

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20206755

· COVID-19 专栏 ·

新型冠状病毒肺炎聚集性疫情中无症状感染者与确诊患者的流行差异

叶莹, 范威, 王文华, 王海峰, 潘静静, 聂轶飞, 尤爱国, 黄学勇

(河南省疾病预防控制中心传染病预防控制所, 河南 郑州 450016)

[摘要] **目的** 探讨无症状新型冠状病毒感染者(无症状感染者)流行特征。**方法** 通过中国疾病预防控制中心, 收集、汇总河南省含有无症状感染者的聚集性疫情, 描述其流行特征, 分析与新型冠状病毒肺炎确诊病例流行特征的差异。**结果** 共报告聚集性疫情 257 起, 其中 41 起有无症状感染者, 包含 84 例无症状感染者, 占全省无症状感染者的 74.34%(84/113)。无症状感染者聚集性疫情分布在 11 个地市, 涉及新型冠状病毒感染者 208 例, 平均每起波及新型冠状病毒感染者 5.07(2~19)例, 16 起(39.02%)新型冠状病毒感染者 ≥ 5 例。无症状感染者的发现以聚集性疫情调查为主, 确诊时间晚于新型冠状病毒肺炎确诊病例。河南省各地市无症状感染者占新型冠状病毒感染者的比率, 以商丘市最高, 为 26.02%。无症状感染者与新型冠状病毒肺炎确诊病例比较, 性别分布流行病学史方面, 差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$); 年龄及职业的分布构成比较, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$), 无症状感染者 ≤ 40 岁者占 58.33%, 学生、儿童占 28.57%, 确认者分别占 21.77%、4.03%。**结论** 无症状感染者在年龄和职业分布上与新型冠状病毒肺炎确诊病例存在差异。聚集性疫情调查是发现无症状感染者的主要途径, 对密切接触者进行有效的隔离管理是正确有效的防控措施。

[关键词] 新型冠状病毒肺炎; 新型冠状病毒; 聚集性疫情; 无症状感染者; 流行特征

[中图分类号] R181.3 R563.1

Difference in epidemic characteristics between asymptomatic infected persons and confirmed cases in COVID-19 clustered epidemics

YE Ying, FAN Wei, WANG Wen-hua, WANG Hai-feng, PAN Jing-jing, NIE Yi-fei, YOU Ai-guo, HUANG Xue-yong (Institute of Communicable Disease Control and Prevention, Henan Provincial Center for Disease Control and Prevention, Zhengzhou 450016, China)

[Abstract] **Objective** To explore epidemic characteristics of asymptomatic coronavirus disease 2019 (COVID-19)-infected persons. **Methods** Clustered epidemics involving asymptomatic infected persons in Henan Province were collected and summarized through Chinese Disease Control and Prevention System, epidemic characteristics were analyzed, differences in epidemic characteristics between asymptomatic infected persons and confirmed cases of COVID-19 were analyzed. **Results** A total of 257 clustered epidemics were reported, 41 of which involved 84 asymptomatic infected persons, accounting for 74.34%(84/113) of asymptomatic infection in the whole province. The clustered epidemics of asymptomatic infected persons distributed in 11 prefectures, involving 208 cases of COVID-19, each epidemic involved an average of 5.07 (2-19) COVID-19 infection cases, 16 (39.02%) had at least 5 COVID-19 infection cases. The discovery of asymptomatic infection was mainly based on clustered epidemic investigation, diagnosis time was later than that of COVID-19 confirmed cases. The proportion of asymptomatic infection among COVID-19 infection in various cities in Henan Province was the highest in Shangqiu City(26.02%). Asymptomatic infected persons and COVID-19 confirmed cases were statistically different in gender distribution and epidemiological history (both $P > 0.05$); differences in constituent ratios of age and occupational distribution were both statisti-

[收稿日期] 2020-03-19

[基金项目] 河南省新型冠状病毒防控应急攻关项目(201100310800)

[作者简介] 叶莹(1972-), 女(汉族), 山东省聊城市人, 副主任医师, 主要从事传染病预防控制研究。

[通信作者] 黄学勇 E-mail: hxyzzu@163.com

cally significant (both $P < 0.05$), asymptomatic infected persons ≤ 40 years old accounted for 58.33%, students and children accounted for 28.57%, and confirmed cases accounted for 21.77% and 4.03% respectively. **Conclusion** The age and occupational distribution of asymptomatic infected persons are different from those diagnosed with COVID-19. Investigation on clustered epidemic is the main way to find asymptomatic infected persons, effective isolation management of close contacts is the correct and effective prevention and control measure.

[Key words] coronavirus disease 2019 (COVID-19); 2019-novel-coronavirus (2019-nCoV); clustered epidemic; asymptomatic infected person; epidemic characteristic

新型冠状病毒肺炎 (coronavirus disease 2019, COVID-19) 自暴发以来, 迅速在国内蔓延, 目前已形成全球大流行趋势^[1]。截至 2020 年 3 月 9 日 24 时, 我国共报告 80 924 例 COVID-19 确诊患者, 其中 3 140 例患者死亡; 海外报告确诊病例 32 778 例, 死亡 872 例^[2]。新型冠状病毒 (SARS-CoV-2) 全人群易感, 具有很强的传染性和致病性^[3-4]。目前, COVID-19 主要临床表现为上呼吸道症状, 各级防控均采取测量体温, 筛查发热患者的方式对可疑传染源进行排查, 此种方式对释放病毒量较多的、有症状的传染源具有很好的控制效果^[5]。但部分患者感染 SARS-CoV-2 后未发病, 成为无症状 SARS-CoV-2 感染者 (无症状感染者)。鉴于病毒较强的传染性和隐蔽性, 无症状感染者极可能成为传染源造成聚集性疫情发生, 加大疫情防控的难度^[6-7]。若许多感染者无症状或有轻微症状, 则鉴定传播链和随后的接触者追踪要复杂得多。COVID-19 作为一种新型传染病, 其流行特征、传播能力和致病力尚需进一步明确^[8-9], 尤其是不同类型感染者在人群中的传播特征还不清楚。因此, 了解无症状感染者的流行病学特征, 对于进一步制定 COVID-19 疫情防控措施十分重要。为此, 截至 2020 年 3 月 9 日对河南省上报的含有无症状感染者的聚集性疫情进行流行病学特征调查, 分析无症状感染者的流行特征及与 COVID-19 确诊病例之间的差异, 对后续制定防控措施有一定的参考意义。

1 对象与方法

1.1 研究对象 按照《新型冠状病毒肺炎聚集性疫情流行病学调查指南 (试行第一版)》(以下简称《指南》) 要求, 筛选河南省符合条件并含有无症状感染者的聚集性疫情, 分析疫情中的无症状感染者和 COVID-19 确诊病例。信息均来自中国疾病预防控制中心信息系统, 时间截至 2020 年 3 月 9 日。

1.2 方法

1.2.1 疫情发现 按照《指南》的要求, 收集分析系统中河南省上报的 COVID-19 患者流行病学个案调查表, 在中国疾病预防控制中心信息系统中查找有关联的 COVID-19 确诊病例和无症状感染者。

1.2.2 疫情调查及检测 聚集性疫情的流行病学调查均按照《指南》的要求开展。标本的采集与检测均按照《新型冠状病毒肺炎实验室检测技术指南》执行。

1.2.3 无症状感染者定义 根据《新型冠状病毒肺炎防控方案 (第三版)》, 无症状感染者是指无临床症状, 呼吸道等标本新型冠状病毒学检测阳性者。多来源于 3 个方面: (1) COVID-19 病例的密切接触者; (2) 在 COVID-19 病例的传染源追踪过程中, 对暴露人群进行主动检测时可能发现无症状感染者; (3) 在对有 COVID-19 病例、持续传播地区的旅行史和居住史的人员主动检测时, 可能会发现无症状感染者。

1.2.4 信息筛选 将所有聚集性疫情报告及病例个案调查表汇总整理, 筛选含有无症状感染者的聚集性疫情的全部病例, 收集其流行病学史、基本情况、临床症状、影像学检查和实验室检测等资料。

1.2.5 数据分析 应用 Excel 汇总整理, 应用 SPSS 软件进行统计, COVID-19 确诊病例和无症状感染者使用描述性研究, 统计病例的人口学特征, 计数资料采用例数或百分比表示, 采用 χ^2 检验, 以 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况 截至 2020 年 3 月 9 日, 河南省共报告 COVID-19 确诊病例 1 272 例, 无症状感染者 113 例。共报告 257 起聚集性疫情, 其中 41 起有无症状感染者, 包含 84 例无症状感染者, 占全省无症状感染者的 74.34%。

2.2 时间分布 比较确诊病例和无症状感染者确诊时间发现,2月3、6日 COVID-19 确诊患者例数达到高峰,随后波动下降;无症状感染者例数则在

2月11、12日达到高峰,随后波动下降。COVID-19 病例确诊时间早于无症状感染者,确诊例数多于无症状感染者。见图 1。

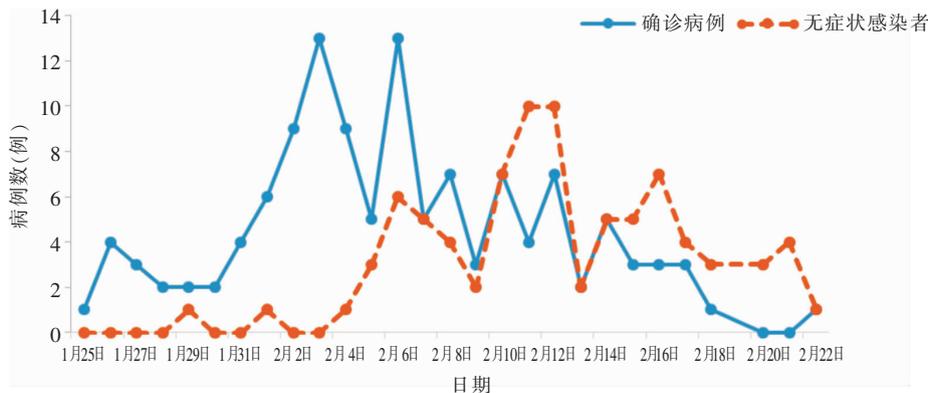


图 1 COVID-19 确诊病例及无症状感染者确诊时间分布

Figure 1 Distribution of diagnosis time of COVID-19 confirmed cases and asymptomatic infected persons

2.3 地区分布 涉及无症状感染者的聚集性疫情共 41 起,涉及 SARS-CoV-2 感染者数最少为 2 例,最多为 19 例,波及 11 个地市。其中商丘市涉及无症状感染者聚集性疫情 12 起,共涉及 SARS-CoV-2

感染者 57 例,含无症状感染者 29 例。商丘无症状感染者占 SARS-CoV-2 感染者的比率达 26.02%,为各地市最高者。见表 1。

表 1 河南省涉及无症状感染者的 COVID-19 聚集性疫情地区分布

Table 1 Regional distribution of COVID-19 clustered epidemics involving asymptomatic infected persons in Henan Province

| 地区 | SARS-CoV-2 感染例数 | 无症状感染者例数 | 比率(%) | 涉及无症状感染者聚集性疫情 | | |
|-----|-----------------|----------|-------|---------------|-----------------|----------|
| | | | | 起数 | SARS-CoV-2 感染例数 | 无症状感染者例数 |
| 商丘 | 123 | 32 | 26.02 | 12 | 57 | 29 |
| 平顶山 | 78 | 20 | 25.64 | 5 | 37 | 14 |
| 安阳 | 66 | 13 | 19.70 | 3 | 32 | 5 |
| 开封 | 29 | 3 | 10.34 | 1 | 4 | 1 |
| 驻马店 | 154 | 15 | 9.74 | 7 | 29 | 15 |
| 新乡 | 61 | 4 | 6.56 | 2 | 6 | 3 |
| 许昌 | 41 | 2 | 4.88 | 2 | 7 | 2 |
| 郑州 | 164 | 7 | 4.27 | 5 | 16 | 7 |
| 信阳 | 285 | 11 | 3.86 | 2 | 12 | 6 |
| 焦作 | 33 | 1 | 3.03 | 1 | 6 | 1 |
| 周口 | 77 | 1 | 1.30 | 1 | 2 | 1 |
| 合计 | 1 111 | 109 | 9.81 | 41 | 208 | 84 |

2.4 规模情况 包含无症状感染者的聚集性疫情中,涉及 SARS-CoV-2 感染数为 2 例者 10 起(24.39%),3 例者 7 起(17.07%),4 例者 8 起(19.51%),5 例者 4 起,6 例者 5 起,9、11 例者各 2 起,12、14、19 例者各 1 起,16 起(39.02%)SARS-

CoV-2 感染者数≥5 例。1月28日前仅报告 1 起,1月28日(含)后报告 40 起(97.56%)。自 1月28日国家发布《新型冠状病毒肺炎防控方案(第三版)》明确无症状感染者定义及上报要求后,含无症状感染者的聚集性疫情报告显著增多。见图 2。

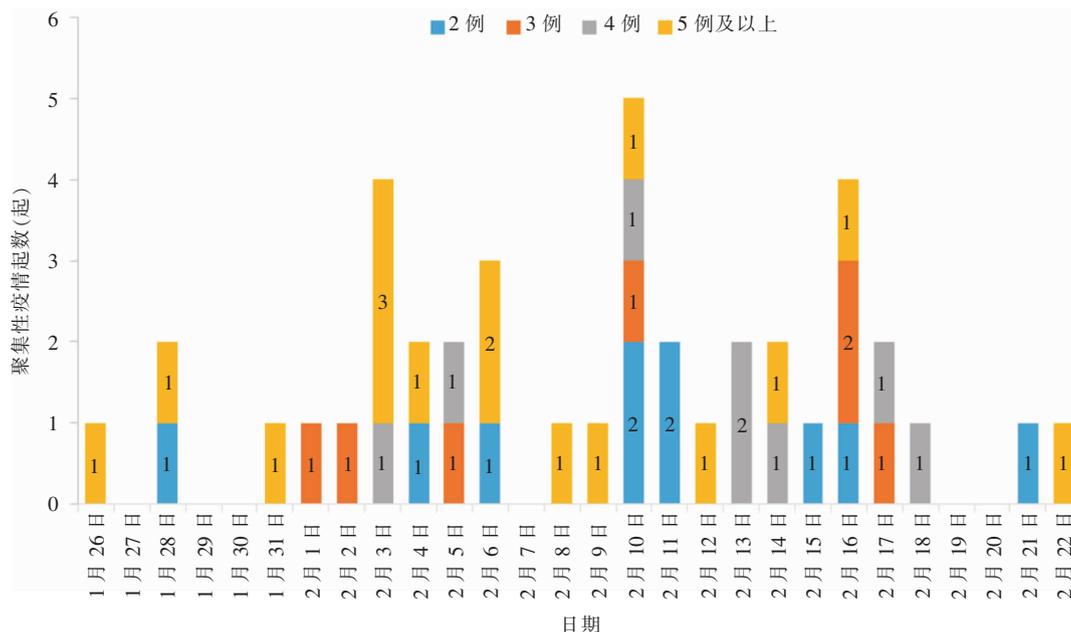


图 2 含无症状感染者的聚集性疫情报告时间及规模分布

Figure 2 Distribution of reporting time and scale of clustered epidemics involving asymptomatic infected persons

2.5 特征分析 无症状感染者男性与女性比为 0.95 : 1, COVID-19 确诊病例中男性与女性比为 1.21 : 1, 两者比较差异无统计学意义 ($P = 0.393$)。无症状感染者中 18 岁以下组及 18~40 岁组所占比例, 较确诊病例明显升高, 两组年龄构成比较差异有统计学意义 ($P < 0.001$)。无症状感染者和确诊病例职业构成比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.001$)。是否有武汉市及周边地区或其他有病例报告社区的旅行史或居住史, 两组比较差异无统计学意义 ($\chi^2 = 2.744, P = 0.098$)。见表 2。

2.6 典型案例 (1) 2020 年 2 月 11 日, 某地疾病预防控制中心报告一起聚集性疫情, 传染源为 1 名自杭州返回的机场工作人员。首发病例返回后, 于 1 月 24 日在家中与亲属聚餐, 引起 5 人感染 SARS-CoV-2。其堂妹夫又于 1 月 26 日同其家族亲属聚餐, 引起 4 人感染 SARS-CoV-2。见图 4 案例 1。其堂弟 A 一直未发病, 但因 A 工作特殊, 对 A 和 A 的密切接触者做核酸检测, 发现其同事 B (无症状感染者) 检测阳性, 进一步核查 B 家人, 发现 B 的女儿 (无症状感染者) 核酸也为阳性。但是 A 三次检测均为阴性, 目前正在对其标本做进一步检测。该聚集性疫情涉及 12 例病例, 其中有 4 例为无症状感染者, 3 例为儿童。(2) 2020 年 1 月 20 日病例 A (6 岁) 与其母亲病例 B 自武汉返乡回家。到家后 A 与父亲、母亲、爷爷、奶奶一同居住生活, 其父亲、

表 2 无症状感染者及确诊病例的基本特征 [例 (%)]

Table 2 Basic characteristics of asymptomatic infected persons and confirmed cases (No. of cases [%])

| 项目 | 无症状感染者 (n = 84) | 确诊病例 (n = 124) | χ^2 | P |
|----------------------------|--------------------|-------------------|----------|--------|
| 性别 | | | 0.73 | 0.393 |
| 男性 | 41(48.81) | 68(54.84) | | |
| 女性 | 43(51.19) | 56(45.16) | | |
| 年龄(岁) | | | 34.221 | <0.001 |
| <18 | 24(28.57) | 6(4.84) | | |
| 18~ | 25(29.76) | 21(16.94) | | |
| 41~ | 30(35.72) | 78(62.90) | | |
| >65 | 5(5.95) | 19(15.32) | | |
| 职业 | | | 28.315 | <0.001 |
| 干部职员 | 5(5.95) | 7(5.65) | | |
| 工人 | 10(11.91) | 24(19.35) | | |
| 家务及待业 | 10(11.91) | 16(12.90) | | |
| 离退人员 | 1(1.19) | 13(10.48) | | |
| 农民 | 23(27.38) | 37(29.84) | | |
| 商业服务 | 11(13.09) | 21(16.94) | | |
| 学生 | 20(23.81) | 5(4.03) | | |
| 儿童 | 4(4.76) | 1(0.81) | | |
| 武汉市及周边地区或其他有病例报告社区的旅行史或居住史 | | | 2.744 | 0.098 |
| 是 | 23(27.38) | 22(17.74) | | |
| 否 | 61(72.62) | 102(82.26) | | |

爷爷、奶奶均无其他暴露史。其爷爷于 2 月 1 日发病,经检测后确诊。为排查密切接触人员,查找其传

染源,对其家人进行检测,发现 A 与其父亲为无症状感染者,奶奶为确诊病例。见图 3 案例 2。

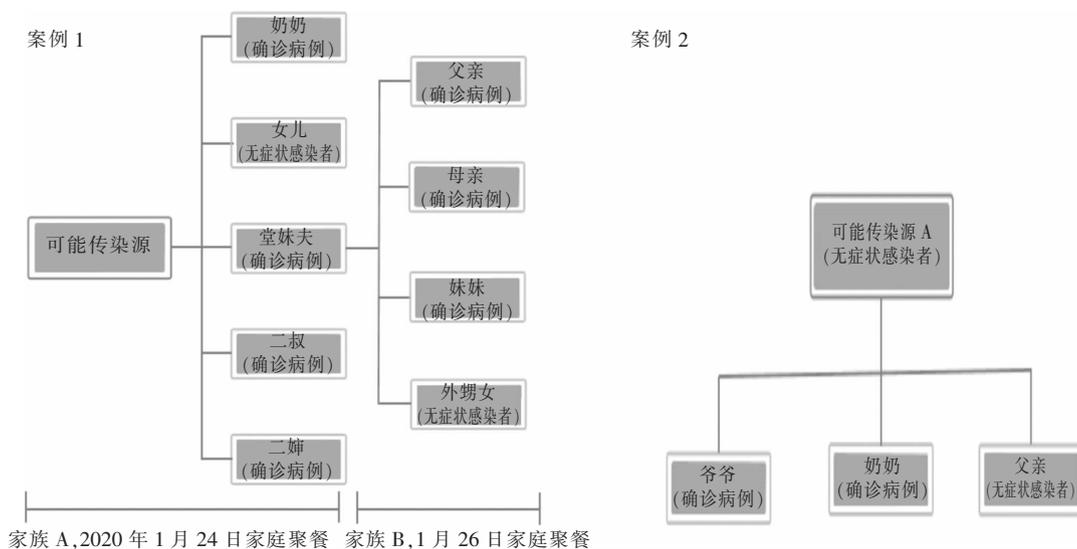


图 3 典型案例传染链示意图

Figure 3 Infection chain of typical cases

3 讨论

无症状感染者没有临床症状,但是呼吸道等标本病原学或血清特异性 IgM 抗体检测阳性,是疫情控制的关键点^[10]。因其没有临床表现,故较难发现。目前,无症状感染者主要通过密切接触者筛查、聚集性疫情调查和传染源追踪调查等途径发现。河南省共报告 113 例无症状感染者,其中,聚集性疫情中包含 84 例无症状感染者,占 74.34%,可见无症状感染者的发现还是以聚集性疫情调查为主。从时间分布来看,无症状感染者确诊时间晚于确诊病例,符合无症状感染者的发现特点。1 月 28 日第三版防控方案即指出无症状感染者的防控要点,因此,含有无症状感染者的聚集性疫情多发现于 28 日后。及时对无症状感染者进行管理和调查,可以有效控制其作为传染源传播病毒,对后续的疫情防控起到了积极意义。

涉及无症状感染者的 41 起聚集性疫情,分布在 11 个地市,发现最多的地市报告 12 起,且报告起数和无症状感染者发现人数与该地区累计 COVID-19 确诊病例数没有直接关系。日本的一项研究估计无症状感染者在 SARS-CoV-2 感染者中占比为 37.5%~50%(95%CI: 12.5%~87.5%)^[11]。河南

省商丘市对 COVID-19 确诊病例的全部密接进行筛查发现,无症状感染者占 SARS-CoV-2 感染者的 26.02%(32/123),接近日本的研究结果。表明如若将防控关口提前,对密切接触者均进行实验室筛查,可能发现的无症状感染者数量更多。从另一角度看,对全部密切接触者进行有效的隔离管理是正确有效的防控措施,可能在防控早期相当一部分无症状感染者未检测出,但是隔离有效的切断了其传播途径,杜绝了疫情的进一步扩散。从疫情规模上分析,41 起疫情共涉及 208 例 SARS-CoV-2 感染者,平均每起波及 5.07 人,较全省聚集性疫情平均涉及 SARS-CoV-2 感染者数 3.10 例(797/257)更高,提示涉及无症状感染者的聚集性疫情规模相较于全部为 COVID-19 确诊病例的聚集性疫情更大。无症状感染者不易被发现的特点造成疫情的持续传播^[12]。

基本特征分析发现,无症状感染者与 COVID-19 确诊病例在性别分布上差异无统计学意义。无症状感染者在 65 岁以下年龄组的分布较为均衡,与 COVID-19 确诊病例主要集中于 41~65 岁年龄组存在差异。无症状感染者青少年占比较高,老年人占比较低,与相关研究^[12-13]结果一致。职业分布存在差异可能与年龄分布相关,学生和儿童的数量占比较高,离退休人员占比较低。目前多数研究认为,人群普遍易感^[14],此是否意味着虽然确诊病例以中

老年为主,但是青少年可能也已感染,只是发生临床症状的比例较少。本研究典型案例证实,无症状感染者虽然没有临床表现,但仍可以作为传染源传播病毒。因此,进一步提前防控关口,对密切接触者进行筛查,对疫情防控有重要意义。另外,标本 SARS-CoV-2 核酸检测阴性但有明确暴露史者,筛查 COV-ID-19 特异性 IgM、IgG 抗体可能效果更好^[15]。因此,隔离患者,追踪和隔离密切接触者,有条件情况下扩大检测范围等对控制疫情仍然十分重要^[13, 16]。

虽然《新型冠状病毒肺炎防控方案(第六版)》已明确无症状感染者的定义,且无症状感染者可能成为传染源。但无症状感染者的判定标准存在一定主观因素偏移,如乏力、精神萎靡等仅凭主观判定的症状可能会被忽略,从而造成误判。下一阶段,在开展流行病学调查时应细化可能出现的症状,尽量做到准确。研究表明胸部 CT 检查可以较早的发现无症状感染者的肺部异常^[17],可以采用多种方式结合尽早发现无症状感染者。总之,在复工复产人群持续流动的情形下,无症状感染者因没有临床表征,较难发现,使疫情防控难度进一步提升。因此,掌握无症状感染者的流行特征及与 COVID-19 确诊病例的特征差异十分必要,能够为制定合理有效地动态防控措施提供一定参考。

本文存在一些不足之处,首先本文中无症状感染者和确诊病例主要从河南省聚集性疫情中选取,结果可能不具有广泛代表性,仅为进一步研究提供流行病学研究基础;其次,因为疫情早期对无症状感染者不够了解,也未对全部可疑人群(密切接触者,有疫区旅居史的人)进行筛查,所以实际的无症状感染者数量可能与已有数据存在偏差。这也使无法更全面地掌握无症状感染者的具体流行特征、致病力,及与 COVID-19 确诊病例之间的差别。下一步的研究方向应该倾向于 COVID-19 轻症和无症状感染者传播链以及随后的接触者追踪。

(本文编辑:文细毛)

[参 考 文 献]

- [1] WHO. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) situation report-51 [EB/OL]. (2020-03-11)[2020-03-15]. https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200311-sitrep-51-covid-19.pdf?sfvrsn=1ba62e57_10.
- [2] WHO. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) situation report-50 [EB/OL]. (2020-03-10)[2020-03-15]. https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200310-sitrep-50-covid-19.pdf?sfvrsn=55e904fb_2.

- [3] Huang C, Wang Y, Li X, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China[J]. *Lancet*, 2020, 395(10223): 497-506.
- [4] Riou J, Althaus CL. Pattern of early human-to-human transmission of Wuhan 2019 novel coronavirus (2019-nCoV), December 2019 to January 2020[J]. *Euro Surveill*, 2020 Jan. 25 (4). DOI: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.4.2000058.
- [5] 高文静, 李立明. 新型冠状病毒肺炎潜伏期或隐性感染者传播研究进展[J]. *中华流行病学杂志*, 2020, 41(4):485-488.
- [6] Mahase E. China coronavirus; mild but infectious cases may make it hard to control outbreak, report warns[J]. *BMJ*, 2020, 368: m325.
- [7] Wang FS, Zhang C. What to do next to control the 2019-nCoV epidemic? [J]. *Lancet*, 2020, 395(10222): 391-393.
- [8] 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]. *Lancet*, 2020, 395(10223): 507-513.
- [9] Paules CI, Marston HD, Fauci AS. Coronavirus infections: more than just the common cold[J]. *JAMA*, 2020, 323(8): 707.
- [10] 白少丽, 王建云, 周莹荃, 等. 甘肃省首起新型冠状病毒肺炎家庭聚集性疫情分析 [J]. *中华预防医学杂志*, 2020, 54(2): E005. DOI:10.3760/cma.j.cn112150-20200204-00065.
- [11] Nishiura H, Kobayashi T, Suzuki A, et al. Estimation of the asymptomatic ratio of novel coronavirus infections (COVID-19)[J]. *Int J Infect Dis*, 2020, 94: 154-155.
- [12] 胡世雄, 徐巧华, 罗恺伟, 等. 湖南省新型冠状病毒肺炎感染者流行病学特征分析[J]. *实用预防医学*, 2020, 27(4):385-388.
- [13] 李锦成, 徐勤, 王艳, 等. 江苏省扬州市新型冠状病毒肺炎无症状感染者的特征分析 [J]. *实用临床医药杂志*, 2020, 24(5):10-13.
- [14] 中华预防医学会新型冠状病毒肺炎防控专家组. 新型冠状病毒肺炎流行病学特征的最新认识[J/OL]. *中国病毒病杂志*. <https://doi.org/10.16505/j.2095-0136.2020.0015>.
- [15] 邓杰伦, 王远芳, 王婷婷, 等. 胶体金免疫层析法检测 SARS-CoV-2 血清抗体的临床价值探讨[J]. *国际检验医学杂志*, 2020, 41(8):964-966,970.
- [16] 周娟, 李丹, 龙云铸. 新型冠状病毒(2019-nCoV)相关研究进展[J]. *中国感染控制杂志*, 2020, 19(3):288-292.
- [17] 王艳芳, 陈建普, 王翔. 新型冠状病毒肺炎无症状感染者的 CT 影像分析 [J]. *武汉大学学报(医学版)*, 2020, 41(3):353-356.

本文引用格式:叶莹, 范威, 王文华, 等. 新型冠状病毒肺炎聚集性疫情中无症状感染者与确诊患者的流行差异[J]. *中国感染控制杂志*, 2020, 19(6): 492-497. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.202006755.

Cite this article as: YE Ying, FAN Wei, WANG Wen-hua, et al. Difference in epidemic characteristics between asymptomatic infected persons and confirmed cases in COVID-19 clustered epidemics [J]. *Chin J Infect Control*, 2020, 19(6): 492-497. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.202006755.