

• 专家述评 •

医学检验领域人工智能技术应用与展望

张时民

(中国医学科学院/北京协和医学院临床检验诊断学系/北京协和医院检验科, 北京 100730)

编者按:2017 年 7 月 8 日, 国务院印发《新一代人工智能发展规划》, 将人工智能作为引领未来的战略性技术, 新一轮产业变革的核心驱动力, 提到了国家发展规划的高度。新一代人工智能技术呈现出深度学习、跨界融合、人机协同、群智开放、自主操控等特征。新一代人工智能相关学科发展、理论建模、技术创新、软硬件升级等整体推进, 正在引发链式突破, 推动经济社会各领域从数字化、网络化向智能化加速跃升, 人工智能在医疗行业中的应用也备受瞩目, 智能化医疗设备的研发或将成为行业的下一个爆点。本论文从检验科工作实践出发, 站在用户的角度, 论述临床医学检验中人工智能可能应用的方向, 也想象了很多未来极有可能实现的人工智能应用场景, 为临床医学检验领域进一步发展开辟了一条新的通道, 同时也为人工智能应用拓展了一个广阔的领域, 是一篇难得的具有示范效能的人工智能+医疗文章。

DOI:10.3969/j.issn.1673-4130.2018.05.001

中图法分类号:R-1;R-331

文章编号:1673-4130(2018)05-0513-05

文献标识码:A



张时民

我国检验医学发展已经有近百年的历史, 我们经历过手工检验的最初时代, 也经历甚至见证了从半自动化分析到全自动化分析的飞速发展阶段, 参与或实践了全实验室自动化和实验室信息化的新时代, 下一个检验医学发展的热点和飞跃或许是人工智能 (artificial intelligence,

现实、自动采血机器人研发与应用等方面, 检验医学领域的人工智能技术将有更深入的研究与发展, 具有广阔的发展空间。

1 细胞智能化识别

这个领域可以说是使用数字图像技术、形态学识别与智能化判断最为广泛的一个领域, 它涵盖了血液和体液诸多样本的形态学检验内容。以往的形态学检验基本上依靠专业人员在显微镜下进行识别与鉴定, 具有主观性, 且需要人员的不断培训与经验积累, 往往是检验科的一个短板。

1.1 人工智能在尿液有形成分分析中的应用 体液细胞分析可能是启动最早的一类人工智能设备, 在 1983 年就有应用图像法检测和识别尿中有形成分的设备研发应用。近年来出现了众多采用数字图像 (digital imaging) 分析原理研发的尿液有形成分分析仪, 该类仪器首先需要建立数据库, 采用数字图像成像技术, 提取颗粒的多种形态特征参数, 通过人工鉴别让仪器学习, 然后建立识别模型和算法。在检测未知颗粒时, 首先提取颗粒特征参数, 通过神经网络与数据库已知数据进行计算和比对, 判断结果, 识别、显示和报告结果。国内已经制定了 YY/T 0996—2015《尿液有形成分分析仪 (数字成像自动识别)》国家医药卫生行业标准, 为规范该类设备产品的研发生产质量和性能评价提供了参考方法。

1.2 计算机辅助精液分析的应用 其研发已经有 20 余年的历史, 它的主要构成是显微镜和摄像系统, 该系统可以确定和跟踪单个精子细胞的活动情况, 设定精子运动位移, 分析精子大小和形态, 可对精液中的

AI) 技术的应用, 我们是否会赶上这一进程并投入到这一进程中呢?

国际临床化学委员会 (IFCC) 主席 Maurizio Ferrari 先生在一篇《How to imagine the future of laboratory medicine》的报告中指出, 未来检验医学发展会依赖电子计算机和信息技术, 从电子高速路的创建和创新, 到人工智能检验结果的判读, 特别是自动细胞识别等新技术的应用, 可在未来的检验医学发展和构建中发挥重要作用。中华医学会检验分会主任委员潘柏申教授也在第 13 届检验医学学术会议上指出, 检验医学的未来发展契机包括标准化、自动化和智能化, 以及大数据与互联网的密切结合。智能化及以人工智能作为平台, 可实现临床化学与免疫学、血液学及体液学检验领域的自动判断和审核。在细胞形态学的自动化识别、实验室物流系统、远程控制与增强

作者简介:张时民, 男, 副主任技师, 北京协和医学院临床检验诊断学系血液体液教研室组长, 中国医学装备协会检验医学分会细胞形态学自动化分析学组副组长, 主要从事临床基础检验工作、教学与科研, 同时对检验仪器分析自动化、智能化等有一定研究, 发表文章 60 余篇, 主编专著 12 部。

本文引用格式:张时民. 医学检验领域人工智能技术应用与展望[J]. 国际检验医学杂志, 2018, 39(5): 513-516.

精子密度进行定量测定,还可以对精子活力、活力分级、活动率等参数进行分析,系统检查项目至少满足 WHO 有关人类精子检测的基本要求,而独特的精子运动参数也是该类设备的分析亮点。现在更多设备采用了数字图像分析法,除了提供上述参数外,还可进行精子形态学分析,提供正常、异常、头部异常、颈部和中段异常、尾部异常等形态学分析结果,当然这些结果的最终报告仍需要人工审核图像确认后签发。

1.3 人工智能在粪便分析中的应用 由于粪便是固体或半固体标本,比较难处理,加之粪便标本涂片背景的复杂性,几乎是形态学检验中最难完成的项目。粪便自动化分析仪器是国内独创的一类医疗检验设备,此类设备在制片上一般采用模拟人工直接涂片法和经稀释过滤后涂片或充池两类方法。仪器在分析时采用与尿液有形成分分析类似的原理,对标本进行取样、稀释、涂片、拍摄数字图像,最终采用图像法对粪便中的细胞、结晶、虫卵等成分进行数字化识别判断,还能对粪便的一般性状及常用的化学检查项目如潜血、转铁蛋白、钙卫蛋白进行测定,如果添加轮状病毒、腺病毒和诺如病毒金标法抗体检测板进行测定,则可用于腹泻疾病的筛查。由于粪便背景复杂,受食物中未消化成分的影响等许多因素干扰,识别的准确性还需进一步提高,但是粪便显微镜形态学检验已经初步开启了自动化和人工智能应用时代,而且走在世界相同检验领域的前列。

1.4 人工智能在阴道分泌物和宫颈细胞学检验中的应用 阴道分泌物(白带)检验以往多为人工显微镜观察法,因操作方法和结果判断的不同而引发争论的情况也时有发生。自动化仪器则将标本处理后注入特定的分析检测板内,再通过数字图像系统对标本中出现的有形成分进行数字拍摄和智能识别,从而对细胞、真菌、滴虫等常见成分进行筛查,甚至可以将标本染色后再行检测,还可以进行细菌性阴道炎检测。对可疑标本的形态学内容则需要提示给操作者,人工审核后方可签发报告。此外,在宫颈细胞学涂片检验的人工智能辅助筛查方面也有一定进展,某款自动分析宫颈细胞数字化病理涂片的设备可以通过人工智能、图像处理等手段,分析细胞涂片中是否存在病变细胞,可以筛除阴性细胞涂片样本,再将疑似阳性的涂片提交医生再次审核判断,可帮助医生节省 90% 以上的阅片时间,提高诊断效率。虽然这只是初步进展,假阳性率和假阴性率尚且存在,但随着数据库的逐渐扩大,算法的改进,人工判断经验逐渐输入到分析系统,其识别能力会逐渐提高。

2 血细胞智能化分析与测定

1982 年日本公司曾经研发了一款 8200 型白细胞图像分析系统,依据 Video 图像分析技术,但并没有完全成功。笔者在 20 世纪 80 年代曾接触过类似工作,协助中科院某所建立血细胞形态学计算机图像档案库,限于当时的技术条件,后续工作并没有延续下

来。目前所熟识的欧洲某品牌数字血细胞分析设备是 2005 年研发上市的,其在血涂片和体液涂片细胞识别方面已经取得了一定的成功,国内也有类似的产品在研发和应用。此类血液细胞形态学分析仪也是采用数字图像分析技术,硬件主要为输送玻片系统和内置 3 个物镜头的特制自动显微镜,软件系统中有强大的细胞图像数据库和算法的支持,它是依据预先定义的大型细胞数据库获得的。系统分析样本时会将所提取的细胞特征信息转化为数字信号,然后通过人工智能计算和神经网络系统进行形态学分析。检验程序为在已染色的血涂片上,首先用 10 倍物镜头扫描单细胞层并定位白细胞,再转换为 50 倍特殊油镜头扫描确定单层红细胞层,进行红细胞形态分析和血小板数量评估,继续转换为 100 倍油镜头后扫描分析定位的白细胞,对白细胞进行分类及异常有核细胞识别与初筛。在分析红细胞时,可提取其直径、颜色、色素含量、对比度等多种特征信息,对红细胞形态进行分类处理,将红细胞划分为血红蛋白浓度(颜色)异常、大小异常和形态异常等三大类数十种形态;对白细胞则可提取形状、大小、纹理、颜色、空隙、细胞核和细胞质比例关系等 360 项信息参数进行分析。除了给出正常白细胞分类外,该仪器还可进行外周血的异常细胞初筛、原始幼稚细胞初筛、血小板聚集、有核红细胞识别等。所获得的图像结果中依然存在许多异常细胞或异常现象干扰分析结果,必须经人工阅片审核后才能签发报告。这种仪器还可以完成对脑脊液、浆膜腔积液、肺泡灌洗液等样本的分析,目前已经可以连接到血细胞分析仪的流水线系统中,使血常规计数结果与形态学检测或复检成为一体,甚至可以实施通过网络进行形态学图像远程会诊。

另一款已经在国外上市的新型血细胞分析系统,则完全颠覆了我们对血细胞分析仪的概念,它是以数字化、形态学和人工智能原理进行细胞分析的检测系统,它需要 30 μL 全血通过喷涂制备血涂片,然后进行染色,再行拍摄及数字化细胞,最后进行数字化细胞分类、计数、计算与鉴别等步骤,即可完成血常规中“CBC+Diff+Ret”的所有检测。这种仪器不再采用传统的物理、化学、荧光等染色技术,也不需要鞘流技术,甚至不需要复杂的液体试剂。其通过图像扫描完成对白细胞、红细胞与血小板的计数和识别,分类白细胞,分析红细胞形态,计算红细胞参数,还可以提供细胞的数字成像,它既可给出细胞数量,也能给出细胞的形态学报告和分析结果,其血涂片标本可以保留更长的时间以便回顾性分析和研究,具有独特的优势。

3 人工智能在微生物检验领域的应用

病原微生物检查采用的常规检验技术包括接种、分离纯化和培养、染色、显微镜检查、鉴定和药敏检测等,其中形态学也是病原微生物检验的重点。目前已经有了用于分枝杆菌检验的显微扫描拍摄系统,该系

统采用人工智能的检测算法来扫描荧光涂片的高分辨率数字影像,自动对其中的疑似荧光体进行评分,根据国际防痨与肺疾病联合会标准,判断每个视野和涂片阳性、阴性,以及总体抗酸杆菌密度状态等,智能化地筛选出分枝杆菌,最终结果应由有经验的检验者审核确认。仪器可对大量阴性标本和视野筛检过滤,加快了检测速度,降低了劳动强度。而且通过不断学习,仪器的智能识别系统可逐步升级,逐步提高检出率和识别率。此外,真菌形态学分析、药敏抑菌圈测定、菌落计数等也可以借助图像分析技术进行智能分析和检测。

据了解,全球首个微生物质谱云中心已在中国建立。该项目在国家重大科学仪器设备开发专项和传染病重大专项的支持下,由军事科学院牵头,由十几家国内知名医疗单位及机构联合,攻克离子聚焦与双场加速、脉冲延迟与离子排斥等质谱技术难题,研发了微生物全细胞蛋白组提取试剂。经过 3 万株菌的蛋白质组生物信息分析,开创了非线性相似性度量的人工智能算法,建立了超过 370 属 2 200 种 7 900 株的微生物蛋白指纹图谱数据库及全球首个微生物质谱云中心,实现了 2 200 种微生物在培养后 5 min 内快速鉴定的飞行时间质谱系统。目前该数据库已经拓展至 8 100 株,临床验证数量超过 15 万株。该成果已在包括北京协和医院在内的 40 余家医院及科研单位开展应用并获得一致好评。这也是在微生物检验领域应用互联网、大数据、云计算及人工智能技术所获得的一项重要成果。

4 人工智能在染色体分析中的应用

染色体显微数字图像扫描系统出现后,可对制备好的染色体涂片进行扫描拍摄,也可以通过辅助的连续供片系统进行多片扫描拍摄,再通过图像采集模块采集一定数量的染色体核型图,进行数字处理和优化后,再通过染色体核型分析系统进行分析。智能化的软件可对人体 46 条染色体图像进行自动分割,包括将交叉、粘连、重叠的染色体进行自动或手工辅助分割,将相同标号的染色体汇集配对。智能化程序应用后,这种自动分析系统会逐渐学习操作者的判断处理方法,逐渐提高判断能力,其分析的准确性可以达到 50%~70%。系统可识别染色体数量、畸变、染色体数目增多/减少和三倍体等突变,对染色体结构畸变、染色体缺失、易位、倒位、插入、重复等常见异常也可初步识别判断。最终结果应由经验丰富的检验者根据仪器分析初筛结果进行鉴别,审核后发出图文报告。

5 检验结果自动审核

几年前国内已经有了一些关于检验报告自动审核的尝试应用与研究^[1],这些应用主要集中在临床生化检验^[2]和血常规检验^[3],也有部分在尿液分析中的应用^[4]。自动检验结果审核系统的建立要依靠强大的 LIS 和 HIS 的支持保障。自动审核系统还需要检

验前、检验中、检验后所有程序都按规定执行,每一个环节都必须规范。如果能够与临床诊断和治疗进程信息密切结合,确定哪些结果可通过智能审核,哪些结果不能通过智能审核,哪些结果需要警示和人工确认,哪些结果需要其他方式复查与处理,哪些结果涉及危急值报告,以及特殊情况下可顺利切换至人工审核模式等,将会进一步提升自动审核系统的智能化改进。如果能将检测的不确定度等信息包含在内,将更好地解决临床对结果的信任度。为了更好地实现自动化报告审核,由北京协和医院检验科牵头的《临床实验室定量检验结果的自动审核程序建立与验证》国家行业标准正在制定中。这将有助于指导临床实验室建立、改进、优化、验证定量检验结果的自动审核程序,为实验室实施自动审核程序提供指导,保证检验结果发放的准确性,提高工作效率,缩短报告时间^[5]。2017 年 11 月 29 日,复旦大学附属中山医院检验科成功举办了“2017 临床检验项目结果自动审核研讨会”,来自全国近 200 名检验专家一起探讨了检验项目结果自动审核的临床应用。随着医疗水平与检验自动化程度的不断提升,医学检验已进入前所未有的大数据应用时代。临床检验报告自动审核专家系统可有效提高检验报告的准确性,大大提升检验报告审核的速度。自动审核是人工智能与检验医学的完美结合,是分析后检验程序标准化、自动化、智能化的飞跃,如今已受到越来越多临床实验室的关注。中华医学会检验分会主任委员潘柏申教授指出,自动审核是提升实验室检测质量与检测效率非常重要的手段,规范自动审核的实施和操作流程已经到了刻不容缓的阶段。检验报告的自动审核已是大势所趋,广大检验同仁们应积极迎接大数据智能化时代的来临。

6 自动采血机器人

2010 年,美国普林斯顿机械工程学系大三的学生哈里斯(Richard Harris)提出了采血机器人的创意,并在美国加州创新团队设计研发成功,命名为 Veebot。患者将手臂伸进拱体中,充气的袖套会收缩,将手臂固定住,压缩血流,让血管更容易显现,机器人用红外线相机探测照射手肘内侧,配合超声波与机器视觉技术定位静脉位置,自动分析所拍摄的影像,检查血管构造与内部血液流量,找出最适合采血的血管和位置后,机器人会校准针头,选择最佳角度,迅速将针头穿刺进入血管,通过真空采血管的负压抽取足够量的血液标本,整个流程约 1 min。采血机器人主要应用了智能交互技术、智能生物识别技术,以及智能导航控制技术,变人工凭经验盲目穿刺为精准可视化穿刺,实现了自动化、标准化、精准化,把医护人员从高频、高难、高危的工作中解脱出来。根据国外文献统计,护士人工采血的首针成功率不到 75%,但是机器人理论上可以做到 99%,目前采血机器人已经实现了 90%以上的成功率。如果在采血窗口或平台建立人脸自动识别系统,真实记录采血过程和时间,将会更

有效地防止错误采血、恶意替代、冒名顶替采血等问题,减少错误和恶意投诉的发生。

7 人工智能在标本自动传输物流系统中的应用

标本的自动传输在许多医院已经成为现实,检验科实验室可以通过轨道或气动管道传输系统、智能化的物流管理系统,从医院各个病区、门诊或急诊、采血窗口迅速、及时获取标本。最快的气动管道传输系统,传输速度可达 600 m/min。临床医师也可以通过 HIS 及时了解采血时间、送检时间、检验科接收时间、检测时间、签发时间等信息。在一些医院还有实验室自动送检运输机器人,它会按预定的路线将窗口接收的标本运送到不同的工作区或不同的操作工位,未来将会有无人机将标本跨建筑、跨楼层送检。智能化的标本自动传输物流系统也是现代化医院所必不可少的配置。

8 人工智能技术在检验医学中的应用设想与展望

在 2017 年全国“两会”上,国务院总理李克强发表了政府工作报告,指出要加快培育壮大包括人工智能在内的新兴产业,“人工智能”也首次被写入了政府工作报告。在这个“互联网+”的时代,人工智能、大数据、云计算、物联网技术不断渗入医疗领域和大健康领域,笔者认为,一个医院的现代化不仅仅体现在医疗技术能力强、设备先进、管理有效这个层面上,还应体现在信息化和智能化的程度。笔者从用户的角度对人工智能在医院检验科中的应用做了以下设想。

8.1 自动化质量控制运行及智能化判断 设想在自动化分析流水线上添加智能化的质控模块,设计其每日按预定的时间启动质控程序,自动测定质控样本,自动填入质控数据和绘制质控图,自动判定质控结果并可通过信息系统发送消息给仪器使用者或管理者,提示在控或失控及相应的处理方案。按照程序对新批号质控物靶值进行自动累积测定和智能化统计分析,确定其靶值和设定变异范围。

8.2 智能化复检 血常规和尿常规检验中常需要对触犯复检规则的标本进行复检,因此,在自动审核程序中会对这些标本进行标记,提示复检方法并自动启动复检程序,这在某些医疗单位可能已经实现,或者还需进一步改进。

8.3 人工智能辅助诊断 设想自动报告审核系统能够将患者治疗方案(特别是化疗和放射治疗)、药物影响因素、标本采集条件、检验项目的不确定度等结果的发展变化与患者具体诊断治疗情况结合进行大数据的综合分析,并给出其发展变化趋势及预后等信息,将是一个革命性的变化,也是检验医学与临床诊断治疗最佳的结合。在自动审核程序中也可以增加与临床治疗相关的选择,以判断哪些检验结果与治疗过程相关,与医疗过程检验指标变化相关、一致、符合变化规律,哪些不可能出现的结果变化一定要报警等。智能化的信息系统在判断结果的过程中,可提供该项目在某类疾病诊断中的敏感性和特异性,该指标

的进一步应用及相关检验检查的追加选择建议等,甚至可以结合更多的患者临床资料和实验检查结果,汇集给临床医师,给出诊断选项,辅助临床诊断或提出治疗方案选择。一些与此关联的检验项目还可以进行综合分析判断,给审核者提供建议,例如干化学尿蛋白、尿糖和血液中的蛋白、糖、肌酐,尿蛋白定量和尿蛋白电泳的数据关联性分析,都可以在审核中提供参考。

8.4 个体化诊断 检验过程中总会有个别现象或极端现象影响检验结果,可以在大数据的基础上积累此类影响检验结果的数据和处理方法,甚至是个性化的影响因素,如乳糜血、脂血、黄疸、溶血等问题,通过智能化计算获得消除干扰或影响的测定结果的因素,或者提供计算修正值,或者提供解决问题的处理方法等。系统可以记住这些影响因素,甚至记住这些个体。借助大数据智能化管理及分析检验数据,建立个体化检验指标的参考区间,随时观察个体检验指标的变化趋势,早期预警早期干涉,提高健康水平。人工智能的广泛应用及其良好性能很大程度需要大数据的支持,因此,检验医学如何提供这些数据,以及患者个人隐私问题、数据脱密等问题也是值得在进行开发尝试及开展大规模智能应用之前考虑的重要问题。面对人体的复杂性和个性化,如何通过人工智能化构造和量化给出检验评价标准也是亟须研究的工作之一。

8.5 大数据与临床研究 检验数据众多,某些指标可能不被人们认识或了解其更多用途,可否通过大数据分析获得这些指标的应用价值呢?例如血常规中的红细胞分布宽度(RDW),目前多被用于贫血分类,国外专家根据大数据分析认为它不仅仅用于贫血分类,有一项 225 006 例入组的大数据研究发现,RDW 的升高可能会增加心血管疾病的发生率及全因死亡率^[6]。以前认为临床意义不大的平均血小板体积(MPV),经大数据分析发现其与癌症患者静脉血栓栓塞风险和死亡率有一定关系,而且和非癌症患者所出现的变化不同^[7]。通过大数据分析可以深度挖掘研究数据,可能获得意想不到的结果。

8.6 继续提高形态学人工智能设备识别能力 前文提及了人工智能在血液、体液、细胞形态学检验中的进展,但目前大多数设备只能做到初筛,而临床实际工作中仍然有许多疑难问题、疑难细胞,智能化设备尚不能鉴定或识别,还需人工鉴别,甚至需要极有经验的专家来鉴别。不断提高智能化设备对各种标本的形态学识别能力和正确鉴别能力,需要依靠继续扩大数字图像数据库,改进算法,增加特征参数,深度学习训练,添加特殊染色,添加其他辅助专业技术等,不断改进与提升。国外专家预言未来或许在形态学检验上,人工智能设备能够部分替代形态学检验人员^[8]。形态学人工智能识别设备应添加互联网功能,提供图像会诊平台,使得难以识别的细胞形态可以通过互联网平台和专家组,达到远程(下转第 520 页)

[2] 林爱心,袁春雷,汪伟山,等. 孕妇生殖道无乳链球菌带菌状况及药物敏感性分析[J]. 国际检验医学杂志,2014,35(12):3220-3221.

[3] KIMURA K,NAGANO N,NAGANO Y,et al. High frequency of fluoroquinolone- and macrolide-resistant streptococci among clinically isolated group B streptococci with reduced penicillin susceptibility[J]. J Antimicrob Chemother,2013,68(3):539-542.

[4] KAWAMURA Y,FUJIWARA H,MISHIMA N,et al. First Streptococcus agalactiae isolates highly resistant to quinolones, with point mutations in gyrA and parC[J]. Antimicrob Agents Chemother,2003,47(11):3605-3609.

[5] WEHBEH W,ROJAS-DIAZ R,LI X,et al. Fluoroquinolone-resistant Streptococcus agalactiae: epidemiology and mechanism of resistance[J]. Antimicrob Agents Chemother,2005,49(6):2495-2497.

[6] PICCINELLI G,GARGIULO F,CORBELLINI S,et al. Emergence of the first levofloxacin-resistant strains of Streptococcus agalactiae isolated in Italy[J]. Antimicrob Agents Chemother,2015,59(4):2466-2469.

[7] 尚红,王毓三,申子瑜,等. 全国临床检验操作规程[M]. 4 版. 北京:人民卫生出版社,2014.

[8] CLSI. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: 26th informational supplement M100-S23 [S]. Wayne,PA: CLSI,2016: 91-93.

[9] WANG P,TONG J J,MA X H,et al. Serotypes,antibiotic susceptibilities,and multi-locus sequence type profiles of Streptococcus agalactiae isolates circulating in Beijing, China[J]. PLoS One,2015,10(3):e0120035.

[10] WANG Y H,CHEN C L,HOU J N,et al. Serotype distribution and resistance genes associated with macrolide and fluoroquinolone resistance in Streptococcus agalactiae isolates from a hospital in southern Taiwan[J]. Biomed J, 2015,38(3):215-220.

[11] RYU H,PARK Y J,KIM Y K,et al. Dominance of clonal complex 10 among the levofloxacin-resistant Streptococcus agalactiae isolated from bacteremic patients in a Korean hospital[J]. J Infect Chemother,2014,20(8):509-511.

[12] SOUZA V C,KEGELE F C,SOUZA S R,et al. Antimicrobial susceptibility and genetic diversity of Streptococcus agalactiae recovered from newborns and pregnant women in Brazil[J]. Scand J Infect Dis, 2013,45(10): 780-785.

[13] 时春艳,曲首辉,杨磊,等. 妊娠晚期孕妇 B 族链球菌带菌状况的检测及带菌对妊娠结局的影响[J]. 中华妇产科杂志,2010,45(1):12-16.

[14] DEGUCHI T,YASUDA M,NAKANO M,et al. Detection of mutations in the gyrA and parC genes in quinolone-resistant clinical isolates of Enterobacter cloacae[J]. J Antimicrob Chemother,1997,40(4):543-549.

(收稿日期:2017-09-15 修回日期:2017-11-22)

(上接第 516 页)

会诊、专家会诊的目的,提供学术讨论的平台,为基层医院和有需求的用户提供帮助。而骨髓检查也许是形态学检验中最难以完成的任务,是否可以配合流式细胞术、特殊染色分析、组化分析、基因分析、遗传学检查等多种技术的综合智能分析,给出更科学的诊断报告。

9 结 语

医学检验在计算机技术和“互联网+”时代,在人工智能、大数据、云计算、云存储、物联网等技术不断与医疗、大健康行业互相渗透的环境下,以大数据为基础的人工智能模型的建立,将对疾病防控、癌症筛查、病种分布、遗传图谱、基因检测、人体数据分析等带来有价值的发现和应用。在精准医疗愈发受到重视的今天,这些都成为了其中不可缺少的要素,这是实现人工智能应用的重要体现和方向^[9],或许也是未来人工智能+医学检验要走的方向。

志谢:感谢西安电子科技大学缙水平教授对本文提出的宝贵意见和建议。

参考文献

[1] 陆怡德,施新明,杨帆,等. 临床化学审核规则的制定及计算机自动确认的应用[J]. 检验医学,2011,26(4):277-280.

[2] 冯强. 临床生化检验结果的自动审核[J]. 国际检验医学杂志,2015,36(4):547-548.

[3] 冯强. 血常规自动审核的应用探讨[J]. 国际检验医学杂志,2013,34(18):2482-2483.

[4] 郑善奎,郝晓柯. 尿液分析仪检测结果自动审核模块的设计[J]. 医疗卫生装备,2011,32(12):42-44.

[5] 杨大千,邢美园,杨勤静,等. 智能检验用户使用体验的质性调查[J]. 国际检验医学杂志,2015,36(4):489-491.

[6] ARBEL Y,WEITZMAN D,RAZ R,et al. Red blood cell distribution width and the risk of cardiovascular morbidity and all-cause mortality: a population-based study [J]. Thromb Haemost,2014,111(2):300-307.

[7] RIEDL J,KAIDER A,REITTER E M. Association of mean platelet volume with risk of venous thromboembolism and mortality in patients with cancer: results from the vienna cancer and thrombosis study (CATS) [J]. Thromb Haemost,2014,111(4):670-678.

[8] GRANTER S R,BECK A H,PAPKE JR D J. AlphaGo, deep learning and the future of the human microscopis [J]. Arch Pathol Lab Med,2017,141(5):619-621.

[9] SHARMA G,CARTER A. Artificial intelligence and the pathologist future frenemies[J]. Arch Pathol Lab Med, 2017,141(5):622-623.

(收稿日期:2017-10-12 修回日期:2018-01-02)