

• 专家面对面 •

## “检验医学”遇上“人工智能”

陈 鸣<sup>1</sup>, 崔 巍<sup>2</sup>, 陈 瑜<sup>3</sup>, 郭 玮<sup>4</sup>, 刘善荣<sup>5</sup>

(1. 陆军军医大学第一附属医院检验科, 重庆 400038; 2. 国家癌症中心/国家肿瘤临床医学研究中心/中国医学科学院北京协和医学院肿瘤医院, 北京 100021; 3. 浙江大学医学院附属第一医院检验科, 浙江杭州 310003; 4. 复旦大学附属中山医院检验科, 上海 200040; 5. 海军军医大学第一附属医院实验诊断科, 上海 200433)

关键词: 人工智能; 检验医学; 质量控制; 数据管理; 床旁检验

DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2020.05.001

中图分类号: R446.1

文章编号: 1673-4130(2020)05-0513-06

文献标识码: A



陈鸣

陈鸣: 人工智能(AI)是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能理论、方法、技术及应用系统的一门新兴学科, 其发展最早可溯源至 20 世纪 50 年代, 1956 年 McCarthy 在美国达特默斯的一次学术会议上第一次提出“人工智能”的概念。近年来, 随着 AI 相关学科发展、理论建模、技术创新、软硬件的整体发展, AI

技术取得了突破性的进展。2017 年 7 月 8 日国务院印发的《新一代人工智能发展规划》正式将 AI 上升到国家发展规划高度, 其中针对医疗领域提出了“推广应用人工智能治疗新模式新手段, 建立快速精准的智能医疗体系”的任务部署。我国检验医学发展从原始的手工检验起步, 经历了半自动化分析到全自动化分析的检验现代化阶段, 目前正处在全实验室自动化和实验室信息化时代, 而 AI 可能为检验医学的下一步发展注入新的活力。目前, 以专家系统(MES)、神经网络(ANN)、数据挖掘(DM)为支撑的 AI 技术在疾病诊断、提升检验流程自动化程度、个体化结果的分析及 DM 等医学检验领域得到了广泛应用。本期主持人邀请了国内从事智能检验研究的多位专家, 一起来探讨 AI 技术目前在智能检验领域的优势与挑战, 同时对下一步 AI 技术领域的方法方向进行了展望。

**1 陈鸣: AI 作为引领未来的战略性技术, 其在检验医学应用中有何优势, 对分析前、分析中、分析后检验有哪些贡献?**

作者简介: 陈鸣, 男, 教授, 主要从事分子诊断及临床检验新技术的研究。

作者简介: 郭玮, 女, 教授、主任技师, 主要从事临床检验的相关研究。

作者简介: 崔巍, 女, 研究员, 主要从事肿瘤标志物的临床研究。

作者简介: 陈瑜, 男, 主任技师, 主要从事感染性疾病发病机制及新型实验诊断技术的研究。

作者简介: 刘善荣, 男, 教授, 主要从事肿瘤发生和转移的早期调控机制和分子诊断的研究。

本文引用格式: 陈鸣, 崔巍, 陈瑜, 等. “检验医学”遇上“人工智能”[J]. 国际检验医学杂志, 2020, 41(5): 513-517.



崔巍

崔巍: AI 是引领新一轮科技革命和产业变革的战略性技术, 主要包括图像识别、自然语音识别、决策支持和语言转换等研究领域。从历史上看, 科学的进步、工程技术的发展都会应用于医学并推动医学技术的发展, AI 更是如此。通过检索 PubMed 可发现, 过去几年中有 83 000 余篇文献涉及 AI 在医学领域的应用。检验医学

是现代医学的重要组成部分, 临床决策所需信息 70% 来自检验, 其主要工作为样本的检测和结果的解读, 这正是包括图像识别和决策系统等 AI 技术发挥巨大作用的领域, 甚至能颠覆现有的技术和应用。

AI 在分析前阶段中的应用主要集中在标本采集、转运和不合格样本识别, 如抽血机器人、样本转运机器人、自动样本传送的无人机及不合格样本的自动识别。在分析中阶段, 图像识别是最具发展前景的技术, 可帮助解决检验项目中的形态学判读问题, 包括骨髓片、血涂片、尿沉渣、荧光切片、细菌菌落等。通过深度学习和神经网络, 计算机已经能够根据细胞形态对红细胞进行分类。在分析后阶段, AI 能够发挥更大的作用。采用机器学习技术, 可以进行智能化的报告审核与复检、危急值报告, 甚至通过对多个检测项目的历史数据分析发现试管标签错误。而且, AI 技术可以帮助实现从检验报告到诊断报告的转变。采用 AI 技术, 通过多参数的数据挖掘, 可以找到外周血中与心房颤动相关的关键指标, 预测急性心肌梗死的风险, 这是传统地靠单一检验项目做不到的。



陈瑜

**陈瑜:**“云大物移智”在检验医学中应用,将颠覆现有技术,突破人类极限,产生许多新的细化领域。分析前,有自动分管和贴码、机器人采血、机器人物流、标本分拣机,实验室内有全自动标本前处理系统。分析中,有智能质控、中间件、自动审核、细胞阅片、远程检验等新技术。分析后,有智能解释、疾病诊断、疾病相关因素分析和

检验效能评价等。这些新技术的应用主要优势有:优化检验流程,实现机器换人;提升检验工作质量和效率;保证实验室生物安全;增加患者服务可及性和检验价值。



郭玮

**郭玮:**AI 在 21 世纪得到了飞跃性的发展。检验医学的高度数据化则为 AI 的应用创造了条件。首先,自动化高通量检验设备的发展使得实验室产生了海量的数据,人工无法通过常规手段进行有效的分析,需要能够自我学习和处理数据的 AI 技术;其次,检验医学通过量化的指标描述患者的状态,采用实验室信息系统(LIS)一类的关系型数据库

存储数据,这样的数据类型和数据库形式便于 AI 的学习。高度数据化的特点也促成了 AI 在检验医学应用中的优势。

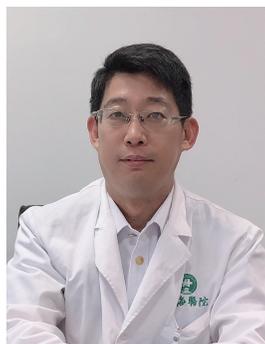
为了能够准确地反映患者的状态,检验工作者在日常工作中采集了检验各个环节的信息,尝试去了解这些环节对检验结果和患者诊疗的影响,包括分析前、分析中、分析后各个阶段,这也构成了 AI 的应用场景。

分析前,AI 可以参考患者信息,为临床医生推荐检测项目,避免遗漏以及浪费;分析检验前标本运输时间,提升运转效率;检查标本检验前状态,自动识别问题标本或不合格标本。检验耗材以及人员等安排管理也可由 AI 优化。

分析中,AI 可以作为传统质控和检验人员的补充,通过分析数据波动,实时进行质量控制;分析细胞形态学图像信息和高通量检测数据,缓解此类对经验要求较高岗位的人员短缺现象。AI 还可以用于标本流与仪器使用效能平衡的控制。

分析后,AI 则可以审核并发现错误报告;进行报告解读和潜在疾病分析;基于实验室数据建立中国人群或地区性参考区间及数据库。

**刘善荣:**AI 作为引领未来的战略性技术,已经走进了人们的生活,在医学领域中的应用也已经引起了



刘善荣

人们的关注,比如在医学影像识别、疾病辅助诊断等。检验科自动化程度高,数据量大,且 LIS 的普及让这些海量检测数据以电子形式存储。检验大数据为 AI 在检验医学的发展提供了可能。但目前 AI 在检验医学领域的应用尚处于起步阶段。

检验分析前阶段涉及环节、人员多,是质量管理最薄弱的环节,约 70% 的检验差错可溯源至此阶段。门诊智能采血管理系统的开发实现了排队叫号、判断患者检验信息、核实检验项目、血样传输的全程自动化,提高检验效率,有利于化解因排队等引起的医患纠纷。VascuLogic 公司研制的采血机器人通过 AI 算法综合分析手臂的红外和超声信号,定位静脉最佳采血位点,根据血流量自动调整进针深度,可有效解决人工采血耗时费力的问题,也将缓解患者对采血的畏缩情绪。

接受标本后到得出检测结果是检验分析中阶段。这个阶段产生大量数据,AI 的应用将会大大加速检验数据的即时高效分析。上世纪 80 年代,人们就尝试对血涂片、尿沉渣涂片等标本进行自动图像识别,但当时的计算能力不够,细胞数据库规模小,因此识别效果并不理想。近年来卷积神经网络视觉技术发展,遵循数字扫描成像、图像特征提取、多层模型训练的范式开发分析系统可以在血细胞、尿液有形成分、骨髓细胞等多种形态学分析领域进行推广,实现形态学检验的全自动化。有研究人员通过心肌肌钙蛋白 I (cTNI) 检测结果数据集,建立了多层感知器人工神经网络模型来实现标本稀释的实验室全自动化管理。该模型降低了人力、检测试剂的消耗,避免检验报告发送延迟。这些都提示 AI 在检验分析中阶段大有可为。

检验分析后阶段遇到的最大困难是标本来源的患者个体状况差异,个性化审核是智能化审核系统的改进目标。有学者在 LIS 中将 AI 用于检验结果的审核,用于减少错误发生以及建立标准化报告准则。此模型可根据检验数据进行学习并验证,最后得出较为精确的数学算法,建立智能个性化审核系统。

AI 在医学检验中的应用是个趋势,也必将改变医学检验现在的诊断模式。

**2 陈鸣:**AI 的良好性能很大程度需要大数据的支持,面对人体的复杂性和个性化,在进入临床前还有哪些质量管理问题需要解决?

**崔巍:**大数据就是 AI 的血液,机器学习、深度学习都离不开大量数据的支持,而目前 AI 发展最大的挑战就是如何获取数据,针对某一对象如何将不同渠

道来源的数据整合。由于疾病的复杂性和患者个体的差异,医学大数据和其他领域大数据相比更为复杂,特别是临床诊断治疗直接影响到患者的生命健康和隐私。

AI 和大数据应用于临床,首先要保证网络安全、患者信息、临床数据的安全,传统的网络安全尚需要不断地完善,而区块链技术的推广可大大加强网络数据的安全。其次,要解决数据采集与共享中的伦理和授权问题,哪些数据可以被哪些人员在什么范围内由谁授权使用?如何保护患者和医院诊疗信息不被错误使用?保护患者的隐私是医院的重要职责,因此,不解决伦理和授权问题,每个医院、每个不同来源的数据就只能独立使用,无法分享,从而限制医学大数据的完整性,也就限制了 AI 在检验医学乃至整个医学领域的应用水平。另外,还必须解决医学数据的质量和标准化问题。由于不同医院临床实践中所遵循的方案不同,不同医院的数据定义、标准不同,不同检测系统存在系统误差,以及其他诸多因素的影响,使得不同来源数据的质量参差不齐,使用这样的数据训练出来的 AI 可能会导致错误的结果,或者只能在某一系统内使用,不具有通用性。因此,要建立标准化的指南,推广标准化的编码,加强检验结果的互认性,扩大数据适用范围。

**陈瑜:**数据智能、机器学习等均需要经数据标注、高质量、多中心的资料支持,经模型及算法训练、测试和参数优化,才能发挥良好的性能。数据的质量是 AI 的基石,否则是“垃圾”进、“垃圾”出,没有任何应用价值。数据的质量要求如下,(1)数据语义标化:不同来源的数据,其数据格式、内容需进行标准化处理;(2)数据质量标化:不同仪器、试剂、标本等因素影响检验结果,应对数据进行归一化处理,保证不同中心数据的可比性;(3)数据标签标注:数据只有经专家或专用方法进行数据结果的解释(数据标注),否则不知道数据的意义无法进行机器学习;(4)数据完整性检查:疾病诊断需要大量数据的支持,只有提供较完整的数据才做出较正确的结果;(5)数据特征提取:从众多数据源中抽取出机器学习算法不能识别的原始数据并将其转化为算法可以识别的特征的过程。

**郭玮:**虽然 AI 在检验医学领域有着广泛的应用前景,但是医学实践需要对每一个生命负责,因此 AI 在进入临床应用前,一定要进行完善的质量管理。而这些质量管理问题大致可以分为 3 个方面。

首先,AI 是基于检验大数据的,因此检验大数据的质量直接影响了 AI 的质量。为了保证检验大数据的质量,需要确保检测结果的真实性和检验大数据的代表性。实现这些目标,需要考虑检测方法差异、试剂换代和试剂批号更换对检测结果的影响,还需要考虑数据库的梳理、更新和不同部门及医院之间数据的共享、互认。

其次,在检验大数据的基础上,AI 需要利用算法进行建模,模型的可靠性决定了 AI 临床应用的可靠性,这要求 AI 在建模时也需要进行质量管理。因此,需要全面考虑生物学变异等潜在的参数建立 AI 模型。同时,建立出的模型在应用前应该反复验证,并通过贝叶斯更新、迁移学习等手段在新的应用场景对模型参数进行调整。

最后,AI 技术在临床应用中会涉及应用合理性和隐私数据的安全性问题,如何实现有效的监管也是质量管理的一个重要部分。这也要求在 AI 进入临床前,需要建立明确的使用流程,以及合适的风险规避预案。

**刘善荣:**AI 的良好性能很大程度需要大数据的支持,但人体的复杂性和个性化对 AI 产品提出了更高的要求。从目前看,AI 相关产品进入临床前需要解决以下质量管理问题。

第一个重要问题是数据质量以及标准化。由于 AI 类医疗器械是以大量的临床数据作为基础数据,对其数据的质量就有一定的要求。目前 AI 类的产品普遍以辅助诊断为主要目标,如果基础数据出现偏差,对产品提供的结果会造成影响。所以必须对数据质量进行识别,不能一味追求大数据从而对最终的输出结果产生影响。而不同的医生使用产品时对同一情况的描述可能会不同,而这些数据是否能标准统一也是影响产品最终输出的一个重要的因素。

数据筛查的准确性及完整性也是个很重要的问题。AI 医疗产品需要输入大量的临床数据以及面对形式多样的患者,如何确保输入数据的准确性及完整性是一个大问题。同时,产品对于数据量较少的标本,是否会因数据不足无法推算而导致漏诊,是否有相应的提示。AI 产品会进行自我深度学习,但应用前期数据积累时需要针对不同技术、材料和设备产生的数据进行人工标记。要防止因为标记人员的水平不同而导致数据在机器上无法准确表达。

网络风险以及隐私信息保护也必须要考虑。目前 AI 类产品大多采用云计算以及云平台进行数据管理,患者的信息存储在云端,如何保证这些数据的安全,以及不会被黑客等利用是需要解决的一大问题。

**3 陈鸣:**AI 将检验工作者从日常繁杂的操作中解放出来,如何实现向检验数据管理人员或检验医师的职能转型?

**崔巍:**每一次科学的进步和工程技术的发展应用于检验医学都会带来检验技术的更新、检验能力的提高、日常工作流的改变,并促进检验人员知识和观念的更新甚至岗位职能的转型。从上个世纪 90 年代到今天,检验的自动化使得临床检验人员从繁重的手工操作和半自动方法解脱出来,大大提高了检验常规工作的效率和标本检测能力,使得检验人员能够有更多的时间关注检测系统的质量控制,开发更多的检验

项目;计算机网络和 LIS 的广泛使用,实现了从抄写报告结果到实现检验结果自动接收的转变,报告打印、结果查询,完善、强大的数据管理系统使得检验人员有更多的时间和工具关注检验结果的审核、复检,能够更积极主动地与临床沟通,为临床与患者提供更好的服务。在这个技术发展的过程中,检验从业人员的资质和工作重心也在悄然改变,从过去的中专、大专学历,到今天的本科、硕士、博士;从过去的检验技师,到今天的检验医师;从单纯的保证检验结果质量,到关注检验与临床的结合,传统的医学检验,也发展成为当今的检验医学。AI 应用于检验,带来了新的机遇,逐渐实现从检测报告到诊断报告的转变。借助于 AI 技术,依托检验的海量数据,检验工作者可以不再对一个个独立的检验项目进行解读,而是通过机器学习对多维数据进行整体分析和预测,为临床决策提供更具价值的检验报告,这也促使检验医技师对临床知识的掌握更加深入,甚至参与到临床诊疗工作;与此同时,也要求检验工作者对计算机、AI 有更多的了解。

近年来,随着 AI 在金融领域应用的增加,2020 年高盛、摩根大通等顶级投行都减少了传统金融背景人员的录用,大幅增加了工程师职位,招收具有计算机、统计背景的人员。可以肯定,随着 AI 在检验医学应用中的不断发展,医院和检验科对掌握 AI 系统开发的计算机软件人员需求也会越来越多。

**陈瑜:**“AI+检验”有无限的想象空间和应用可能,但现实非常残酷,真正的应用乏善可陈。假设在理想 AI 支持下,实现了检验诊断性报告,(1)检验基本信息:包括患者基本资料和检验结果,不同的异常程度用不同颜色进行标注;(2)结果摘要:健康指数、结果等级、可能患有的疾病,包括复检时间和个性化建议;(3)项目解读:基于知识图谱的解释和问答;(4)历史结果、人群分布;(5)提供病例匹配算法,查找相似患者资料 and 人群数据概况。这时检验数据库管理员或检验医师的职能增加了 AI 算法和性能优化,诊断性报告的审核,疾病队列建立和预测,参加多学科综合治疗(MDT)。

**郭玮:**从目前的发展趋势来看,AI 在检验医学领域的普及还有很长的路要走,但这并不妨碍从当下出发,思考在 AI 时代检验工作者的职能范畴。当然,那时的职能绝不仅仅是检验数据管理人员或检验医师。因为即使在当下,检验工作也是多维度的,并不是简单的仪器数据收集和检验结果解读,就像外科医生并不等于内科医生加手术机器人,实际情况要复杂得多。

因此,可以换一个角度,从 AI 的本质来思考,AI 对于检验工作究竟意味着什么。正如上文所述,虽然 AI 能够以相对于人类更快速地进行学习和发现人类不易发现的信息,但是其最终目的是为了提供等同甚

至超出人类的智能。在检验工作中,人类智能是通过一个个检验工作者来体现的。AI 的引入也就意味着多了一名或多名检验工作者进行数据判读、报告审核、结果解读等工作。一方面,这会导致人力资源转移到低通量、人工较重的项目,如和临床医生及患者的沟通工作。另一方面,这也导致更多检验工作者从常规岗位中解放出来,成为管理者,完成组员到组长的身份转化。与之前不同的是,组长管理的将是 AI,但同样需要进行带教、管理、监管的工作,也就是从事 AI 的优化、维护和监控,这将会对检验工作者在计算科学、数据科学方面的知识储备提出新的要求。

**刘善荣:**检验医学的发展及其对临床的支撑需要检验技师和检验医师。检验技师主要进行项目和操作流程管理,确保项目的规范化开展及操作流程的标准化,保证检验结果的准确;检验医师主要是对结果的解读及与临床进行沟通交流。随着 AI 的发展和深度介入医学检验,检验全过程的管理都有可能由 AI 完成。检验工作者就需要进行转型,由重技术、懂管理、重质控、懂临床的技术型人才向重问题、重方向、懂临床、重转化的创新型人才转化。在这个转化过程中注重以下 3 个方面:不断扩充自己的专业知识,不断探索新理论、新技术、新方法,逐步形成系统扎实的研发知识结构;不断提升自己对学科发展方向的敏锐性,善于把握医学科学新动向,拓展新思维,增强对研发全过程的技术指导、把控能力和产品意识;丰富自己与临床沟通的经验,强化为临床医师合理解读检验结果、实施临床诊治的能力;能够深入了解临床疾病诊疗的新需求,并评估需求的合理性与可实现性。随着 AI 在医学检验的介入力度,临床检验检测会变得简洁高效,检验工作者的转型无论对从业人员和学科都非常重要。

**4 陈鸣:**检验数据众多,某些指标可能不被人们认识或了解,如何从海量的医疗数据中提取潜在的信息和模式,AI 在传统指标二次开发中有哪些应用和挑战?

**崔巍:**传统的检验项目的解读是条例式的,每个项目结果对应一个或几个可能的病理、生理状态,如血糖升高既可能是因糖尿病患者胰岛素分泌减少所致,也可能是应激状态下的高血糖,或是甲状腺素分泌过多导致甲状腺功能亢进高血糖等;反之,某一病理状态也会导致多个检验项目异常,如肝功能损伤可导致转氨酶、谷氨酰胺转氨酶、胆碱酯酶、碱性磷酸酶、总胆汁酸等生化指标异常,也会导致 D-二聚体等凝血项目的异常,当然,也可能从病原学角度检测到肝炎病毒或抗体。鉴于疾病的复杂性、患者个体的差异,以及检测系统性能的差异,单一检验项目的临床价值是有限的,其对特定疾病诊断治疗的灵敏度和特异性并不能完全满足临床的需求。解决这一问题的方法之一就是尽可能多的相关检验项目组合在一

起,形成多维度数据集进行分析,这类似于采用数字编码技术的细菌鉴定,根据同一细菌的不同生化、免疫、发酵反应结果进行综合判读,鉴定出细菌的菌属。这种多维度的数据集就是通常所指的大数据,AI 技术就是对大数据进行统计、分析、判定的最佳技术路径。采用机器学习对大数据进行分析,可以提取单一检验项目所无法提供的信息,更具临床价值。例如提高疾病风险预测的准确性,预测患者的预后及住院时间。在实现这一目标的过程中,最大的挑战仍然是数据的获取和数据的质量及标准化。

**陈瑜:**检验数据众多,但属于不完整的数据,需要多次重复检测,需要更多的检验、检查、临床表现等支持,才能做出正确的解释或判断。这些数据存在电子病历、LIS、医学影像系统等多源异构的系统中。AI 能整合到临床工作流程中,完善海量数据和多源异构数据处理方法,提高辅助诊断效率和准确性。AI 能实现个体决策融合为群体决策,包括数据共享、隐私保护、算法的透明度、数据标准化和互操作性、跨多个平台。

**郭玮:**AI 除了可以参与检验医学的日常工作,也可以用于检验数据的深度挖掘,对传统指标进行二次开发。疾病引起的人体变化是系统性的,同一疾病可以引起多种检验指标的变化,包括已知的该疾病的特异性指标和未明确相关性的非特异性指标。AI 技术一方面可以帮助检验工作者从检验数据中发现非特异性指标与疾病的相关性,甚至潜在的诊断价值;另一方面可以建立多种标志物联合应用的数据模型,从而提供更好的疾病诊断、疗效预后工具。

当然,二次开发意味着对检验数据更加精细的分析,从传统指标显著变化的大趋势延伸到某一疾病、某一人群、某些生理现象联动的小趋势。这对数据质量提出了更高的要求,既需要真实可靠的检验数据集,又需要和临床数据实现有效的整合。而在此之上,二次开发的研究方案和建模流程也需要通过更多的实验来探索和确立。

**刘善荣:**随着医学检验的发展,一方面,检测项目越来越多,检验数据越来越大;另一方面检验项目的理解和检验数据的解读却没有得到足够的提升。更为重要的是,很多疾病的发生是机体对致病因素作出的整体反应。但无论是临床医生还是检验人员,对机体整体指标的变化与疾病发生与治疗的关系还没有给予足够的重视和全面的分析,这也导致对大量检验传统指标变化的诊断价值认识不清楚。依托检验大数据建立 AI 模型对疾病进行诊断有可能解决这一问题。一方面改变了依靠一个或者少数几个指标的变化对疾病进行评估的诊断模式,最大程度避免了疾病的误诊和漏诊;另一方面可以全面评估机体指标的整体变化与疾病发生及治疗之间的关系,可能重新发现或者评估大量传统指标的新用途新价值。依赖 LIS

积累的大量数据,AI 在传统指标的二次开发可首先在肿瘤、心脑血管疾病、老年痴呆等重大慢性病中开展。这一工作具有重要临床意义。但同时面临很多挑战:检验 AI 诊断模型的建立无法独立开展完成,需要临床科室的病理、影像诊断、手术、用药、预后相关数据的佐证和支撑,因此临床科室参与度是很重要的因素;数据的质量是第二个挑战,数据的质量包含临床检测的一致性,比如检测的时间点、检测设备,还有数据的可溯源性。数据一致性差,难以溯源,就不可能对疾病相关个体进行有效评估,AI 诊断模型的建立和传统指标的二次开发就不可能展开。传统指标的二次开发和检验 AI 诊断模型的建立与推广将会改变传统意义上的诊断模式,无论是临床医生还是检验专业人员的接受在一定时间内也是这一工作面临的挑战。

**5 陈鸣:**床旁检验(POCT)是利用便携式分析仪器及配套试剂快速取得检测结果的一类检验方式,AI 在 POCT 智能化、信息化方面有哪些应用前景?

**崔巍:**POCT 是临床检验的特殊应用场景,是实验室检验的延伸,也受益于 AI 技术。嵌入 AI 技术的生物传感器,可以帮助监测贫血、尿路感染、糖尿病、心房颤动、中风等 12 种疾病,并实时记录血压、心电图、体温、呼吸频率和血氧饱和度 5 个生命体征。POCT 产品简单易用,无论是在临床科室还是居家保健,都有广泛的应用空间。目前,国内大多 POCT 的应用还处于单机方式,但随着 5G 网络的建设以及物联网应用范围的扩展,可以预见在很短的时间内,绝大多数的产品都会具备蓝牙、4G/5G、WiFi 等无线连接能力。由于 POCT 产品的使用者大多不是专业的检验人员,因此更需要简单清晰的结论,并希望能对疾病的发展和治疗疗效给出趋势性的监测,这正是 AI 的应用前景。当大量的使用者检测得到的数据通过无线网络连接在一起,通过使用云端强大的计算能力和存储空间,根据特定的算法,云端可为每一个检测结果反馈评估意见,将对患者提供警示和预测等建议。

**陈瑜:**POCT 适宜居家检验,在智能化、信息化管理方面更有优势:(1)患者的依从性高,可以收集患者的自我跟踪数据,如饮食、运动、生命体征等,结合基于循证的临床知识、潜在的生物学机制、基于人口的健康风险评估,进一步提高疾病或风险预测的准确性。(2)将 POCT 结果以直接明了的文字描述呈现给患者,可进行全面的、动态的解释或诊断报告,更利于患者进行自我管理,必要时可以和医疗机构整合,推荐医生。

**郭玮:**POCT 和可穿戴检测设备是常规检验的重要补充。为了实现便携性,POCT 一定程度上损失了数据的精度,为 AI 的应用设置了障(下转第 531 页)

巨噬细胞对抗原的吞噬。因此,干扰素的产生对病毒在宿主体内能否存活有直接影响<sup>[35]</sup>。研究发现应用干扰素  $\beta 1b$  联合霉酚酸对 MERS-CoV 具有体外抗病毒活性,可以为 MERS 患者提供更具针对性的治疗方案<sup>[36]</sup>。

洛匹那韦-利托那韦——一种用于治疗艾滋病毒的蛋白酶抑制剂,在体外试验中也显示对 MERS-CoV 有抑制作用<sup>[37]</sup>。目前针对 SARS-CoV-2 开展的洛匹那韦和利托那韦联合应用的随机对照试验已经在指定医院展开,以评估洛匹那韦和利托那韦联合应用于 SARS-CoV-2 感染住院患者的疗效和安全性。

**4.5 SARS-CoV-2 治疗方案** 鉴于 SARS-CoV-2 是一种新出现的病毒,尚未开发出特效药,除了应用上述提到的抗病毒药物以外,目前以吸氧和辅助对症为主,有 38% 的患者接受了吸氧治疗<sup>[17]</sup>。轻、中度患者应当注意隔离和卧床休息,监测各项指标,维持体内环境的稳定,留意血氧饱和度变化,根据相关实验室数据及时调整治疗方案。例如,有细菌感染出现时要及时给予抗菌治疗,但要避免盲目的抗菌药物治疗,尤其是广谱抗菌药物的联合应用要慎重。危重症病例的治疗原则是在对症治疗的基础上,防止并发症和继发性感染,并进行器官功能支持,同时,要注意加强患者的心理疏导,避免产生恐惧焦虑等负面情绪的影响。

## 5 冠状病毒感染的预防

针对冠状病毒的感染,目前尚缺乏有效的疫苗,因此了解其传播途径,并采取有效的预防措施至关重要。SARS-CoV-2 致病性要低于 SARS<sup>[29]</sup>,其死亡病例大多是有原发疾病且免疫力低下的人群,但其传播能力极强,有模型预测,武汉感染患者可能高达 75 800 例<sup>[38]</sup>。目前被 SARS-CoV-2 感染的患者中,约 26% 的患者未去过武汉或接触武汉相关人员<sup>[17]</sup>,所以无法排除“超级传播者”的存在,因此切断传播途径、保护易感人群是目前能够控制疫情的最佳方案。SARS-CoV-2 与 2003 年 SARS 疫情相似,都与出售野生动物和肉类的市场有关<sup>[29]</sup>。这给人们深刻的警示:未来要进一步规范市场管理,养成良好的生活习惯,一旦发现疫情,应及时切断传染源,把疫情控制在最小的范围内然后及时将其“消灭”<sup>[38]</sup>。疫情期不参加群体类活动,减少外出,防止发生聚集性感染事件,外出应正确佩戴口罩。加强室内空气的流通,勤洗手,保持个人良好的卫生习惯,不食用生食,尽量不接触野生动物,注重锻炼,增强体质和自身免疫力。此外,就医时应做好防护措施,避免交叉感染,医护人员要采取分级防护原则,避免院内感染的发生,上述措施有助于控制疫情进一步扩散。

## 6 展 望

由于冠状病毒的感染者缺乏特异性症状和体征,目前其致病机制还有待研究,缺乏有效的检测方法,

以及特效药物,疫苗的研究尚处于初级阶段。但冠状病毒具有较强的传染性和致病性,治疗难度大,目前主要以对症支持治疗为主,难以取得理想的治疗效果。此外,由于冠状病毒是一种 RNA 病毒,相应的错配修复机制不完善,易发生变异。冠状病毒很可能在频繁的变异中获得新的特性,例如感染新的宿主细胞类型或物种,将来可能会暴发新的疫情。冠状病毒感染不仅会对人类的生命安全构成威胁,还会对全球社会经济造成极大损失,需要“未雨绸缪”,积极应对。同时应对其流行病学和致病机制进行深入研究,积极研发新型特效药和疫苗,并开发出更有效的检测手段,把冠状病毒的威胁扼杀于“摇篮”阶段。

## 参考文献

- [1] OGANDO N S, FERRON F, DECROLY E, et al. The curious case of the nidovirus exoribonuclease: its role in rna synthesis and replication fidelity [J]. *Front Microbiol*, 2019, 10: 1813.
- [2] 丁细霞, 陈满君, 潘玉先, 等. 420 例成人流感样患者呼吸道病毒感染及其主要病原体分布 [J]. *现代预防医学*, 2017, 44(20): 3781-3785.
- [3] LI F. Structure, function, and evolution of coronavirus spike proteins [J]. *Annu Rev Virol*, 2016, 3(1): 237-261.
- [4] CHEN Y, GUO D. Molecular mechanisms of coronavirus RNA capping and methylation [J]. *Virol Sin*, 2016, 31(1): 3-11.
- [5] CUI J, LI F, SHI Z L. Origin and evolution of pathogenic coronaviruses [J]. *Nat Rev Microbiol*, 2019, 17(3): 181-192.
- [6] FAN Y, ZHAO K, SHI Z L, et al. Bat coronaviruses in China [J]. *Viruses*, 2019, 11(3): 210.
- [7] 田明明, 魏雪玲, 杨兴, 等. 云南新现蝙蝠 SARS 样冠状病毒密码子偏性及其聚类分析 [J]. *中国人兽共患病学报*, 2018, 34(12): 1079-1086.
- [8] CHEN Y, LIU Q, GUO D. Emerging coronaviruses: genome structure, replication, and pathogenesis [J/OL]. *J Med Virol*, 2020, 21(1): 1-6 [2020-02-11]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/jmv.25681>.
- [9] 郑梅, 郑双丽, 陈丹瑛, 等. 蝙蝠来源的重症急性呼吸综合征冠状病毒 WIV1 刺突蛋白利用浣熊狗血管紧张素转换酶 II 受体侵入细胞能力的研究 [J/CD]. *中华实验和临床感染病杂志(电子版)*, 2019, 13(5): 370-376.
- [10] HAO Z, KANG Z J, GONG H Y, et al. The digestive system is a potential route of 2019-nCov infection: a bioinformatics analysis based on single-cell transcriptomes [J/OL]. *bioRxiv*, 2020: 1-26 [2020-02-11]. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.01.30.927806v1.full>.
- [11] CHAN J F, YUAN S, KOK K H, et al. A familial cluster of pneumonia associated with the 2019 novel coronavirus indicating person-to-person transmission: a study of a