

· 专家论坛 ·

# 疫苗时代新型冠状病毒肺炎疫情防控策略

陈恩富

浙江省疾病预防控制中心传染病预防控制所, 浙江 杭州 310051

**专家简介:** 浙江省疾病预防控制中心传染病流行病学首席专家, 主任医师; 现任中华预防医学会疫苗与免疫分会、感染性疾病防控分会、旅行卫生分会和流感防控工作委员会委员; 中国疫苗行业协会疫苗上市后评价专业委员会常务委员; 浙江省预防医学会理事, 病媒生物学与控制专业委员会主任委员, 《预防医学》杂志编委; 国家卫健委和浙江省政府卫生应急专家; 享受国务院特殊津贴专家。长期从事急性传染病预防控制和免疫规划工作与研究, 主要研究方向为新发传染病和突发公共卫生事件防控技术。以第一作者或通信作者发表学术论文 100 多篇, 其中 SCI 收录论文 40 多篇, 主编、副主编专著 10 部; 第一完成人获得省科技进步奖二、三等奖各 1 项, 省医学科技进步特等奖 1 项, 主要完成人获得省部级科技进步奖 8 项。

**摘要:** 新型冠状病毒肺炎(新冠肺炎)疫情暴发初期, 全球主要采取保持社交距离, 戴口罩等非药物干预措施。随着新冠疫苗研发的成功以及部分国家的紧急使用, 全球新冠肺炎疫情防控开始进入预防接种和非药物干预措施并举的阶段。由于初期疫苗供应短缺, 不同国家的接种策略存在差异。为了控制新冠肺炎疫情, 全球新冠疫苗接种率需为 47%~85%, 应增加疫苗产量, 制订科学的免疫策略, 推进群体免疫进程, 提高接种意愿, 增加疫苗分配的公平性; 加强病毒变异、疫苗有效性和安全性监测, 继续开展疫苗研发以应对病毒变异对疫苗有效性的影响。

**关键词:** 新型冠状病毒肺炎; 疫苗; 非药物干预; 免疫策略

**中图分类号:** R186      **文献标识码:** A      **文章编号:** 2096-5087 (2021) 03-0221-05

## Prevention and control strategy of COVID-19 in the vaccine era

CHEN Enfu

*Department of Communicable Disease Control and Prevention, Zhejiang Provincial Center for Disease Control and Prevention, Hangzhou, Zhejiang 310051, China*

**Abstract:** Globally, non-pharmacological interventions, such as keeping social distance and wearing masks, are the primary prevention and control strategy in the early stage of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic. The successful development and the urgency use of the COVID-19 vaccines in some countries brings a new stage of combining immunization with non-pharmacological interventions in the fight with COVID-19. For the shortage of vaccines, the immunization strategies vary in countries. To end the pandemic, 47%-85% of the population should be immunized with effective COVID-19 vaccines, thus we should boost the yield of vaccines, formulate scientific immunization strategies, promote the mass immunization, improve the willingness of vaccination, and increase the equity of vaccine allocation; meanwhile, we should strengthen the surveillance of virus variation, vaccine effectiveness and safety, and keep on the vaccine research to copy with the potential threat of the virus variation.

**Keywords:** coronavirus disease 2019; vaccine; non-pharmacological interventions; immunization strategy

2019年12月, 新型冠状病毒肺炎(新冠肺炎)疫情暴发, 并快速在全球蔓延。截至2021年1月,

全球累计确诊病例超过1亿, 死亡病例超过210万<sup>[1]</sup>。新冠肺炎具有传染性强、人群普遍易感、传播方式容易实现等特征<sup>[2]</sup>, 在无特异性防治措施的情况下, 人类的抗争极其艰难和被动。但是随着新型冠状病毒肺炎疫苗(新冠疫苗)的成功研发和大范围

**DOI:** 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2021.03.002

**基金项目:** 浙江省软科学研究计划“新冠肺炎疫苗应急与常规免疫策略”专项(2021C25018)

预防接种,全球新冠肺炎疫情防控将进入疫苗时代。

## 1 疫苗接种前的新冠肺炎疫情防控策略

**1.1 非药物干预策略和措施** 新冠肺炎是一种新发传染病,疫情暴发初期缺乏对新冠病毒传染性、致病性、毒力的认识,缺乏有效的治疗药物和可用于预防接种的疫苗。2020年新冠肺炎疫情防控主要采取非药物干预措施,包括患者及无症状感染者监测报告,患者隔离治疗、治愈出院后健康随访和监测,密切接触者追踪、检测与医学观察,高风险重点人群筛查,疫源地消毒,戴口罩、勤洗手、保持社交距离等个人防护措施等,以及根据疫情发展趋势采取的停工、停业、停课、旅行限制等<sup>[3]</sup>限制或停止人群聚集性活动。中国的防控措施从积极发现和隔离病例、严密排查和管理密切接触者、控制人群流动和聚集,发展到针对局部暴发疫情采取较大规模人群病毒核酸快速检测以及全国低水平散发病例的常态化防控,形成了行之有效的新冠肺炎疫情防控策略。

随着对新冠肺炎认识不断深入,目前全球对于有效的非药物干预措施已基本达成共识。然而,以限制措施为主的非药物干预容易引发民众的恐慌情绪,并对社会经济发展造成一定影响,持续性较差;受到文化、宗教、政治、经济等因素的影响,不同国家或地区对同一措施的执行力度存在很大差异,这也是不同国家防控效果不同的主要原因<sup>[4]</sup>。2020年11月4日,世界卫生组织(WHO)针对新冠肺炎疫情防控措施的制订原则,更新了疫情防控措施选择的指导意见<sup>[5]</sup>,WHO强调防控措施的执行和改变不仅需要根据当时传播态势的评估和卫生系统应对的能力决定,而且需要根据当地疫情防控基础进行相应调整;在决定防控措施的优先顺序时,除有效性外,WHO特别强调可接受度和可行性以确保措施的顺利推行,措施的可接受度和可行性通过与社区成员互动决定。

**1.2 自然感染与群体免疫** 群体免疫指当人群中对某种传染病具备免疫力的人数达到一定比例时,整个人群形成一道免疫屏障,即使一个或多个传染源进入社区人群,也不会发生大规模的疾病暴发流行<sup>[6]</sup>。根据新冠肺炎的基本传播指数 $R_0$ 值测算,人群中需要47%~85%的人感染或接种有效疫苗,才能达到群体免疫的保护效果<sup>[7]</sup>。英国政府在2020年3月首先提出群体免疫策略。按照达到群体免疫的感染比例计算,英国6600万左右人口需要3100万~5610万人感染新冠肺炎<sup>[7]</sup>才能实现群体免疫。但新冠肺炎传播快速( $R_0$ 值大,代间距短),将使医疗资源迅速

崩溃,造成病死率大幅上升,这无疑会让政府和民众付出沉重代价。因此,英国的群体免疫策略一经提出便受到世界各国专家的质疑,直到英国政府终止执行。这表明依靠人群自然感染达到群体免疫的措施是不可取的,实现群体免疫的最佳途径仍然是让尽可能多的人群接种有效的新冠疫苗。

## 2 疫苗时代的新冠肺炎疫情防控策略

**2.1 新冠疫苗研发与接种** 由于新冠肺炎疫情快速发展,变异毒株出现,以及缺乏特异有效的治疗药物,世界各国将控制疫情寄希望于疫苗。2021年2月23日WHO公布数据显示,全球已有182个新冠疫苗进入临床前试验阶段,其中73个进入临床研究阶段,21个进入临床Ⅲ期或者临床Ⅱ/Ⅲ期,部分试验已公布研究结果<sup>[8]</sup>。新冠疫苗开发平台主要包括灭活疫苗、减毒活疫苗、病毒样颗粒疫苗、亚单位疫苗、非复制病毒载体疫苗、复制病毒载体疫苗、DNA疫苗和RNA疫苗<sup>[9]</sup>。

英国药品与保健品管理局于2020年12月3日批准了美国辉瑞制药有限公司(辉瑞)和德国BioNTech联合研发的新冠疫苗BNT162b2的紧急使用,随后又分别于2020年12月30日和2021年1月7日批准了阿斯利康研发的新冠疫苗和莫纳德公司(莫纳德)研发的新冠疫苗mRNA-1273紧急使用<sup>[10-12]</sup>。截至2021年1月10日,英国1剂次和2剂次疫苗的接种率分别为3.3%和0.61%,其中80岁及以上人群分别为34.6%和9.8%,80岁以下人群分别为1.7%和0.1%<sup>[13]</sup>。截至2021年2月22日,英国17916181人接种了首剂新冠疫苗,624788人完成了2剂次接种<sup>[13]</sup>。美国食品药品监督管理局(FDA)2020年12月11日批准了辉瑞新冠疫苗的紧急使用<sup>[14]</sup>,12月18日批准了莫纳德新冠疫苗的紧急使用<sup>[15]</sup>。截至2021年2月23日,美国已接种65032083剂次<sup>[16]</sup>,其中18岁及以上人群1剂次疫苗的接种率为17%,2剂次疫苗的接种率为7.6%。欧盟疾病预防控制中心公布数据显示,截至2021年2月19日,29个国家公开了新冠疫苗使用情况,除爱沙尼亚、马耳他和挪威外,其他26个国家至少同时使用了阿斯利康、莫纳德和辉瑞新冠疫苗<sup>[17]</sup>,其中匈牙利使用了俄罗斯卫星-V(Sputnik V)新冠疫苗。由疫苗厂家分发至这29个国家的新冠疫苗总数为29520618剂次,已接种疫苗22471672剂次,18岁及以上人群的首剂接种率中位数为4.2%(0.9%~9.7%),2剂次接种率中位数为1.9%(0.4%~3.7%)。

其中 21 个国家公布了 80 岁以上人群新冠疫苗接种情况, 其中首剂接种率的中位数为 17.5% (0~72.6%), 全程接种率中位数为 6.4% (0~22.7%)。

中国国家药品监督管理局分别于 2020 年 12 月 30 日和 2021 年 2 月 5 日依法附条件批准了国药集团中国生物北京生物制品研究所新冠病毒灭活疫苗和北京科兴中维生物技术有限公司新冠病毒灭活疫苗的注册申请<sup>[18-19]</sup>, 2021 年 2 月 25 日批准国药集团中国生物武汉生物制品研究所新冠病毒灭活疫苗和康希诺生物股份有限公司腺病毒载体新冠病毒疫苗的注册申请<sup>[20-21]</sup>。此外, 巴基斯坦、摩洛哥、匈牙利、玻利维亚、尼泊尔和阿根廷等国家批准了中国生物技术股份有限公司研发的新冠疫苗的紧急使用; 印度尼西亚、巴西、土耳其和智利等国家批准了北京科兴中维生物技术有限公司新冠疫苗的紧急使用<sup>[18-19]</sup>。新加坡健康管理局于 2020 年 12 月 14 日批准了辉瑞新冠疫苗的使用, 随后于 2021 年 2 月 3 日批准了莫纳德新冠疫苗的使用<sup>[22-23]</sup>。日本于 2021 年 2 月 14 日批准了辉瑞新冠疫苗的使用<sup>[24]</sup>, 预计全球将不断有新的疫苗获批上市。

截至 2021 年 2 月 20 日, 新冠疫苗接种剂次总量排名前 5 位的是美国 (612.9 万)、中国 (405.2 万)、欧盟 (266 万)、英国 (182 万) 和印度 (108.4 万); 人群单剂次接种率排名前 5 位的是以色列 (83.39%)、阿拉伯联合酋长国 (56.15%)、英国 (26.81%)、美国 (18.33%) 和巴林 (15.97%)<sup>[25]</sup>。

**2.2 新冠病毒变异** WHO 将新冠病毒大流行开始出现的变异株总结为 5 种, 包括“D614G”变异株、丹麦报告的“水貂变异株”、英国报告的变异株、南非报告的变异株和日本报告的来自巴西的变异株, 后 3 种是目前全球最受关注的变异株<sup>[26]</sup>。

GRUBAUGH 等<sup>[27]</sup>实施的临床和体外试验结果发现新冠病毒 D614G 的刺突蛋白改变了病毒表型; SAHA 等<sup>[28]</sup>通过对来自印度的 2 个分离株与来自武汉的新冠肺炎病例样本进行基因比对后发现, 其中 1 个分离株在 407 位受体结合域发生了突变。截至 2020 年 12 月, 英国约 2/3 的累计新冠肺炎病例感染了新冠病毒变异株, 并且这种变异病毒的传播率比原病毒高约 70%<sup>[29]</sup>。此前南非报道的新冠病毒变异位点位于病毒进入细胞的受体结合位点, 通过增加与受体的结合, 可能改变病毒的流行特征, 引起了科学界的广泛关注<sup>[30]</sup>。在流行过程中, 新冠病毒的结构不断发生变异, 有些已对病毒传播、疾病进展产生了一定影响, 需要继续关注和研究。疫苗研发以应对病毒

突变已成为迫切需要。

**2.3 人群接种意愿** 新冠疫苗落实接种是影响免疫效果的重要因素之一。达沃斯世界经济论坛与伊普索 (国际市场调查公司) 于 2020 年 7 月 24 日至 8 月 7 日调查了全球 27 个国家近 2 万名成年人的新冠疫苗接种意愿, 结果显示中国人群的接种意愿最高 (97%), 其次为巴西 (88%)、澳大利亚 (88%) 和印度 (87%); 接种意愿最低的是俄罗斯 (54%)、波兰 (56%)、匈牙利 (56%) 和法国 (59%)<sup>[31]</sup>。李晶等<sup>[32]</sup>对昆明市 730 例门诊患者的调查显示, 697 例 (95.48%) 愿意接种新冠疫苗, 而 33 例拒绝接种, 拒绝接种的主要原因是担心疫苗的安全性和有效性。美国一项针对 30~58 岁人群的 1 971 人调查发现, 提高接种效率、延长疫苗保护周期、降低疫苗不良反应发生率均可以提高新冠疫苗接种意愿<sup>[33]</sup>。在将来新冠疫苗供应充足的情况下, 若要通过提高接种率达到群体免疫效果, 还需要提高公众的接种意愿。

**2.4 各国新冠疫苗接种策略** 新冠疫苗上市以来, 各国积极采购, 并制订接种策略。以色列从 2020 年 12 月 20 日起率先为医务人员和 60 岁以上公民接种疫苗, 并从 2021 年 1 月 23 日开始为 16~18 岁青少年接种疫苗, 截至 2021 年 2 月 20 日, 以色列成为全球新冠疫苗单剂次接种率最高的国家<sup>[25]</sup>。美国实施分阶段接种策略, 医务人员和需要长期护理的人群为第一阶段优先接种人群; 可能直接接触新冠病毒的一线工作人员和 75 岁及以上人群为第二阶段优先接种人群; 16~74 岁有基本医疗条件的人群和其他工作人员为第三阶段优先接种人群<sup>[34]</sup>。欧盟疾病预防控制中心于 2020 年 12 月 22 日公布了推荐其成员国在不同条件下实施的四类人群疫苗接种顺序: (1) 新冠病毒感染后可能导致严重不良结局的人群; (2) 医疗卫生行业工作人员; (3) 18~59 岁成年人; (4) 大规模人群接种, 即所有人<sup>[35]</sup>。

中国政府高度重视疫苗对新冠肺炎疫情的控制作用, 于 2020 年 10 月 8 日与全球疫苗免疫联盟签署协议, 正式加入“新冠疫苗实施计划”, 目前已经有超过 180 个国家和地区承诺加入该计划, 占全球人口总数的 90%<sup>[36]</sup>。中国于 2020 年 7 月 22 日首先正式启动对高风险暴露人群的紧急接种措施, 并承诺将为全人群免费接种, 费用由医保基金和财政共同承担。截至 2021 年 2 月 3 日 24 时, 中国累计报告重点人群接种新冠病毒灭活疫苗 3 123.6 万剂次<sup>[37]</sup>。北京科兴中维生物技术有限公司、国药集团中国生物制品集团公司正在加速生产疫苗, 预计 2021 年灭活

疫苗的产能超过 16 亿剂<sup>[38]</sup>。随着疫苗产量的大幅度增加, 2021 年中国将有序开展普通人群新冠疫苗接种工作, 逐步建立免疫屏障, 阻断新冠病毒在国内传播。

虽然各国免疫策略不同, 但总体上是以高危人群(如老年人和体弱人群), 感染高风险人群(医务人员、公共服务人员等)和易传播人群(集体居住人员、流动人口等)作为优先接种对象, 以提高疫苗接种效力。

非药物干预的公共卫生措施和预防接种能有效防控新冠肺炎疫情, 但制订防控新冠肺炎疫情的策略和措施在疫苗前时代和疫苗时代应各有侧重, 并依据疫情与免疫状况及时调整。受当前新冠疫苗产量与人群接种需求差距、国家间经济发展不均衡的影响, 短时间内新冠疫苗难以快速覆盖全球人口; 不同新冠疫苗的有效性存在差异, 长期免疫效果有待观察, 部分人群存在疫苗接种犹豫, 如果不采取非药物干预措施, 新冠肺炎疫情卷土重来的风险仍然很高。HUANG 等<sup>[39]</sup>认为, 在大多数人口密度较低的城市逐步开展新冠疫苗接种, 适当采取保持社交距离的措施, 可有效控制疫情反弹, 无须大范围限制人口流动; 在人口密度较高的城市则需要尽快推进大范围新冠疫苗接种, 并保持较高强度的减少人际接触措施, 直至在人群中建立免疫屏障; 短时间内实施强有力的非药物干预措施, 比温和、长期的干预对紧急控制疫情进展更有效。这表明预防接种虽然是当前疫情防控的重要手段, 但在现阶段还不能完全取代非药物干预的公共卫生措施。在未来一段时间, 随着疫苗接种范围不断扩大, 新冠肺炎疫情防控可能逐渐过渡到以疫苗接种为主, 非药物干预措施为辅的防控策略。加快疫苗生产和人群的接种进程, 提高接种意愿和克服接种犹豫, 提高疫苗分配的公平性和科学性, 将是世界各国控制疫情的主要策略。

### 3 结论

2021 年, 全球将启动有史以来最大规模的疫苗接种行动, 将有几十亿人接种新冠疫苗, 新冠肺炎疫情防控将进入疫苗时代。疫苗时代的新冠肺炎疫情将取决于新冠疫苗的接种覆盖率、保护效力、安全性和持久性, 以及快速应对病毒变异造成的免疫效力影响。如果新冠疫苗的有效性和持久性如麻疹疫苗<sup>[40]</sup>一样优良, 并能快速应对病毒变异, 则新冠肺炎将成为疫苗可预防的疾病, 可以通过全球合作最终消除新冠肺炎的危害; 如果疫苗的有效性和持久性较差, 或无法快速有效应对病毒变异, 如同流感疫苗<sup>[41]</sup>, 则新冠病毒将在较长时间内与人类共存, 危害人类健康

和社会经济生活。但由于人群自然感染和疫苗接种使人群存在一定的免疫水平, 新冠肺炎的流行速度将减慢, 流行强度减弱, 或只形成散发、季节性高发或局部聚集疫情, 危害将大大减轻, 在防控策略上许多大范围的围堵限制性措施将得到调整或缓和。疫苗免疫、早期疾病监测、疫情快速应对与适当的非药物干预公共卫生措施相结合, 可有效控制新冠肺炎的流行, 大大降低新冠肺炎的危害, 恢复正常生产和生活。随着疫苗研发新技术的应用、疫苗的优化以及疫苗的大规模使用, 人类终将战胜新冠病毒。

### 参考文献

- [1] World Health Organization. Weekly epidemiological update—19 January 2021 [EB/OL]. (2021-01-19) [2021-03-02]. <https://www.who.int/publications/m/item/weekly-epidemiological-update---19-january-2021>.
- [2] 林君芬, 吴梦娜, 吴昊澄, 等. 浙江省新型冠状病毒肺炎病例流行特征分析 [J]. 预防医学, 2020, 32 (3): 217-221, 225.
- [3] SARKAR A, LIU G, JIN Y, et al. Public health preparedness and responses to the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic in South Asia: a situation and policy analysis [J]. Glob Health J, 2020, 4 (4): 121-132.
- [4] SJODIN H, WILDER-SMITH A, OSMAN S, et al. Only strict quarantine measures can curb the coronavirus disease (COVID-19) outbreak in Italy, 2020 [J]. Euro Surveill, 2020, 25 (13): 2000280.
- [5] CHATTERJEE P, NAGI N, AGARWAL A, et al. The 2019 novel coronavirus disease (COVID-19) pandemic: a review of the current evidence [J]. Indian J Med Res, 2020, 151 (2/3): 147-159.
- [6] 吴丹, 郑徽, 李艺星, 等. 群体免疫及其对传染病防控的意义 [J]. 中国疫苗和免疫, 2020, 26 (4): 123-127.
- [7] 吴尊友. 群体免疫作为新型冠状病毒肺炎防控策略可行性分析 [J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41 (7): 986-989.
- [8] World Health Organization. Draft landscape and tracker of COVID-19 candidate vaccines [EB/OL]. (2021-02-23) [2021-03-02]. <https://www.who.int/publications/m/item/draft-landscape-of-covid-19-candidate-vaccines>.
- [9] 朱瑶, 韦意娜, 孙畅, 等. 新型冠状病毒肺炎疫苗研究进展 [J]. 预防医学, 2021, 33 (2): 143-148.
- [10] Medicines and Healthcare Products Agency. Regulatory approval of Pfizer/BioNTech vaccine for COVID-19 [EB/OL]. (2021-01-28) [2021-03-02]. <https://www.gov.uk/government/publications/regulatory-approval-of-pfizer-biontech-vaccine-for-covid-19>.
- [11] Medicines and Healthcare Products Agency. Regulatory approval of COVID-19 Vaccine AstraZeneca [EB/OL]. (2021-02-23) [2021-03-02]. <https://www.gov.uk/government/publications/regulatory-approval-of-covid-19-vaccine-astrazeneca>.
- [12] Medicines and Healthcare Products Agency. Regulatory approval of COVID-19 Vaccine Moderna [EB/OL]. (2021-02-19) [2021-03-02]. <https://www.gov.uk/government/publications/regulatory-approval-of-covid-19-vaccine-moderna>.

- proval-of-covid-19-vaccine-moderna.
- [13] UK Government. Vaccinations in United Kingdom [EB/OL]. (2021-02-24) [2021-03-02]. <https://coronavirus.data.gov.uk/details/vaccinations>.
- [14] OLIVER S, GARGANO J, MARIN M, et al. The Advisory Committee on Immunization Practices' interim recommendation for use of Pfizer-BioNTech COVID-19 vaccine — United States, December 2020 [J]. *MMWR*, 2020, 69 (50): 1922-1924.
- [15] ANESI J. The Advisory Committee on Immunization Practices' updated interim recommendation for allocation of COVID 19 vaccine—United states, December 2020 [J]. *Am J Transplant*, 2021, 21 (2): 897.
- [16] Centers for Disease Control and Prevention. COVID-19 vaccinations in the United States [EB/OL]. (2021-02-23) [2021-03-02]. <https://covid.cdc.gov/covid-data-tracker/#vaccinations>.
- [17] European Center for Disease Control and Prevention. COVID-19 vaccine tracker [EB/OL]. (2021-02-19) [2021-03-02]. <https://gap.ecdc.europa.eu/public/extensions/COVID-19/vaccine-tracker.html#uptake-tab>.
- [18] 国药集团中国生物新冠灭活疫苗 获批附条件上市 [EB/OL]. [2021-03-02]. <http://www.sinopharm.com/s/1223-4126-38840.html>.
- [19] Sinovac receives conditional marketing authorization in China for its COVID-19 vaccine [EB/OL]. (2021-02-28) [2021-03-02]. [http://www.sinovacbio.com/?optionid=754&auto\\_id=923](http://www.sinovacbio.com/?optionid=754&auto_id=923).
- [20] 中华人民共和国国家药品监督管理局. 国家药监局附条件批准国药中生武汉公司新型冠状病毒灭活疫苗 (Vero 细胞) 注册申请 [EB/OL]. (2021-02-25) [2021-03-02]. <https://www.nmpa.gov.cn/yaowen/ypjgyw/20210225184306142.html>.
- [21] 中华人民共和国国家药品监督管理局. 国家药监局附条件批准康希诺生物股份公司重组新型冠状病毒疫苗 (5 型腺病毒载体) 注册申请 [EB/OL]. (2021-02-25) [2021-03-02]. <https://www.nmpa.gov.cn/yaowen/ypjgyw/20210225184523188.html>.
- [22] Health Sciences Authority Singapore. HSA grants interim authorisation for first COVID-19 vaccine in Singapore [EB/OL]. (2020-12-14) [2021-03-02]. <https://www.hsa.gov.sg/announcements/press-release/interimauth-firstcovid19vaccine>.
- [23] Health Sciences Authority Singapore. HSA grants interim authorisation for Moderna COVID-19 vaccine in Singapore [EB/OL]. (2021-02-03) [2021-03-02]. <https://www.hsa.gov.sg/announcements/press-release/hsa-grants-interim-authorisation-for-moderna-covid-19-vaccine-in-singapore>.
- [24] Pacific Daily News. Japan approves first vaccine, less than six months before Tokyo Olympics [EB/OL]. (2021-02-16) [2021-03-02]. <https://www.guampdn.com/story/money/2021/02/16/japan-approves-first-covid-19-vaccine/6759064002>.
- [25] World Health Organization. Coronavirus (COVID-19) vaccinations [EB/OL]. (2021-02-23) [2021-03-02]. <https://ourworldindata.org/covid-vaccinations>.
- [26] World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19): virus evolution. (2020-12-30) [2021-03-02]. <http://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answer>.
- [27] GRUBAUGH N D, HANAGE W P, RASMUSSEN A L. Making sense of mutation: what D614G means for the COVID-19 pandemic remains unclear [J]. *Cell*, 2020, 182 (4): 794-795.
- [28] SAHA P, BANERJEE A K, TRIPATHI P P, et al. A virus that has gone viral: amino acid mutation in S protein of Indian isolate of Coronavirus COVID-19 might impact receptor binding, and thus, infectivity [J]. *Biosci Rep*, 2020, 40 (5): BSR20201312.
- [29] CONTI P, CARAFFA A, GALENGA C E, et al. The British variant of the new coronavirus-19 (Sars-Cov-2) should not create a vaccine problem [J]. *J Biol Regul Homeost Agents*, 2021, 35 (1): 33377359.
- [30] SHI P Y, XIE X P, ZOU J, et al. Neutralization of N501Y mutant SARS-CoV-2 by BNT162b2 vaccine-elicited sera [J/OL]. *BioRxiv* (2021-01-07) [2021-03-02]. [https://www.researchgate.net/publication/348505823\\_Neutralization\\_of\\_N501Y\\_mutant\\_SARS-CoV-2\\_by\\_BNT162b2\\_vaccine-elicited\\_sera](https://www.researchgate.net/publication/348505823_Neutralization_of_N501Y_mutant_SARS-CoV-2_by_BNT162b2_vaccine-elicited_sera).
- [31] 张田勘. 中国人接种新冠疫苗意愿最高 [J]. *中国老年*, 2020 (20): 40.
- [32] 李晶, 敖纳, 尹建华, 等. 昆明市门诊患者新型冠状病毒疫苗接种意愿及影响因素分析 [J/OL]. *中国公共卫生* [2021-03-02]. <http://www.zgggws.com/fileZGGGWSCN/journal/article/zgggws/newcreate/1133368.pdf>.
- [33] KREPS S, PRASAD S, BROWNSTEIN J S, et al. Factors associated with US adults' likelihood of accepting COVID-19 vaccination [J]. *JAMA Netw Open*, 2020, 3 (10): e2025594.
- [34] Center for Disease Control and Prevention. COVID-19 vaccine information for specific groups [EB/OL]. (2021-02-04) [2021-03-02]. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/vaccines/recommendations/specific-groups.html>.
- [35] European Center for Disease Control and Prevention. ECDC releases COVID-19 vaccination rollout strategies for EU/EEA [EB/OL]. (2020-12-20) [2021-03-02]. <https://www.ecdc.europa.eu/en/news-events/ecdc-releases-vaccination-rollout-strategies-eueea>.
- [36] 周文. 中国加入新冠疫苗实施计划 超过 180 个国家和地区承诺加入, 占全球人口总量的 90% [J]. *人民周刊*, 2020 (19): 12.
- [37] GAO G F. COVID-19: a year long and beyond? [J]. *China CDC Weekly*, 2021, 3 (8): 157-158.
- [38] 武汉生活网. 中国新冠灭活疫苗一年能生产多少支, 新冠疫苗产量多少? [EB/OL]. (2021-01-06) [2021-03-02]. <http://www.wuhan.com/xinwen/61681.html>.
- [39] HUANG B, WANG J, CAI J, et al. Integrated vaccination and physical distancing interventions to prevent future COVID-19 waves in Chinese cities [J/OL]. *Nat Hum Behav* (2021-02-18) [2021-03-02]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/33603201>.
- [40] MADI N, ALTAWALAH H, ALFOUZAN W, et al. Assessment of immune status against measles, mumps, and rubella in young Kuwaitis: MMR vaccine efficacy [J]. *J Med Virol*, 2020, 92 (8): 963-970.
- [41] PLEGUEZUELOS O, DILLE J, DE GROEN S, et al. Immunogenicity, safety, and efficacy of a standalone universal influenza vaccine, FLU-v, in healthy adults: a randomized clinical trial [J]. *Ann Intern Med*, 2020, 172 (7): 453-462.