

应对传染病流行事件的发热门诊和定点救治医院空间可达性分析

——以湖南省为例

王 栋^{1,2*} 田勇泉² 钱招昕^{1,3} 唐艳^{1,3}

1. 中南大学湘雅医院 湖南长沙 410008
2. 中南大学湘雅公共卫生学院 湖南长沙 410078
3. 中南大学医院管理研究所 湖南长沙 410008

【摘要】目的:描述分析发热门诊和定点救治医院的空间分布与可达性,为应对重大传染病流行事件的医疗资源供给配置提供参考依据。方法:以湖南省344家发热门诊和224家定点救治医院(含后备医院)为研究对象,采用最近设施点分析和两步移动搜索法分别分析发热门诊和定点救治医院的可达性。结果:湖南省发热门诊每10万人0.51个,45.25%的居民和16.31%的地域能在15分钟内行车到达发热门诊;发热门诊呈现以县中心可达性高且向边缘递减的空间格局。湖南省定点救治医院的床位总数为14.35万张,每万人床位数为21.19张。结论与建议:湖南省发热门诊在市县之间空间分布较为均衡,人口密度较高的城市配置较多,但行车60分钟才能基本覆盖全域和绝大部分居民,一定程度上影响“哨点”作用的发挥。建议结合湖南省基层医疗机构的资源进一步优化农村地区发热门诊以及城市定点救治医院的布局配置。

【关键词】 传染病流行事件;发热门诊;定点救治医院;可达性

中图分类号:R197 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1674-2982.2021.08.011

An analysis on spatial accessibility of fever clinics and designated hospitals in response to epidemic events of infectious diseases: A case study of Hunan province

WANG Dong^{1,2}, TIAN Yong-quan², QIAN Zhao-xin^{1,3}, TANG Yan^{1,3}

1. Xiangya Hospital, Central South University, Changsha Hunan 410008, China
2. Xiangya School of Public Health, Central South University, Changsha Hunan 410078, China
3. Hospital Administration Institute, Central South University, Changsha Hunan 410008, China

【Abstract】 Objectives: To describe and analyze the spatial distribution and accessibility of fever clinics and designated hospitals, so as to provide reference for the supply and allocation of medical resources in response to epidemic events of major infectious diseases. Methods: Taking Hunan province of China as the subject region, 344 fever clinics and 224 designated hospitals (including backup hospitals) in this area were selected as the subject sites. The nearest facility analysis method and the two-step floating catchment area method were adopted to analyze the accessibility of fever clinics and designated hospitals. Results: There were 0.51 fever clinics per 100,000 people in Hunan province, and 70.35% of them were located in secondary medical institutions. fever clinics are accessible within 15 minutes by car by 45.25% of residents and in 16.31% of the subject region. Fever clinics are mostly located in densely populated areas, showing a spatial pattern characterized by high accessibility in the central areas of counties and decreasing accessibility to the edge areas thereof. The total number of beds in designated hospitals in Hunan province is 143,500, with an average hospital bed rate of 21.19 per 10,000 populations, and 55.74% of these hospital beds

* 基金项目:美国中华医学基金会(CMB)OC项目(20-368)

作者简介:王栋(1987年—),男,助理研究员,主要研究方向为医院管理和医疗资源研究。E-mail:xywangdong@csu.edu.cn

通讯作者:唐艳。E-mail:xytangyan@csu.edu.cn

are in secondary medical institutions. **Conclusions and Suggestions:** The spatial distribution of fever clinics in Hunan province is relatively balanced among cities and counties. More fever clinics are allocated in those cities with a higher population density, which is conducive to early detection of infectious disease cases in such cities. However, the basic coverage of the whole region and the majority of residents is realized only by driving for 60 minutes, which affects the function of the sentinel points to a certain extent. In Hunan province, the allocation of hospital bed resources in designated hospitals is relatively sufficient, but the accessibility in urban areas with a high population density is relatively low. It is suggested to further optimize the layout and allocation of fever clinics in rural areas and designated hospitals in cities in combination with the resources of primary medical institutions in Hunan province.

[Key words] Epidemic events of infectious diseases; Fever clinics; Designated hospitals; Accessibility

在应对重大传染病流行事件中,发热门诊对及时发现病例起着关键“哨点”作用^[1],定点救治医院是 WHO 建议改造现有医疗基础设施以提高救治能力的成功范例^[2]。发热门诊和定点救治医院的合理布局是落实“四早”(早发现、早报告、早隔离、早治疗)和“四集中”(集中患者、集中专家、集中资源、集中救治)的关键措施。本文采用地理信息系统(Geographic Information System, GIS)分析方法描述湖南省发热门诊与定点救治医院的空间分布和医疗资源可达性,为未来应对重大传染病流行事件提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究地区概况

本研究区域为湖南省,截至 2020 年 12 月 31 日,全省辖 14 个地级行政区划以及 122 个县级行政区划。《湖南省第七次全国人口普查公报》显示,湖南省人口数为 6 644.5 万,其中城镇人口 3 904.62 万、乡村人口 2 739.88 万,城镇化率为 58.76%。按照国务院联防联控相关政策文件中“规范设置发热门诊”和“做好定点医疗机构和相关病区(病房)准备”的要求,湖南省卫生健康委共设置了 344 家发热门诊、120 家定点救治医院和 104 家定点救治后备医院。

1.2 数据来源

1.2.1 行政区划数据

湖南省省、市、区县、街道/乡镇以及社区村庄级行政区划(矢量边界),来源于国家地理信息公共服务平台(<https://www.tianditu.gov.cn/>),通过 QGIS 下载。

1.2.2 医疗机构数据

发热门诊和定点救治医院名单和属性资料来源

于湖南省卫生健康委官方网站,采用规划云(<http://www.guihuayun.com/>)经纬度拾取工具获取医疗机构地理信息。

1.2.3 人口数据

人口数据选取 Worldpop 人口密度栅格,数据精度 100 米,数据年份为 2020 年。

1.2.4 路网数据

路网数据来源于 OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org/>),使用 QGIS 获取,数据年份为 2020 年。

1.3 数据处理

发热门诊和定点救治医院数据采用 ArcGIS“创建 XY 事件图层”工具,将医疗机构定数数据转换为空间点数据。人口数据在 ArcGIS 中使用“按掩膜提取”工具,栅格人口数据作为输入要素,湖南省边界作为掩膜,提取湖南省的栅格人口数据。OSM 路网数据在 ArcGIS 中使用“裁剪”工具,提取湖南省范围内的道路数据;按照《公路工程技术标准》,结合湖南省地区特点采用山区交通测度方式^[3],对不同等级道路通行速度属性进行赋值,其中高速公路 80km/h、国道 65km/h、省道 50km/h、县道 40km/h、乡道 30km/h、城市一级道路 65km/h、城市二级道路 40km/h,计算每段道路的长度,根据速度计算每段道路的耗时并在网络分析中构建交通网络。数据统一采用 ArcGIS 的“投影”工具对行政区划数据进行投影,投影坐标使用 CGCS2000_3_Degree_GK_CM_111E。

1.4 研究方法

本研究主要基于 ArcGIS 平台对空间数据进行分析,区域资源配置情况采用每平方公里发热门诊

数、每 10 万人发热门诊数、每万人定点救治医院床位数进行描述,并采用以下两种方法分别对发热门诊和定点救治医院进行空间可达性评价。

1.4.1 发热门诊的可达性分析

使用 ArcGIS 网络分析中“最近设施点”功能查询获取湖南省 31 237 个行政村的最近发热门诊,并计算行政村行车到最近发热门诊的出行距离和时间信息,按照到达最近发热门诊的时间信息将行政村划分为五个等级 (< 15min、15 ~ 30min、31 ~ 45min、46 ~ 60min、> 60min),并统计每个等级下覆盖的面积以及人口数量,同时采用反距离权重插值绘制各行政村达到最近发热门诊的时间图,从而分析湖南省发热门诊的可达性。

1.4.2 定点救治医院的可达性分析

采用两步移动搜索法(two-step floating catchment area method),对湖南省定点救治医院的可达性进行评价。根据路网数据,使用 ArcGIS 网络分析中“O-D 成本矩阵”建立 31 237 个行政村到定点救治医院的最短就医耗时,求得各行政村最短就医耗时的平均值为 $t_0 = 0.61h$ 。考虑到现实的复杂性与不确定性,本文选取一倍平均耗时 0.61h 与两倍平均耗时 1.22h 作为成本阻抗,分别计算定点救治医院在两种成本阻抗下可达性。计算步骤如下:

第一步:计算医疗点的服务能力 R_j ,建立每个定点救治医院 j 成本阻抗 d_0 范围内的服务区,汇总落入服务区内所有行政村 k 的人口,定点救治医院 j 的医疗资源总和与总人口(千人)之比,即定点救治医院的服务能力 R_j 。公式如下:

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \leq d_0\}} D_k} \quad (1)$$

式(1)中: S_j 为 j 点的医疗资源(医师人数、护士人数以及床位数)总和; D_k 为服务区内所有行政村 k 的人口(千人)之和; d_{kj} 为 j, k 之间的成本阻抗。

第二步:计算每个行政村的可达性 A_i^F 。建立每个行政村 i 成本阻抗 d_0 范围内的服务区,汇总服务区内所有定点救治医院 j 的服务能力 R_j ,即为行政村 i 的可达性。公式如下:

$$A_i^F = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_0\}} R_j = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq d_0\}} \left[\frac{S_j}{\sum_{k \in \{d_{kj} \leq d_0\}} D_k} \right] \quad (2)$$

式(2)中: A_i^F 为行政村 i 的定点救治医院可达

性; R_j 是行政村 i 服务区($d_{ij} \leq d_0$)内的服务能力, d_{ij} 是 i, j 之间的成本阻抗。 A_i^F 越大表明该行政村的可达性越好。湖南省 14 个市州以及 122 个区县的定点救治医院可达性取所辖行政村可达性的平均值。

2 结果

2.1 发热门诊和定点救治医院区域配置情况

由表 1 可知,湖南省共设置 344 个发热门诊,发热门诊每 10 万人 0.51 个、每千平方公里 1.62 个;按照医疗机构级别,设置在二级医疗机构的相对较多,为 242 个(70.35%),设置在三级医疗机构 100 个(29.07%)、未定级 2 个(0.58%);按照医疗机构类型,设置在综合医院的 219 个(63.66%),设置在中医医院的 87 个(25.29%),设置在基层卫生院、妇幼保健院以及专科医院的数量相对较少,共 38 个(11.05%)。在 14 个行政市州中,湘潭市发热门诊的配置水平最高,每 10 万人口为 0.70 个,其次是湘西州、岳阳市,每 10 万人口发热门诊数量均为 0.64 个;常德市发热门诊配置水平较低,每 10 万人口发热门诊数量为 0.34 个。湘潭市和长沙市的发热门诊配置密度较高,为每千平方公里 3.79 个,张家界市发热门诊密度最低,每千平方公里 0.73 个。

湖南省共设置 224 家定点救治医院(其中 104 家定点救治后备医院),床位总数为 14.35 万张,每万人床位数为 21.19 张。按照医疗机构级别,设置在二级医疗机构的为 136 家(55.74%),设置在三级医疗机构的 60 家(24.59%)、一级及未定级 28 家(11.48%);在 14 个行政市州中,怀化市和湘西州床位配置水平较高,每万人床位数达 42.09 张和 34.18 张,岳阳市相对较低,为每万人床位数为 10.10 张。从发热门诊和定点救治医院的区位分布来看,大多数医疗机构位于市县中心区域,而边缘乡镇区域配置相对较少。

2.2 发热门诊的可达性

根据 GIS“最近设施点”分析结果,湖南省各行政村居民行车达到最近发热门诊的平均时间为 31.77 分钟,平均距离为 2.40 公里。如表 2 所示,从辐射人口角度,湖南省 45.25% 的居民能在 15 分钟内行车到达发热门诊,94.84% 的居民能在 60 分钟内到达发热门诊;从辐射区域角度来看,全省 16.31%

的区域(3.46 万平方公里)能在 15 分钟内行车到达发热门诊,82.79% 的区域(17.55 万平方公里)能在 60 分钟内到达发热门诊。发热门诊的“哨点功能”在 60 分钟行车时间覆盖绝大部分区域和居民。由图 1 所示,总体上现有 344 家发热门诊分布较为均

衡,且多位于人口较为集中的区域;在县域层面,湖南省各县均有一个可达性较高的中心区域,呈现向边缘扩散逐步递减的趋势;但是部分地区如石门县、沅陵县、龙山县、资兴市,到达最近发热门诊的通行时间超过 2 小时,呈现出区域可达性较弱的特征。

表 1 湖南省各地级市(州)发热门诊和定点救治医院设置情况

市(州)	发热门诊			定点救治医院		
	数量(个)	每千平方公里机构数(个)	每 10 万人机构数(个)	数量(家)	床位数(张)	每万人床位数(张)
长沙市	35	2.96	0.47	10	7 664	10.25
株洲市	25	2.22	0.59	9	8 728	20.65
湘潭市	19	3.79	0.70	8	8 371	30.97
衡阳市	34	2.22	0.46	17	11 595	15.62
邵阳市	37	1.78	0.51	23	15 895	21.88
岳阳市	37	2.49	0.64	20	5 854	10.10
常德市	19	1.04	0.34	21	10 739	19.22
张家界市	7	0.73	0.46	6	3 980	25.95
益阳市	27	2.19	0.59	10	8 450	18.45
郴州市	23	1.19	0.45	23	12 682	24.84
永州市	25	1.12	0.51	19	14 839	30.14
怀化市	24	0.87	0.52	30	19 276	42.09
娄底市	16	1.97	0.40	10	6 876	17.05
湘西州	16	1.03	0.64	18	8 529	34.18
总计	344	1.62	0.51	224	143 478	21.19

表 2 湖南省发热门诊对区域面积和人口覆盖情况

时间(min)	覆盖面积		覆盖人口	
	N(km ²)	占总面积比例(%)	n(万人)	占总人口比例(%)
0~	34 571	16.31	3 130	45.25
16~	58 306	27.51	1 705	24.65
31~	49 801	23.49	1 168	16.89
46~	32 803	15.48	556	8.05
61~	36 465	17.21	357	5.16

2.3 定点救治医院的可达性

根据两步移动搜索法计算结果,湖南省在 0.61h 和 1.22h 成本阻抗下定点救治医院可达性分别为 3.56 ± 4.83 和 3.91 ± 3.17 。湖南省各市州间定点救治医院的可达性存在一定差异,怀化市、张家界市、湘西州等西部地区的定点救治医院的可达性较高,岳阳市、衡阳市、长沙市可达性较低。长株潭城市群在 1.22h 成本阻抗下的可达性相比 0.61h 成本阻抗下的可达性变化较大,长沙市可达性增加 30.33%,株洲市和湘潭市可达性分别下降 15.21% 和 13.23% (表 3)。

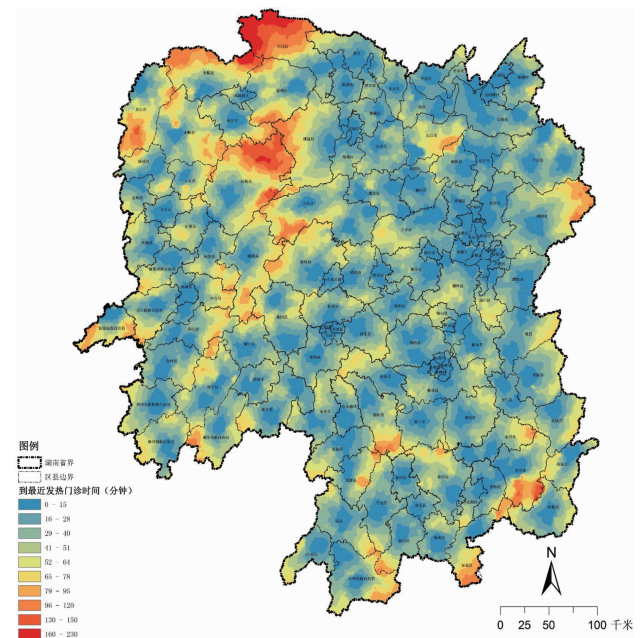


图 1 湖南省各行政村到最近发热门诊时间反距离权重插值图

表3 湖南省各地级市(州)定点救治医院可达性情况

市 (州)	成本阻抗0.61h			成本阻抗1.22h			可达性变化 (%)
	均值	标准差	排序	均值	标准差	排序	
长沙市	2.44	2.53	12	3.18	1.51	10	30.33
株洲市	3.09	3.07	8	2.62	1.30	13	-15.21
湘潭市	3.78	3.07	6	3.28	1.15	8	-13.23
衡阳市	2.10	2.25	13	2.62	1.44	12	24.76
邵阳市	3.18	3.71	7	3.78	2.68	6	18.87
岳阳市	1.89	1.77	14	1.96	0.88	14	3.70
常德市	3.06	3.25	9	3.66	2.04	7	19.61
张家界市	4.77	6.72	2	4.23	2.67	4	-11.32
益阳市	2.71	3.08	11	2.85	1.73	11	5.17
郴州市	3.97	4.17	5	4.15	2.56	5	4.53
永州市	4.23	4.59	4	4.62	2.66	3	9.22
怀化市	6.49	9.59	1	6.88	6.37	1	6.01
娄底市	2.89	2.78	10	3.27	1.75	9	13.15
湘西州	4.57	6.17	3	5.51	3.85	2	20.57
合计	3.56	4.83		3.91	3.17		9.83

在县域层面,怀化市通道侗族自治县的可达性最高,为24.90;郴州市资兴市可达性最低,为1.01。59.84%的区县成本阻抗1.22h的可达性相比成本阻抗0.61h的可达性有所提升。通过ArcGIS绘制成本阻抗0.61h和1.22h下的湖南省定点救治医院可达性

分布图(图2),湖南省定点救治医院的可达性总体上呈现西部地区较高、人口高密度地区相对较低的格局,成本阻抗0.61h下以县市中心城区为单位聚集,中心区域可达性高、周边区域可达性低;成本阻抗1.22h下,定点救治医院辐射范围更广泛和均衡。

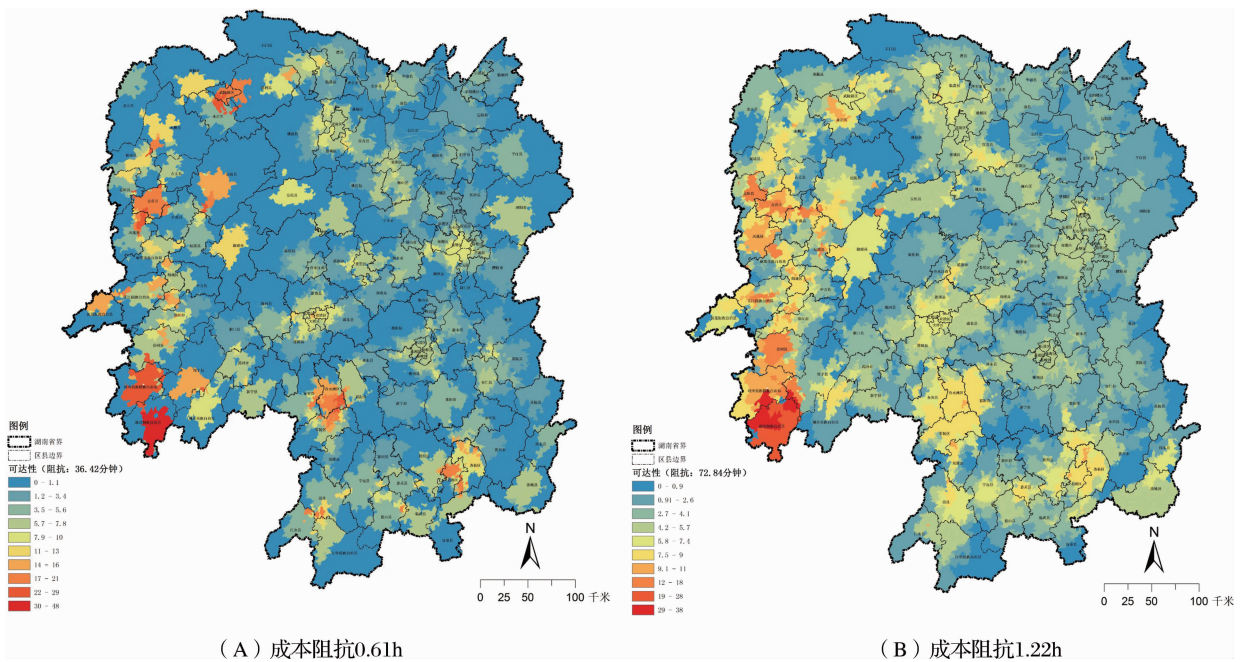


图2 湖南省定点救治医院(含后备医院)可达性情况

3 讨论

3.1 发热门诊和定点救治医院空间可达性分析方法

本研究按照发热门诊和定点救治医院的特点选择不同的空间可达性模型,一方面发热门诊在重大

传染病事件中主要发挥“哨点”作用,其布局要尽可能确保发热患者能够便捷及时到达(即通行成本最低),因此,结合交通路网情况采用GIS“最近设施点”分析发热门诊的可达性,并依据时间成本将每个行政村划分为不同可达性等级;另一方面定点救治

医院需要考虑医疗机构供给能力(供给端)和人口(需求端)情况,因此,选择两步移动搜索法分析定点救治医院的可达性,是指每个行政村在对应成本阻抗下所能到达的定点救治医院的服务能力总和,数值越高表明该行政村内每千人享受到的平均医疗服务能力越强,反之表明该行政村内每千人享受到的平均医疗服务能力较弱。

3.2 湖南省发热门诊的设置与空间可达性

湖南省发热门诊 99.42% 设置在二级以上医院,符合国家及相关省份发热门诊设置规范,其技术与服务能力具有较好的保障。《中国卫生健康统计年鉴 2020》显示,湖南省二级以上医院共计 602 个,2020 年 342 个(56.81%)二级以上医院设置发热门诊,表明仍需要创造条件支持二级以上医院进行发热门诊设置。在发热门诊的空间布局上,湖南省发热门诊在市县之间的空间分布较为均衡,在长株潭城市群等设置密度相对较高,有利于在人口密度较高的大型城市早期发现病例;到达最近发热门诊的通行时间超过 2 小时的区县主要分布在湘西北山原山地区、湘西山地区,一方面是由于该地区乡镇路网密度较低,且道路等级不高,导致通行时间较长;另一方面是由于区县所辖范围较大且人口密度不高,未能均衡的分配发热门诊资源。总体上,在 15 分钟社区生活圈配置公共服务设施的理念下^[4],湖南省发热门诊的空间可达性还不够,目前在行车 60 分钟内才能基本辐射全域和全部人口,可能在一定程度上影响“哨点”作用的发挥。

3.3 湖南省定点救治医院的设置与空间可达性

湖南省定点救治医院的资源分布还不均衡,特别是在人口密度较高区域可达性不够,主要是因为定点救治医院的可达性考虑了人口和医疗资源供需两个方面因素。医疗资源总数较高的地区,由于人口数量较多,可达性可能反而较小,同时也存在部分地区医疗资源总数较低,但人口数量较少,每千人享受到的医疗资源数量多且呈现出可达性较高的情况。此外,定点救治医院主要设置在县市中心区域,部分边缘村庄在成本阻抗 0.61h 下不能到达定点救治医院,呈现出区域内空间可达性较低的情况。在成本阻抗 1.22h 下服务范围扩大,59.84% 的区县可达性相比成本阻抗 0.61h 下有所提升,定点救治医疗资源更加均衡,尤其是长株潭城市群变化较为明显,主要是在长株潭城市群一体化的背景

下,1.22h 内长沙市的居民能够享有到株洲市和湘潭市的定点救治医疗资源,因此长沙市的可达性有所提升,但相对株洲市和湘潭市而言需求端增加,供需比例则有所下降。

4 优化发热门诊与定点救治医院设置的政策建议

一是在设置发热门诊及定点救治医院过程中,需结合湖南省的实际情况,其布局位置和规模要以交通最便捷、辐射范围最广泛为原则,同时可根据传染病流行事件的动态调整发热门诊空间布局优化策略,构建发热门诊信息网络,提高发热门诊数字化建设水平。二是在综合医疗机构全面开设发热门诊的基础上,可以借鉴上海市社区卫生服务机构设置发热门诊哨点诊室的方式^[5],考虑在目前发热门诊设置指标较低的区域,有针对性地在社区服务中心等基层医疗机构改造设置发热门诊哨点诊室,从而提高发热门诊在 15 分钟范围内的服务辐射范围。三是在长株潭城市群等人口密度高且医疗资源相对充足的中心城市,可以考虑将定点救治后备医院设置布局在部分基层医疗机构,提高人均定点救治床位储备数,避免极端情况下的医疗资源挤兑问题。

作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参 考 文 献

- [1] Li Q, Guan X, Wu P, et al. Early Transmission Dynamics in Wuhan, China, of Novel Coronavirus-Infected Pneumonia [J]. *N Engl J Med*, 2020, 382(13): 1199-1207
- [2] Luo Z, Zhang Y, Zheng Y, et al. Prevention of SARS-CoV-2 transmission from international arrivals: Xiaotangshan Designated Hospital, China [J]. *Bull World Health Organ*, 2021, 99(5): 374-380.
- [3] 邓丽, 邵景安, 郭跃, 等. 基于改进的两步移动搜索法的山区医疗服务空间可达性:以重庆市石柱县为例[J]. *地理科学进展*, 2015, 34(6): 716-725.
- [4] 周弦. 15 分钟社区生活圈视角的单元规划公共服务设施布局评估:以上海市黄浦区为例[J]. *城市规划学刊*, 2020(1): 57-64.
- [5] 王海荣, 杜兆辉, 丁燕, 等. 上海市社区卫生服务机构发热门诊哨点诊室建设初探[J]. *中华全科医师杂志*, 2021, 20(5): 545-548.

[收稿日期:2021-07-19 修回日期:2021-08-06]

(编辑 赵晓娟)