

• 全民健康助力全面小康 •

检验医学发展历程的回溯与展望

——弘扬“敬佑生命，健康至上”的医学人文精神

廖远泉

作者单位：242500 安徽宣城，安徽省泾县医院检验科

通信作者：廖远泉，Email：liaoyuanquan@aliyun.com

DOI：10.3969/j.issn.1674-7151.2020.04.001

【摘要】 检验医学发展的历史可以归纳为萌芽与探索的初级阶段、漫长滞后的薄弱阶段以及蓬勃发展的新阶段。随着人民卫生健康事业的发展，我国检验医学发展迅速，目前已进入实验室自动化和信息化检验医学发展的新时代。本文从医学人文角度回顾了检验医学发展的历史进程，从临床实验室检验质量管理与控制、检验医学与现代信息技术的结合、检验医师架起检验与临床的桥梁以及临床医学实验室检验技术自动化等 4 个方面，概述了检验医学发展新阶段中临床实验室技术的新进展，并对检验医学科技创新的未来——人工智能 + 检验医学予以展望，弘扬“敬佑生命，健康至上”的医学人文精神。

【关键词】 检验医学； 科学技术创新； 研究进展

Retrospect and prospect of the development of laboratory medicine: carry forward the medical humanistic spirit of "respecting and protecting life and health first"

Liao Yuanquan. *Clinical Laboratory, Jingxian Hospital of Anhui Province, Xuancheng 242500, Anhui, China*

Corresponding author: Liao Yuanquan, Email: liaoyuanquan@aliyun.com

【Abstract】 The development history of clinical laboratory medicine can be summed up as primary stage of germination and exploration, weak stage of long lag and new stage of vigorous development. With the development of people's health career, laboratory medicine in China has developed rapidly. At present, we have entered a new era of automation and information-based laboratory medicine. This paper reviews the historical development of laboratory medicine from perspective of medical humanities, and summarizes the new progress of clinical laboratory technology in the new stage of laboratory medicine development from four aspects such as the quality management and control of clinical laboratory, combination of laboratory medicine and modern information technology, construction of a bridge between laboratory medicine and clinical practice, and automation of clinical laboratory technology. In addition, the future of laboratory medicine science and technology innovation artificial intelligence + laboratory medicine are prospected, so as to carry forward the medical humanistic spirit of "respecting and protecting life and health first".

【Key words】 Laboratory medicine; Scientific and technological innovation; Research progress

“医学史即医学之源流，凡治一学，若不穷其源流，则如木之无根，未有能发扬滋长者”（出自《中央国医馆整理国医药学术标准大纲—国医公报》）。医疗社会文化史研究于 20 世纪 80 年代在历史学界逐渐兴起，它将医学发展放到具体的历史情境中，综合使用历史学、社会学、文化学、人类学等研究方法，试图以更加多元的视角，从多个维度来呈现医学发展的面貌及其与社会文化背景的复杂关系^[1]。樊代明^[2]院士在论述中强调，医学实践离不开医学人文。人文是人类文化的最高境界，也是医学的重要组成部分。健康与人文有关，医学的对象是人，所以

医学实践不能缺少人文。医学人文研究能把握医学发展的正确方向，了解医学人文是医生必备的素质。因此，医学人文精神培育是现代医学发展的重要内容，有助于培育高质量发展的医院文化，进一步凝炼、弘扬“敬佑生命，健康至上”的医学人文精神。

医学史研究主要见于临床医学，多见于中国传统医学中医史的研究。随着现代临床医学的全面发展，检验医学技术水平不断得到提升。与此同时，检验医师医学人文精神的培育亦应受到重视，而对检验医学发展历程的研究是培育医学人文精神的途径之一。“温故而知新”（出自《论语·为政》），回溯

检验医学的发展历程,检验医学已经远远突破了辅助临床医学诊断疾病的范畴,在疾病的治疗、预防以及对人类健康的促进等方面发挥了重要作用^[3]。

我们经历了人工医学检验的最初时代,也见证了从临床实验室半自动化分析到全自动化分析的飞跃发展历程。目前,我国已进入实验室技术自动化和实验室信息化的检验医学蓬勃发展的新时代,下一个检验医学发展的热点和飞跃或许是人工智能(artificial intelligence, AI)技术的应用^[3]。笔者不揣冒昧,拟从医学人文视角回溯检验医学的发展历程,概述临床医学实验室检验技术自动化的新进展,并展望检验医学科技创新的未来即 AI+ 检验医学。

1 检验医学发展历程—初级阶段的回溯

检验医学发展历史可以归纳为萌芽与探索的初级阶段、漫长滞后的薄弱阶段和蓬勃发展的新阶段。

1.1 萌芽与探索初级阶段的回溯 我国东晋名医葛洪的著作《肘后方》中就对“寸白虫”即人体寄生虫(绦虫)有所记载。唐代孙思邈《备急千金要方》和王焘《外台秘要》中均指出“消渴”患者的小便有甜味,故有“糖尿病患者尿液可以诱引蚂蚁”之说。医学之父希腊哲学家 Hippocrates 论述了尿液检查对疾病诊断的重要性,如尿液气味的差异及色泽的变化均可帮助了解病情,堪称古代医者应用简易理学检验诊断疾病的范例。

随着临床医学的发展,简单的理学检查远不能满足疾病诊疗的需要,生物技术、物理学和化学的方法逐渐融合于对疾病病因和病理机制的探索。公元 1676 年,荷兰人 Antony van Leeuwenhoek (1632—1723)使用自行磨制的玻璃镜片发明了可以将“目的物”放大 266 倍的复式显微镜^[4-5],并用其观察牙垢、雨水等,发现了许多活动的“微小生物”,证实微生物的存在。1827 年, Richard Bright 采用锡铅合金器皿加热尿液样本,定性检测肾脏疾病患者的尿蛋白。1887 年, Gohal 应用简易的血细胞计数板(即 Neubauer 计数板的雏型),检测出健康者血液中约有红细胞 5 000 000 个/ μL 。显微镜的使用开辟了血细胞计数及形态学检查的先河,与理化检查技术共同开启了检验医学的初级阶段。

19 世纪以来,西方医学技术蓬勃发展,并逐渐传入我国。随着教会医院在国内几个大城市建立,许多常用的临床检验技术被带入我国。最初检验医学主要包括临床医师或少数病理技师承担的“三大常规”等检测项目,后来医院相继聘用了一些助理

人员协助完成临床检验技术工作,“化验员”及“化验室”应运而生。

吴宪教授是我国生物化学的奠基者,他和导师于 1919 年合作发明了钨酸血滤液法(Folin-Wu method),利用钨酸沉淀血液中的蛋白质,制备无蛋白血滤液测定血糖,而后该方法被广泛应用于临床化学检验。这一研究成果由 Folin 和吴宪共同署名发表于 1919 年的《生物化学杂志》,钨酸血滤液法可能是国际上首次以中国科学家命名的科学技术方法。1920 年,他们又用磷/钼酸盐试剂取代了 Folin-Denis 的苯酚试剂,并设计了具有壶釜且细颈的 Folin-吴宪式血糖试管,解决了空气中的氧对氧化铜的再氧化问题,且避免了由肌酸、肌酐和尿酸等血液成分导致的干扰。

1924 年,吴宪教授归国后在北京协和医学院执教,率先在国内开设生物化学系,讲授临床生物化学及检验医学,并初步调查和确立了中国人部分血液化学成分的正常参考值范围^[6],为我国临床生物化学学科的建设奠定了基础。

1.2 医学检验—医学实验诊断学 我国检验医学技术发展的历史进程经历了漫长、滞后的薄弱阶段。直到新中国成立后,在中国共产党的正确领导下,随着人民卫生健康事业的发展,尤其是在党的十一届三中全会以后,检验医学事业有了长足进步。随着化学、物理学、生物化学、分子细胞学、遗传学、免疫学、分子生物学、电子技术、电子计算机、仪器分析等现代科学和技术理论及应用上的进步与发展,检验医学目前已获得许多重大成果。同时,这些学科和技术不断地向临床医学领域广泛渗透与交融,使得实验室科学技术与临床各种疾病的病因学、病理学、诊断学研究、治疗与药物监测等各个环节在更高层次上结合并相互促进。因此,作为基础科学与临床医学桥梁的医学检验的学科范围不断扩大,技术装置日趋精密复杂,人员素质及知识层面也不断提高。医学检验已从原来的单纯辅助性技术发展为直接参与临床诊断、科研和医疗决策的独立医学实验诊断学。目前检验医学已突破了辅助临床医学诊断疾病的范畴,在疾病的治疗、预防和对人类健康的促进等方面发挥了重要作用^[5-7]。目前,我国检验医学的各分支学科亦逐渐形成。

20 世纪 70 年代起,各种自动化的检测仪器以及实验诊断试剂不断推出,我国已经进入实验室技术自动化和实验室信息化的新时代。

2 检验医学的新阶段和新时代

检验医学蓬勃发展的新阶段和新时代主要体现在临床实验室检验质量管理与控制、检验医学与现代信息技术相结合、检验医师架起从检验到临床的桥梁以及临床医学实验室检验技术自动化等方面。

2.1 临床实验室检验质量管理与控制 改革开放后,大量先进的现代化检验仪器设备被不断引进国内,具有高学历的检验专业技术人员也逐步充实到各级临床医学实验室。我国检验医学领域已经进入飞速发展的新阶段。同时,国内一些学者也认识到,临床医学实验室质量管理水平滞后的现状是影响我国检验医学事业发展的“瓶颈”。因此,提出在临床医学实验室建立质量管理体系^[8]。

国家卫生健康委员会临床检验中心(National Center for Clinical Laboratories, NCCL)于1982年在北京医院成立。NCCL以临床检验质量控制与改进为方向,承担了全国临床检验质量管理与控制工作,制定全国临床检验室间质量评价计划,建立和应用临床检验参考系统,开展相关科学研究。NCCL通过构建、完善和实施临床检验质量管理与控制体系,持续改进临床检验质量,保障医疗卫生工作有效开展。各种自动化检测仪器以及实验诊断试剂的不断推出,NCCL以及各地区临床检验中心的建立和临床检验质量管理与控制、实验室室间质量评价工作的开展,标志着我国检验医学新时代的启始。

长期以来,检验医学实验室检测多依靠人工方法完成操作技术。这些操作技术可能受到多种因素影响,检测结果往往出现一定的实验误差。淘汰旧的检测技术和方法,采用新技术是推动检验医学技术进步和发展的重要措施。

1984年2月27日,国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,同时还发布了《中华人民共和国法定计量单位》,自1986年起参照执行。例如与检验医学密切相关的“常用人体临床检验数值”中物质浓度(substance concentration)单位,凡表示已知分子量物质在人体内的浓度,都应用物质的量单位[摩尔(mol)或其分数]取代所有旧制单位[如表示质量浓度的克(g)、毫克(mg)等质量单位],统一使用升(L)作为表示体积基准单元的分母。各种物质的mol值根据物质的相对分子质量(molecular weight)或相对原子量(atomic weight)计算而获得。我国临床检验医学已经完成了旧制单位的转换,实行了法定计量单位——国际单位制。

1991年1月,NCCL组织以叶应妩、王毓三为主编的检验医学专家,编写并出版了《全国临床检验操作规程》(以下简称《规程》;第1版)^[9]。《规程》推出了当时国内外比较先进且适应我国实际情况的常规检验方法,其内容主要包括临床血液及体液检验、临床化学、微生物学、免疫血清学检验等,并于1997年和2006年相继修订出版了《规程》第2、3版。2015年,由尚红、王毓三、申子瑜主编了新版《规程》^[10],其制订对促进临床检验方法的规范化和标准化,提高医院间检验结果的可比性和准确性,减少患者在不同医院就诊的重复检查具有重要意义。另外,《规程》所推荐的试验方法也可以作为检验试剂盒生产厂家的参考和依据。

1993年1月1日,我国在全国范围内实施原国家卫生部令(第18号),淘汰了35项临床检验项目或方法^[5],并规定了一些可以替代的相应临床检验项目和方法。2000年,国际标准化组织推出了ISO/FDIS15189《医学实验室的质量管理标准》。我国也成立了“中华医学管理学会临床检验专业管理委员会”,实施了相应的管理办法。2006年原卫生部颁布的《医疗机构临床实验室管理办法》,规定“医疗机构应当加强临床实验室质量控制和管理。医疗机构临床实验室应当制定并严格执行临床检验项目标准操作规程和检验仪器的标准操作和维护规程,医疗机构临床实验室要开展室间质量评价,标准按照《临床实验室室间质量评价要求》(GB/T 20470-2006)^[11]执行”。自此,我国临床医学实验室质量管理工作及其体系建设有了持续改进和提高。

2.2 检验医学与现代信息技术的结合 当代人类社会已进入信息化时代,自然科学各领域的信息量日益增长,知识更新越来越快,学科间的交流与联系也日趋频繁和紧密。“求木之长者,必固其根本;欲流之远者,必浚其泉源”(魏徵《谏太宗十思疏》)。信息化的飞速发展要求检验医师必须及时了解和掌握相关最新信息。检验医学系列期刊正是展示和交流学术信息的窗口、检验医师施展才华的舞台以及获取知识的重要来源,也是发现和培养人才的重要基地。

《中华检验医学杂志》(*Chinese Journal of Laboratory Medicine*,月刊)由中华医学会主办,于1978年9月创刊,前身为《中华医学检验杂志》(*Chinese Journal of Medical Laboratory Science*),是广大中、高级检验医学技术人员、医学实验室科研人员和临床医师的良师益友,也是我国检验医学领域专业人员发表研

究成果和进行学术交流的重要平台。以《中华检验医学杂志》创刊为契机,我国检验医学相关学术期刊犹如在信息交流的百花园地中含苞欲放的花蕾竞相开放、茁壮成长。迄今,我国检验医学领域已有 30 多种专业出版物,相关专著更是不胜枚举。

现代信息技术的发展使我们可以通过网络及时获取各种最新信息。这些都为检验医师了解检验医学最新进展提供了便利。利用有限的时间从大量的国内外网络信息及期刊文献中检索获得有用的资讯,开拓视野、活跃思维、荟萃精华、丰富和提高自己的专业知识水平及实验技能,亦可促使检验医师不断学习,增强科研意识,总结经验,在推动检验医学事业发展进步的同时有所发现和创新,通过国内外检验医学的学术期刊展现我国检验医学科技创新成果,增进国内外的学术交流^[12]。

2.3 检验医师架起从检验到临床的桥梁 2003 年,中国医师协会检验医师分会成立。首次明确“检验医师”的职责,标志着我国检验医师队伍的管理向国际化和规范化迈出了重要一步^[6],也是我国检验医学创新的一项重要举措。自此,中国检验医师架起了从检验到临床的桥梁,把检验数据转化为有效的医疗信息,为临床提供重要辅助^[13-14]。目前,我国检验医师队伍仍处在人才培养和梯队建设阶段,培养和引进高层次检验医师、明确检验医师岗位职责至关重要。检验医师应充分运用检验和临床医学知识,参与和帮助临床医师正确解读繁杂的临床检验结果并转化为医疗信息,从而帮助临床医师在疾病诊疗中合理地应用这些信息。参与临床诊断决策,对下一步治疗方案的选择提出建议是检验医师的重要工作。

2.4 临床医学实验室检验技术自动化 检验医学技术自动化是学科发展的必由之路。检验医学科技不断创新发展,现已应用于临床检验的生化分析仪有连续流动式自动分析仪、分立式自动生化分析仪、离心式自动分析仪、袋式自动生化分析仪、干化学分析仪、自动免疫分析仪等。半自动生化分析仪多数还要依赖人工完成样本及反应混合体的递送,或人为观测并计算实验结果,现多已不再应用,广泛应用于临床实验室的主要是分立式自动生化分析仪^[15-16]。自动生化分析仪的应用极大地提高了临床生化试验的准确性、检测的精密度和效率。临床检验的项目已经涵盖了肝功能、肾功能、心肌酶谱及多种功能酶的检测,还有糖代谢、脂代谢、蛋白质、内分泌、微量

元素及电解质、血气分析等近百个检测项目^[17-19]。

随着科学创新和技术进步,临床化学分析仪正趋向简单便携式和系列化组合式,全能型自动化和生物传感式的全自动分析仪已应用于临床生物化学及免疫化学检验^[3]。如德国西门子公司生产的 Aptio 生化免疫流水线,采用直接化学发光方法,使用与其配套的检测试剂可用于定性或定量检测尿液、血清、血浆或羊水样本中的生殖激素和甲状腺功能、肾上腺功能、新陈代谢相关指标,从而用于心血管疾病、贫血、肿瘤及传染病的辅助诊断。生化免疫流水线的最佳工作效率可达每小时 2 400 次检测、1 800 次比色定量、600 次电解质测定,且具有双向实验室信息系统(Laboratory Information System, LIS)和实验室自动化及远程实验室服务器系统,提高了实验室管理工作质量。此外,即时检验(point of care testing, POCT)也在国内外得到广泛应用^[20-21]。

尿液检查是临床常规检验项目,对临床多种疾病尤其是泌尿系统疾病有重要的临床诊断价值^[22]。尿液检查从前多依赖一般化学方法或显微镜检查来完成。临床实验室引进的尿液有形成成分分析仪能定量检测白细胞、红细胞、小圆上皮细胞、真菌等 10 余种有形成分,可提供红细胞形态学信息、尿液电导率、尿路感染信息以及尿液标本的颜色、浊度等辅助检查项目^[3]。尿液有形成成分分析仪的工作原理是仪器软件系统使用电荷耦合器件(charge coupled device, CCD)采集标本中有形成分的图像,将数据传输输入计算机,由软件对各种特征数据进行处理和分析,建立模型,并参照已建立的数据模型自动识别该图像代表的实物。以上流程即为自动显微镜检,计算机自动识别分类计数。

20 世纪 90 年代,血液细胞分析技术进展的重要标志是白细胞分类技术的创新^[23]。高新技术的应用和计算机数字化分析能检测血液细胞的电阻和高频电磁波的传导性,还可以从不同角度测量细胞对入射光的散射程度,采用光度计检测染色细胞的颜色变化等方法直接或间接地进行细胞计数和鉴别,显著提高了血液细胞分类的准确性,并且可以绘制相应的细胞分类散点图和直方图。因此,新型多功能血液细胞分析仪相继面世,为血液细胞学检验的质量控制和某些疾病的临床诊断提供了技术支撑。迄今,应用于临床医学实验室的自动血细胞分析仪可以完成红细胞、白细胞、血小板及其参数等多达几十项血常规检测^[24]。此外,部分细胞

分析仪还整合了某些免疫化学参数及 C-反应蛋白 (C-reactive protein, CRP) 的检测技术。

全自动血细胞流水线 and 自动血液推片仪器^[3]具有多通道技术荧光染色 (类似流式细胞术) 功能, 每个通道可以进行多项的测定和多通道比值的比较。如出现血小板聚集、异常红细胞、有核红细胞等, 仪器具有一定的纠正和换算功能。当输入国际血液学复检规则时, 仪器还可自动采用不同通道进行复检, 必要时自动进行血涂片染色, 且仪器可接入计算机进行自动细胞读片和人工智能自动筛检。

感染性疾病实验室诊断技术取得长足发展。随着一些新的实验技术和检测平台的引进和应用, 我国临床微生物检验技术水平得到了显著提升^[3], 如快速抗原/抗体检测、核酸检测、整合的细菌学自动化检验平台、快速的微生物鉴定系统、感染新标志物的实验诊断以及微生物自动化和数字化技术均已在感染性疾病的实验诊断中得到应用。

3 检验医学科技创新展望—AI 技术的应用

潘柏申教授曾在检验医学学术会议上指出, 检验医学未来发展的契机包括标准化、自动化和智能化以及大数据与互联网的密切结合^[25]。智能化以 AI 作为平台, 可实现临床化学与免疫学、血液学及体液学等检验结果的自动判断和审核。在细胞形态学的自动化识别、实验室物流系统和远程控制、自动采血机器人研发与应用等方面, 检验医学领域的 AI 技术将有更加深入的研究与发展, 具有广阔的开拓空间。因此, AI 技术在检验医学中的应用与设想可以归纳为自动化运行质量控制、智能化判断和复检、AI 辅助诊断、个体化诊断、大数据与临床研究以及继续提高形态学 AI 设备识别能力等技术要素, 为 AI 应用开辟了十分广阔的空间。为了实现“整合医学”建设, 实施精准医疗, 上述要素应该是检验医学 AI 应用的重要领域, 或许也是未来科技创新研究的重要方向即 AI+检验医学。我们要努力弘扬生命至上、举国同心、舍生忘死、尊重科学、命运与共的伟大抗疫精神, 遵循科学发展规律, 推动科技创新成果的不断涌现, 努力将科技成果转化为现实生产力, 为人类健康服务。

利益冲突 作者声明不存在利益冲突

参考文献

- 1 余新忠. 医学史研究方法漫谈 [J]. 天津中医药大学学报, 2018, 37 (5): 353. DOI: 10.11656/j.issn.1673-9043.2018.05.01.
- 2 樊代明. 试论医学的正确实践(四)—医学人文与人文医学 [J]. 医学争鸣, 2020, 11 (4): 1-8. DOI: 10.13276/j.issn.1674-8913.2020.04.001.
- 3 廖远泉. 临床实验室技术自动化的发展历程与检验医学科技创

- 新丰硕成果 [J]. 实用检验医师杂志, 2020, 12 (3): 129-134. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7151.2020.03.001.
- 4 李凡, 徐志凯. 医学微生物学 [M]. 8 版. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 3-7.
- 5 武建国, 王毓三. 检验医师必读 [M]. 南京: 南京师范大学出版社, 1995: 1-13.
- 6 刘菁, 李银平. 检验医学为临床医学发展插上翅膀 [J]. 实用检验医师杂志, 2019, 11 (3): 129-130. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7151.2019.03.001.
- 7 丛玉隆. 临床检验杂志 (电子版) 发刊辞 [J/CD]. 临床检验杂志 (电子版), 2012, 1 (1): 1.
- 8 王成彬. 医学实验室质量管理体系的持续改进 [J/CD]. 临床检验杂志 (电子版), 2012, 1 (1): 49-52.
- 9 叶应妩, 王毓三. 全国临床检验操作规程 [M]. 南京: 东南大学出版社, 1991.
- 10 尚红, 王毓三, 申子瑜. 全国临床检验操作规程 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015.
- 11 中华人民共和国卫生部. GB/T 20470-2006 临床实验室间质量评价要求 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- 12 Zhu N, Zhang D, Wang W, et al. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019 [J]. N Engl J Med, 2020, 382 (8): 727-733. DOI: 10.1056/NEJMoa2001017.
- 13 王斐, 齐志宏, 崔巍. 从检验到临床: 中国检验医师职责架起的桥梁 [J/CD]. 中华临床实验室管理电子杂志, 2016, 4 (2): 73-77. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-5820.2016.02.003.
- 14 黄钰竹, 王薇, 赵海建, 等. 临床实验室检验结果解释的重要性及检验医师面临的挑战 [J]. 检验医学与临床, 2019, 16 (3): 427-429. DOI: 10.3969/j.issn.1672-9455.2019.03.043.
- 15 韩志钧, 孔祥平, 姜晓峰. 临床化学分析仪导论 [M]. 2 版. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1999: 38.
- 16 陈筱菲. 自动生化分析仪分析技术 [J/CD]. 临床检验杂志 (电子版), 2012, 1 (1): 36-39.
- 17 郭喜, 廖远泉, 沈继龙. 糖化血红蛋白实验室检测技术及方法学进展 [J]. 临床输血与检验, 2017, 19 (6): 646-650. DOI: 10.3969/j.issn.1671-2587.2017.06.035.
- 18 廖远泉, 朱大武, 王玲玲. 空腹血糖及餐后 2 小时血糖测定诊断糖尿病临床价值的研究 [J]. 国际检验医学杂志, 2010, 31 (9): 1021-1022. DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2010.09.056.
- 19 张鹏. 北京地区儿童血液 4 种微量元素水平与生长发育的相关性研究 [J]. 国际检验医学杂志, 2020, 41 (14): 1748-1750, 1758. DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2020.14.022.
- 20 廖远泉. “POCT”: 血糖检测新设备的研发及其临床应用 [J]. 实用检验医师杂志, 2017, 9 (3): 191-192. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7151.2017.03.020.
- 21 廖远泉. 日本“POCT”在临床诊断和治疗中的意义 [J]. 实用检验医师杂志, 2017, 9 (1): 56-58. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7151.2017.01.017.
- 22 丛玉隆, 顾可梁, 金大鸣, 等. 关于常规尿液分析的几点共识 [J]. 中华检验医学杂志, 2012, 35 (9): 790-791. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1009-9158.2012.09.005.
- 23 乐家新. 血细胞分析仪白细胞散点图分析及临床意义 [J/CD]. 临床检验杂志 (电子版), 2012, 1 (1): 28-29.
- 24 丛玉隆. 血细胞分析技术进展与展望 [J/CD]. 临床检验杂志 (电子版), 2012, 1 (1): 4-7.
- 25 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. DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2018.05.001.

(收稿日期: 2020-09-24)