

## A 题 奥密克戎防疫常态化下防疫措施研究

当前,新冠病毒的传播特征是传播速度快,轻症、无症状者比例高,且轻症、无症状者具有传染能力。由于轻症和无症状者不易通过就医等途径发现,使传播途径更加具有隐匿性,这就极易出现疫情被发现时已经出现了较长时间的社区传播。为控制疫情尽快实现动态清零,尽早发现病毒携带者是一个关键问题。考虑疫情防控常态化需求,需要长期对一个地区的人员进行监测,因而采用多人合在一起混合检测的方式提高检测效率。

混合检测,是将多人的样本混合在一起检测,如果核酸检测结果为阴性,那么认为混合的这些人都是阴性;如果混合样本为阳性,那么混合的这些人之中至少有一个为阳性。几个月前我们学校的检测是每 10 个人一组混检,最近核酸检测常态化以后,每 20 人一组进行混检。混检的一个好处是可以减少检测次数,比如我们学校有师生员工约 3 万人,如果有一例阳性,现在 20 人一管,那么第一轮测试 1500 次,发现有一管是阳性,再检测那一管对应的 20 人就行了,总共检测次数是 1520 次;如果一人一管的话,要检测 3 万次,显然混检可以减少检测次数,提高检测效率。

请建立模型回答以下问题:

1. 假设在每次检测都 100%准确的情况下,针对一个约 3 万人的学校,请设计一个多阶段的检测方案,分几个阶段,每个阶段多少人一管混检,使得要确定一个阳性病例,最坏的可能下检测次数最少。
2. 实际中核酸检测并不是完全准确的,经了解,一个阴性样本,检测出来是阴性的概率是  $q$ , 阳性的概率是  $1-q$  (假阳); 一个阳性样本,检测出来是阳性的概率是  $p$ , 阴性的概率是  $1-p$  (假阴); 一般对阳性的结果都会对该样本进行二次复检,所以假阳基本会被排除,而对阴性的结果不会进行二次检测,所以假阴无法得知,一般情况  $q \in [0.95, 0.99]$ ,  $p \in [0.5, 0.7]$ 。以现在我校的防疫政策,每人隔天做一次核酸,每次 20 人合在一起混检,如果有一个人在两次核酸检测日的中间那天外出时感染了新冠病毒,且无任何症状,请问通过学校的核酸检测,能够发现这个人阳性平均所需要的时间为多少天?

(核酸检测当天出结果)

3. 估算你们组三个人平均每人每天密切接触的人数(同寝室,上课时座位 2 米之内,同桌面对面吃饭等),作为我校人员的平均每天密接人数,当学校在日常检测中发现一名阳性感染者时,假设密接和次密接(密接的密接)都有被传染的风险,估算有多少人可能已经存在感染新冠病毒的风险,并估计学校需要准备多少的隔离用房才能阻止疫情传播;假设密接的传染概率为  $\beta$ ,如果防疫政策(隔天核酸,密接次密接单独隔离)不改变的情况下,针对可能不同的  $\beta$  (是否戴口罩),估算最终会有多少人被感染。
4. 以研究结果为依据,向学校防疫部门写一份信,提出你们团队对学校新冠防疫政策的建议,并阐述理由。

附:密接情况下,我没戴口罩,确诊病例也没戴口罩,我被感染的几率是 90%;你戴了口罩,确诊病例没戴口罩,我被感染几率 30%;我没戴口罩,确诊病例戴了口罩,我被感染几率 5%;你佩戴了口罩,确诊病例也戴了口罩,我被感染几率 1.5%