-gene positive specimens and 11 (6.79%) single-gene positive specimens. Among the different sampling sites, positive rate of mattress + sheet was the highest (18.52%), Ct value of all positive environmental specimens was >35 . Whether the Ct value of the first nucleic acid test of patients after admission was <35 has nothing to do with the positive rate of nucleic acid test result of patient-related environment, difference was not statistically significant ($P>0.05$). Contamination of different object surfaces was not statistically significant ($P>0.05$). **Conclusion** Viral load of SARS-CoV-2 contamination on environment through respiratory tract of SARS-CoV-2 nucleic acid test re-positive patients is low, thus transmission risk through environmental media is low.

[Key words] re-positive; SARS-CoV-2; mask; environmental contamination; transmission risk

2022 年 3 月,由奥密克戎变异株引起的上海市新型冠状病毒(简称新冠病毒)感染疫情导致近 60 万人发生感染。随着大量确诊患者和无症状感染者的出院、出舱,新冠病毒核酸复检阳性的病例不断出现。感染者病毒核酸复阳患者指感染患者达到连续 2 次呼吸道标本核酸检测阴性(采样时间至少间隔 24 h)的出院标准后,不再感染情况下新冠病毒核酸检测再次呈阳性^[1]。奥密克戎流行株与原始毒株及 Delta 毒株相比,具有更高的传播性^[2],复阳患者是否同样具有传染性,以及能否借助环境媒介而造成传播等疑问迅速成为当前关注的焦点,为此对复阳人员的口罩及病房环境污染情况进行了调研,现将结果报告如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象 2022 年 6 月 15—30 日,上海市某新冠病毒感染定点救治医院收治的 27 例奥密克戎病毒核酸复阳人员,其中复阳患者符合《新型冠状病毒肺炎防控方案(第九版)》中“既往感染者出院(舱)后,核酸检测 Ct 值 <35 ”的标准。

1.2 采样方法 (1)口罩采样。收集复阳患者当日所佩戴的口罩,使用新冠病毒专用采样拭子,蘸取采样管的液体后均匀涂抹口罩的内表面和外表面,将采样拭子置于 2019-nCoV 核酸检测试剂管(上海之江生物有限公司)中送检。(2)环境采样。对复阳患者所住病房的环境物体表面进行采样,主要包括:①患者病床床栏+床头柜表面+床头呼叫铃按钮;②患者床垫+床单;③患者枕头表面;④患者病床附近地面;⑤患者病房卫生间门把手+水龙头+马桶按钮;⑥患者病房门把手+房间灯开关。采样方式同口罩采样,规则的表面采集 10 cm×10 cm 区域,不规则的物体表面使用拭子涂抹采集。

1.3 新冠病毒核酸检测方法 采集完成后的标本使用 AutraMic mini4800 Plus 全自动核酸提取纯化仪(上海之江生物有限公司)进行提取与新冠病毒核酸检测,全自动核酸提取纯化仪吸取 300 μ L 标本溶液,通过实时荧光聚合酶链反应(real-time Polymerase Chain Reaction, RT-PCR)分析系统按照程序进行核酸提取、扩增以及检测。

1.4 环境标本新冠病毒核酸结果判定 所有标本进行新冠病毒 ORF1ab 基因、N 基因和 E 基因的检测。根据 AutraMic mini4800 Plus 全自动核酸提取纯化仪(上海之江生物有限公司)配套核酸检测说明书和扩增曲线进行如下判定: Ct 值 ≤ 43 的标本判定为阳性,至少 2 个基因阳性判断为双阳标本,仅有 1 个基因阳性判断为单阳标本,3 个基因均为阴性判断为阴性标本。

1.5 统计学方法 数据应用 SPSS 20.0 进行录入与分析。分类变量采用频数和百分比进行统计描述。率的比较采用 χ^2 检验,不满足 χ^2 检验条件时,采用 Fisher 确切概率法。以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 采样对象基本情况 27 例复阳患者中,6 例(22.22%)入院后首次新冠病毒核酸检测 Ct 值 <35 , Ct 值分别为:(1) $O = 23.32$, $N = 26.55$; (2) $O = 34.99$, $N = 34.34$; (3) $O = 34.25$, $N = 34.32$; (4) $O = 30.37$, $N = 31.32$; (5) $O = 22.37$, $N = 23.62$; (6) $O = 34.74$, $N = 35.41$; 其余 21 例(77.78%)入院后首次核酸检测 Ct 值 ≥ 35 。两组患者除采样时住院日数外,性别、年龄、所在病房总住院人数、同住人采样当日核酸情况比较,差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。见表 1。

表 1 入院后第一次不同核酸检测 Ct 值的新冠病毒核酸检测复阳患者分布情况[例(%)]

Table 1 Distribution of patients with re-positive SARS-CoV-2 nucleic acid test of different first Ct test values after admission (No. of cases[%])

项目	Ct 值<35 (n=6)	Ct 值≥35 (n=21)	χ^2	P
性别			-	0.385*
男性	2(14.29)	12(85.71)		
女性	4(30.77)	9(69.23)		
年龄(岁)			3.341	0.188
21~	0(0)	5(100)		
41~	5(35.71)	9(64.29)		
61~	1(12.50)	7(87.50)		
采样时住院日数(d)			8.265	0.041
1	3(14.29)	18(85.71)		
2	2(66.67)	1(33.33)		
3	0(0)	2(100)		
>3	1(100)	0(0)		
所在病房总住院人数(例)			2.985	0.560
1	2(50.00)	2(50.00)		
2	2(28.57)	5(71.43)		
3	1(11.11)	8(88.89)		
4	1(16.67)	5(83.33)		
5	0(0)	1(100)		
同住人采样当日核酸情况			-	1.000*
同住人 Ct 值均≥35	6(25.00)	18(75.00)		
1 例及以上同住人核酸 Ct 值<35	0(0)	3(100)		

注：* 表示采用 Fisher 确切概率法。

2.2 新冠病毒感染者核酸复阳人员环境污染情况
162 份环境相关标本中,16 份(9.88%)新冠病毒核酸检测阳性。在不同采样位点中,床垫+床单的阳性率最高(18.52%),其次是床栏+床头柜+床头呼叫铃(14.81%),见表 2;阳性标本的 Ct 值均>35,见图 1。

2.3 新冠病毒核酸检测复阳患者口罩污染情况
27 例核酸复阳患者口罩佩戴中位时长为[10(3, 21)]h,不同口罩佩戴时长的复阳患者,其口罩内、外侧核酸结果均为阴性;复阳患者无论入院首次新冠病毒核酸检测 Ct 值<35 还是 Ct 值≥35 的患者,其口罩内、外侧核酸结果均为阴性。

表 2 新冠病毒核酸检测复阳患者环境污染情况

Table 2 Environmental contamination of persons with re-positive SARS-CoV-2 nucleic acid test

采样位点	采样数量 (份)	单阳 [份(%)]	双阳 [份(%)]	总阳性数 [份(%)]
床栏+床头柜+ 床头呼叫铃	27	3(11.11)	1(3.70)	4(14.81)
床垫+床单	27	4(14.81)	1(3.70)	5(18.52)
枕头	27	0(0)	2(7.41)	2(7.41)
病床附近地面	27	2(7.41)	1(3.70)	3(11.11)
卫生间门把手+水 龙头+马桶按钮	27	2(7.41)	0(0)	2(7.41)
病房门把手+房间 灯开关	27	0(0)	0(0)	0(0)
合计	162	11(6.79)	5(3.09)	16(9.88)

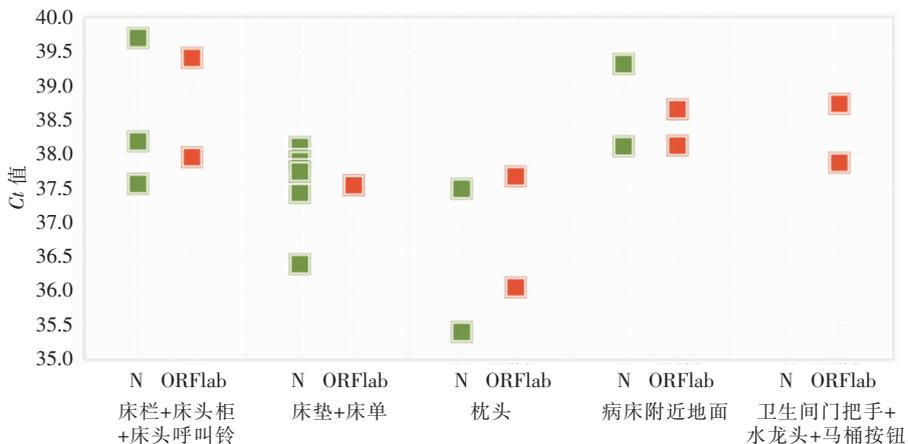


图 1 新冠病毒核酸检测复阳患者环境阳性标本 Ct 值分布情况

Figure 1 Ct value distribution of positive environmental specimens of persons with re-positive SARS-CoV-2 nucleic acid test

2.4 不同核酸检测 Ct 值患者的环境标本检测结果
入院后首次核酸检测 Ct 值 <35 组有 3 例患者的环境标本检测阳性, Ct 值 ≥ 35 组有 13 例患者的环境标本检测阳性, 两组环境标本检测阳性率比较 [8.33% (3/36) VS 10.32% (13/126)], 差异无统计学意义 ($P = 1.000$)。两组患者的环境阳性标本分布情况见表 3。

表 3 不同新冠病毒核酸检测值患者的环境污染情况
[份(%)]

Table 3 Environmental contamination of patients with different nucleic acid test values (No. of specimens [%])

环境采样位点	Ct 值 <35	Ct 值 ≥ 35
床栏 + 床头柜 + 床头呼叫铃	0(0)	4(19.05)
床垫 + 床单	1(16.67)	4(19.05)
枕头	1(16.67)	1(4.76)
病床附近地面	1(16.67)	2(9.52)
卫生间门把手 + 水龙头 + 马桶按钮	0(0)	2(9.52)
病房门把手 + 房间灯开关	0(0)	0(0)

2.5 不同类型环境物体表面病毒污染情况比较

将所有标本的材质分为 4 类: 织物(床垫 + 床单、枕头)、硬质表面(床栏 + 床头柜 + 呼叫铃、卫生间门把手 + 水龙头 + 马桶按钮、病房门把手 + 房间灯开关)、地面(病床附近地面)和口罩(口罩内侧、口罩外侧), 不同类型物体表面病毒污染情况比较, 差异无统计学意义 ($\chi^2 = 7.290, P = 0.063$)。见表 4。

表 4 不同类型环境物体表面病毒污染情况

Table 4 Viral contamination of different types of environmental object surfaces

类型	采样数量(份)	阳性[份(%)]	阴性[份(%)]
织物	54	7(12.96)	47(87.04)
硬质表面	81	6(7.41)	75(92.59)
地面	27	3(11.11)	24(88.89)
口罩	54	0(0)	54(100)

3 讨论

2022 年 3 月份上海市暴发由奥密克戎变异株引起的新冠病毒感染疫情, 一些确诊患者和无症状感染者在出院、出舱后病毒核酸复检阳性, 部分病例的 Ct 值 <35 。研究^[3]显示, 约 12% 的新冠病毒感染者可在出院后发生复阳现象。这些患者是否具有

传染性, 以及是否能借助环境媒介造成传播等疑问迅速成为关注的焦点。

口罩作为与患者呼吸道直接接触的物品, 其内侧最容易受到呼吸道飞沫的污染, 外侧易受到手接触污染。然而, 本研究发现不论复阳患者入院后首次新冠病毒核酸检测 Ct 值是否 <35 , 以及佩戴时间的长短, 其内、外侧采样均为阴性, 表明复阳患者通过呼吸道排出病毒的能力有限, 造成传播的风险极低。研究^[4]显示, 新冠病毒核酸复阳主要发生在康复者出院后的首月, 此阶段康复者的细胞免疫功能仍处于抑制状态, 体内残存的病毒尚未完全清除。另有研究^[5]认为, 康复者复检阳性的标本更有可能由含有新冠病毒残余 RNA 片段的细胞间歇性脱落所引起, 且复阳患者脱落的新冠病毒载量远低于可传播阈值 35^[6]。一项源自武汉复阳患者的回顾性研究^[7]也证实, 新冠病毒感染康复患者不具有传染性。复阳的密切接触者中也未因暴露于复阳患者而出现新冠病毒核酸检测阳性^[8]。鉴于上述研究结果以及本次所有复阳患者的口罩检测均为阴性, 推断复阳病例不再具有传染性, 导致人传人的风险极低。

此外, 本研究发现复阳患者的部分环境新冠病毒核酸检测阳性, 可能与该定点医院前期收治的初阳患者所导致的环境污染有关。2022 年 6 月 15 日前, 该定点医院收治的多为新冠病毒核酸初阳患者, 在对患者周边环境进行清洁消毒过程中, 可能会残留部分核酸片段, 常规清洁消毒方法可能无法完全清除。尽管核酸检测是评估患者是否处于感染的金标准之一, 但该方法仅能证明阳性标本有核酸污染, 并不能证明有传染性的病毒存活。Ke 等^[9]研究显示, Ct 值超过 35 的鼻咽标本不再能分离出具有传染性的病毒。根据国务院应对新冠病毒肺炎疫情联防联控机制综合组印发的《关于进一步优化进口物品新冠肺炎疫情防控工作的通知》中指出, 常温条件下新冠病毒在大部分物品表面存活时间短, 1 d 内全部失活^[10], 但病毒的 RNA 并不随着病毒的死亡而迅速降解, 有研究^[11-12]显示仅高浓度含氯消毒剂可完全去除病毒 RNA, 过氧化物消毒剂、乙醇和季铵盐对病毒 RNA 基本无清除能力。Zhou 等^[13]对隔离病房环境采样检测发现, 尽管患者已经出院 28 d, 但新冠病毒仍在寻呼机、抽屉表面检测阳性。Zhang 等^[14]对终末消毒后的隔离病房研究也显示, 32.1% 的物体表面可检测出新冠病毒的 RNA, 并可持续数月。本研究也发现, 入院后首次新冠病毒核酸结果无论 Ct 值是否 <35 , 其环境标本的污染率以及不同材质条件下的污染率比较, 差异均无统计学

意义,推测可能为前一阶段阳性患者出院后的清洁消毒不到位,残留的病毒片段所致。

本研究存在以下局限:(1)受研究条件限制,无法对所采集标本进行病毒分离培养,因而无法明确判断新冠病毒核酸阳性环境标本中是否存在活病毒;(2)复阳患者的入住病房并非新开病房,前期初阳患者导致的环境污染对本次研究结果分析有一定的影响;(3)受限于实验条件,无法对患者的鼻咽新冠病毒核酸阳性标本及环境阳性标本进行同源性分析,仅能对环境阳性标本的真实来源进行推测。

综上所述,本项研究结果表明新冠病毒核酸复阳患者经呼吸道传播新冠病毒的可能性低,借助环境媒介的传播风险也极低。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献声明:林佳冰,实验设计、标本收集、文献查阅、文章撰写、文章修改;史庆丰,实验设计、文章修改;孙伟,标本收集;王冲,标本检测;王美霞,标本收集;刘文娟,标本收集;郎军涛,标本收集;高晓东,文章指导。

[参考文献]

- [1] Liang LJ, Guo QF, Zhang H, et al. Low infectious risk of re-positive COVID-19 patients: a single-center study[J]. *Int J Infect Dis*, 2021, 111: 5-9.
- [2] Riediker M, Briceno-Ayala L, Ichihara G, et al. Higher viral load and infectivity increase risk of aerosol transmission for Delta and Omicron variants of SARS-CoV-2[J]. *Swiss Med Wkly*, 2022, 152: w30133.
- [3] 郭倩,黄明月,龚磊,等. 新型冠状病毒肺炎最新研究进展[J]. *安徽预防医学杂志*, 2022, 28(3): 234-238, 254. Guo Q, Huang MY, Gong L, et al. The latest research progress of SARS-CoV-2[J]. *Anhui Journal of Preventive Medicine*, 2022, 28(3): 234-238, 254.
- [4] 赵本南,杜清,兰丽娟,等. 新型冠状病毒肺炎核酸复阳者与未复阳者的临床特征比较[J]. *热带医学杂志*, 2022, 22(2): 212-217. Zhao BN, Du Q, Lan LJ, et al. A comparison of clinical characteristics between COVID-19 patients with and without re-positive nucleic acid test[J]. *Journal of Tropical Medicine*, 2022, 22(2): 212-217.
- [5] Lu J, Peng JJ, Xiong QL, et al. Clinical, immunological and virological characterization of COVID-19 patients that test re-positive for SARS-CoV-2 by RT-PCR [J]. *EBioMedicine*, 2020, 59: 102960.
- [6] 彭佳华,周昌静,周伟杰. 新型冠状病毒肺炎核酸“复阳”再入院患者临床特征分析[J]. *右江民族医学院学报*, 2022, 44(2): 234-238.

Peng JH, Zhou CJ, Zhou WJ. Clinical characteristics of re-hospitalized COVID-19 patients with re-positive results in nucleic acid detection[J]. *Journal of Youjiang Medical University for Nationalities*, 2022, 44(2): 234-238.

- [7] Wu XM, Wang ZM, He ZY, et al. A follow-up study shows that recovered patients with re-positive PCR test in Wuhan may not be infectious[J]. *BMC Med*, 2021, 19(1): 77.
- [8] Wong J, Koh WC, Momin RN, et al. Probable causes and risk factors for positive SARS-CoV-2 test in recovered patients: evidence from Brunei Darussalam[J]. *J Med Virol*, 2020, 92(11): 2847-2851.
- [9] Ke RA, Martinez PP, Smith RL, et al. Daily longitudinal sampling of SARS-CoV-2 infection reveals substantial heterogeneity in infectiousness[J]. *Nat Microbiol*, 2022, 7(5): 640-652.
- [10] 国务院应对新型冠状病毒肺炎疫情联防联控机制综合组. 关于进一步优化进口物品新冠肺炎疫情防控工作的通知: 国卫明电〔2022〕270号[EB/OL]. (2022-07-12)[2022-10-10]. <http://www.nhc.gov.cn/qjjys/s7949s/202207/7602660406c24d5d96d8d9377ba2157e.shtml>. Comprehensive Group of Joint Prevention and Control Mechanism of the State Council in response to coronavirus disease 2019. Notice on further optimizing the prevention and control of COVID-19 in imported goods [2022]270[EB/OL]. (2022-07-12)[2022-10-10]. <http://www.nhc.gov.cn/qjjys/s7949s/202207/7602660406c24d5d96d8d9377ba2157e.shtml>.
- [11] 陈茂义,胡婕,毛春林,等. 含氯消毒剂对新型冠状病毒核酸破坏效果研究[J]. *公共卫生与预防医学*, 2020, 31(3): 22-24. Chen MY, Hu J, Mao CL, et al. Study on the effect of chlorine disinfectants on the destruction of new coronavirus nucleic acid[J]. *Journal of Public Health and Preventive Medicine*, 2020, 31(3): 22-24.
- [12] 南征,周妍妍,苏建荣,等. 不同消毒方式对流感病毒 RNA 消除效果的研究[J]. *中国消毒学杂志*, 2022, 39(6): 410-413. Nan Z, Zhou YY, Su JR, et al. Efficacy of various disinfection methods on elimination of influenza virus RNA[J]. *Chinese Journal of Disinfection*, 2022, 39(6): 410-413.
- [13] Zhou YY, Zeng YY, Chen CZ. Presence of SARS-CoV-2 RNA in isolation ward environment 28 days after exposure[J]. *Int J Infect Dis*, 2020, 97: 258-259.
- [14] Zhang HL, Kelly BJ, David MZ, et al. SARS-CoV-2 RNA persists on surfaces following terminal disinfection of COVID-19 hospital isolation rooms[J]. *Am J Infect Control*, 2022, 50(4): 462-464.

(本文编辑:陈玉华)

本文引用格式:林佳冰,史庆丰,孙伟,等. 新型冠状病毒感染复阳人员口罩及病房环境污染情况调查[J]. *中国感染控制杂志*, 2023, 22(4): 468-472. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20232300.

Cite this article as: LIN Jia-bing, SHI Qing-feng, SUN Wei, et al. Contamination on mask and ward environment of SARS-CoV-2 infection re-positive persons[J]. *Chin J Infect Control*, 2023, 22(4): 468-472. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20232300.