

床,说明早期开展创新创业活动同时具有早临床学习的优点,均有利于培养一个成熟医学生的正确价值观。

部分检验专业学生提出了关于早期开展创新创业活动的建议:希望学校能够用更多新颖的方法来吸引学生,并由相关专业老师来讲解其重要程度,提高学生们对创新创业研究的兴趣,提前培养学生科研能力;希望增加指导老师的数量,从而为检验专业学生提供更多早开展创新创业活动的机会;增强学生的参与感,老师与学生须增强交流;创新创业项目开展之前便进行相关理论课程的学习,包括文献检索、医学统计学、流行病学等。除了数据结果,在学生提出的宝贵意见中仍能显示出如今创新创业活动进行过程中的不足。相较于其他类创新创业项目,医学相关的创新创业项目从独立思考课题到组成优秀团队再到刻苦实验阶段到最后正式完成的周期更长、难度更大,对医学院校大学生的创新创业能力要求更高<sup>[7]</sup>。而也有不少学生表示,由于专业知识过于欠缺,没有能力尽早参加此项活动,然而医学检验专业学制较短,只有四年,这就需要将早期开展创新创业活动与课程学习紧密相连,使二者有效结合,才可为新一代检验学子争取更多的锻炼机会。

## 参考文献

[1] 刘玮,王涛,吕荣光,等.大学生创新创业训练融入高职医学检验技术专业初探[J].发明与创新(职业教育),2021  
教学·管理 DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2023.06.034

(5):205-206.

- [2] 李敏,李大兴,熊一功,等.基于人才创新能力培养的TBCL结合EBLM思维教学模式在医学检验教学中的探索[J].国际检验医学杂志,2019,40(13):1651-1655.
- [3] 胡悦.进一步加强创新创业服务平台建设[J].中国大学生就业,2021(23):9-10.
- [4] 张凡萍,王海燕,赵真,等.医学检验技术专业学生早临床活动的初步实践与效果[J].青岛大学学报(医学版),2021,57(1):140-142.
- [5] 潘雯婷,杨孝芳,陈波,等.针灸推拿专业大学生创新创业型人才培养模式研究[J].智库时代,2019(16):246.
- [6] 张媛.新时代大学生创新创业观培育的四维向度[J].河北青年管理干部学院学报,2020,32(1):23-28.
- [7] 霍俊爽,王玥,贾翠平,等.医学院校大学生创新创业过程中存在的问题[J].吉林医药学院学报,2020,41(6):439-441.
- [8] 耿福,靳泽滔,张唯希,等.医科大学生创新创业思维现状调查及发展对策[J].华北理工大学学报(社会科学版),2019,19(5):87-93.
- [9] 吴薇,招远祺,孙娟.“早临床、多临床、反复临床”递进式临床教学体系的构建与实践[J].现代医药卫生,2018,34(10):1583-1584.
- [10] 万德年.医学生早期接触临床的研究[J].卫生职业教育,2014,32(22):18-20.

(收稿日期:2022-10-04 修回日期:2023-01-31)

# 新一代实验室信息系统的开发框架设计

杨丽华<sup>1</sup>,郑蜀芳<sup>1</sup>,张渝<sup>2</sup>,府伟灵<sup>1△</sup>

1.陆军军医大学第一附属医院检验科,重庆400037;2.陆军军医大学第二附属医院信息科,重庆400038

**摘要:**目的 设计适应当前临床实验室医学发展需要的新一代实验室信息系统框架。方法 以最新微服务结构理念和技术,结合国家区域医院实验室互联互通要求,全流程标准化管理以及人工智能应用等新需求,设计新一代实验室信息系统框架。结果 充分满足区域中心实验室医学未来发展需要。结论 基于微服务结构信息系统框架可以满足区域中心实验室发展的需要,其过程是一个逐渐迭代发展的过程。

**关键词:**检验信息系统; 开发框架; 微服务

**中图分类号:**R197.32

**文献标志码:**B

**文章编号:**1672-9455(2023)06-0855-06

近20年来,随着检验信息系统(LIS)的广泛应用,LIS无论在效率和效益方面都对临床检验医学的进步起到了巨大的促进作用。同时,LIS在减少转录错误、减少从标本接收到出具报告的时间、提供临床危急值报警信息、初步达到ISO15189实验室国际质量控制标准方面发挥着关键作用。优化的全院检验流程设计,也使临床检验全域效率得到有效提升。

目前国内大多LIS基本都可以满足10个方面的功能需求:(1)支持与各类实验室设备通讯,支持仪器单向、双向信息传输。(2)临床检验医嘱服务,支持医

嘱申请、医嘱删除、医嘱执行、医嘱撤销、医嘱变更、医嘱查询、从医嘱系统中获取检验申请。(3)支持检验申请的条形码打印管理。(4)支持检验医嘱、检验申请执行状态查看,支持报告浏览、检验项目历史时间线查看、报告打印,集约报告打印。(5)临床检验流程关键点管理,包括标本采集、标本收集确认、标本接收确认。(6)支持各类检验项目计费。(7)支持实验室内、室间质量控制。(8)支持报告及图文报告发送。(9)支持实验室监控,将检验过程中产生的一些异常情况及时通知检验人员进行干预,提高检验的及时性

△ 通信作者,E-mail:weiling\_fu@126.com。

网络首发 <https://kns.cnki.net/kcms/detail//50.1167.R.20230206.1721.001.html>(2023-02-07)

及准确性。实现的监控内容包括各类标本回报时间(TAT)超时、报告危急值及时送达临床提醒。(10)自助报告,患者凭条形码回执单到自助报告取单机获取检验报告单。这些实验室信息化已经初步达到医院内全流程覆盖,医院内全岗位满足,医院内患者就医全场景服务功能。

## 1 目前区域中心实验室的新需求分析

### 1.1 国家检验结果互认工作需要

2021年7月,国家卫生健康委员会发布的《关于加快推进检查检验结果互认工作的通知》<sup>[1]</sup>中对各省级卫生健康行政部门提出明确要求:参照国家健康信息平台实施功能要求,加强区域中心实验室系统区域平台建设。通过建立医疗机构区域实验室中心平台,通过信息化技术加速推进检验结果共享,实现区域内医疗机构间检验结果的互联互通,医学检验结果服务共享。

但是要突破各级医疗单位实验室报告“能认”“敢认”“愿认”的三道关卡,必须在信息化上进行突破,才能使得报告互认工作有落地价值。

根据《关于加快推进检查检验结果互认工作的通知》规定,医疗机构检验结果互认标志统一为“\*HR”<sup>[1]</sup>。临床检验项目参加完各级质控组织开展的质量评价并合格后,对应医疗机构必须通过信息系统标注其相应的互认范围+互认标识。因此各级医疗机构应当按照国家医院信息化建设标准要求,将符合要求的临床检验结果转换成与医院信息平台融合、一致“能认”的电子格式,以此无缝服务出现在各级诊疗环节的医护人员面前。

“敢认”要基于“以保障质量安全为底线,以质量控制合格为前提”<sup>[1]</sup>。为此,必须始终基于国家、行业标准流程,通过信息化手段实现本地区医疗机构检验质量与区域中心实验室同质化。并且实现各责任主体依法依规承担相应责任,在信息化支撑下有迹可查,责任清楚。

随着《关于加快推进检查检验结果互认工作的通知》的出台,公立医院的卫生经济效益空间被进一步规范,“愿认”是基于国家卫生经济绩效设计保证的。为此,各级医保部门将会合理确定医保基金预算总额,积极开展检验结果互认的医疗机构可以降本增效,为了实现这一“愿认”制度设计,只有通过区域信息化平台才能保证区域中心实验室适应变化、拥抱变化。

### 1.2 人工智能智能应用

建设AI智能化实验室是全球新一代实验室发展趋势<sup>[2]</sup>,以实验室标本零接触为目标,打造高效且安全的标本运转环境,让患者享有快速、精准的实验室检验质量,在新型冠状病毒感染疫情下有特殊意义。特别是在突发疫情情况下,提升实验室报告时效和提升中心实验室量能关系国家防疫组织的能力,意义非常重大。

基于平台的环LIS的AI业务可分为4个层面<sup>[2-3]</sup>,即业务源数据层、集成与治理层、数据湖层以及应用层。其中业务源数据层由各业务系统组成,即医院信息系统(HIS)、电子病历系统(EMR)、LIS、医

学图像传输系统(PACS)等。通过标准消息引擎与基于AI的数据治理引擎做集成。数据经过基于AI的技术完成治理后形成了高质量的数据湖,包括临床数据中心(CDR)、运营数据中心(ODR)和科研数据中心(RDR)。环LIS集成平台实现了数据融合、数据挖掘应用,并以数据驱动管理,更好地对临床诊疗、专病研究、临床科研管理决策起到支撑应用,提升了医学科研及应用效能。

### 1.3 跨传统区域边界远程应用

随着互联网技术的发展,远程医疗已成为广大群众新医疗需求。这就要求区域中心实验室检验集成平台具备以下新功能:实现服务远程诊断需要的区域医疗数据中心的统一数据管理;基于临床专家会诊场景的电子检验报告呈现;能够根据地区性、历史性的检验数据做流行病学多维分析;能够快速、灵活实现区域标本的送检管理,其区域可从省区、市区到乡镇和社区医院;患者通过合理认证、授权可在区域检验系统内实现检验结果的互认和检验数据的调用共享;支持检验专业人员在检验医学教学中跨区域共享数据。这些新形势下的迫切需求,都需要对实验室LIS的体系结构进行新的设计与改造。

## 2 传统LIS系统体系结构问题分析

国内医疗信息化历经30年的发展,已经出现的业务除了HIS、LIS、EMRS等系统外,各类系统多至百计。当前各主流厂家的LIS的系统架构基本都是基于中心化原则开发的。无论是传统客户/服务器(Client/Server)模式,还是企业服务总线(EBS)模式。这些信息系统体系结构都无法有效解决以下问题:(1)灵活、快速的信息化集成问题。基于疫情,大型医院医学实验室在区域疫情防控和区域医疗协同中越来越要应对不断变化的区域实验室各类功能需要,这特别需要区域中心实验室LIS可以快速、灵活集成配置。(2)单一中心医院内运行业务与跨区域信息化混合模式问题。当前基于区域医疗中心社会责任,需要在政府政策主导下拉通医疗中心的信息化服务范围。区域中心医院在下级医院、社区医院、诊所、临时采样点之间要实现快速组织一体化,需要一种新的信息化服务组织模式。(3)信息化系统的应用开放迭代问题。历史累积的各种实验室医疗数据在数据治理理念下已是一笔社会资产,各级医院应该在国家的数据保护要求下,开放各种应用,服务于社会医疗进步。同时医保的发展以及患者的保健需要也是开放数据的必然趋势。应该鼓励各类医疗信息化厂家基于标准开发社会需要的各类健康应用服务,以服务大众。为此应该开展基于各类国家标准的共享实验室检验信息开放应用及迭代提交服务。基于这样的理念,未来发展也需要一种新型信息结构支撑。

## 3 基于微服务的LIS体系结构设计

显然基于目前新需求的出现,实验室信息系统新系统架构引入微服务是必须的<sup>[4-6]</sup>。基于新业务需求的LIS微服务架构示意图如图1所示。

基于区域互联、信息共享、AI的未来应用

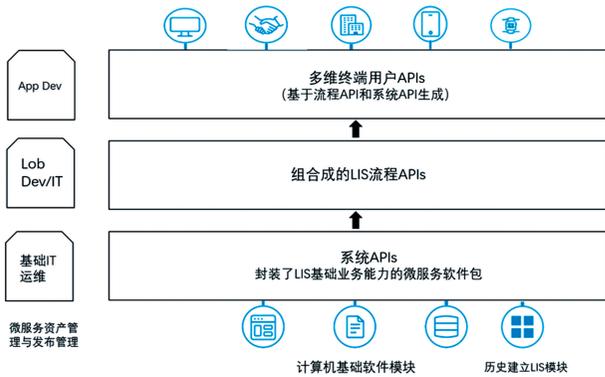


图 1 区域实验室 LIS 微服务组成示意图

**3.1 微服务架构特点** 敏捷和快速实施是微服务迭代的需求核心。微服务项目通常涉及重构应用程序，因此更易于管理，而面向服务的架构(SOA)则关注于改变 IT 服务在企业范围内的工作方式。微服务项目的成功实施要基于以下微服务特点实施<sup>[5]</sup>。(1)合理可控的复杂度:微服务系统架构理念需要将大型信息系统按业务最小功能分解为功能单一、易于管理的服务群。新系统的划分粒度既要基于稳定业务单一性，也要使得软件开发时间在可控范围内。(2)支持动态架构搭建:对大型复杂历史累积应用系统，可将多个微服务采用负载均衡的分布式架构搭建，既满足了用户性能要求也使得系统可以合理迭代开发。(3)开发技术多元化迭代:每个微服务既可根据业务功能特点及业务的历史累积代码资源选择适合的技术开发，这样既保护了历史资产也使得系统不断提升性能，这对于 LIS 这样的传统信息系统是非常必要的。(4)有效保证了新型业务功能的快速落地:在传统业务迭代发展的原则下，新逻辑建立的微服务功能，可独立发布变更。新拓展业务微服务可独立封装业务逻辑，以独立进程运行，可以积木式搭建，而不影响其他微服务，适合区域 LIS 的新型业务扩展。

**3.2 微服务架构与 SOA 对比** SOA 是一种基于消息传送的服务架构<sup>[7-8]</sup>。它将多个服务和它们之间通过相互依赖提供一系列的功能。它的系统应用核心是单一业务逻辑。以服务封装整体业务流程，通过 ESB 对所有业务流程实施控制、跟踪、改进。微服务架构其实是 SOA 的发展。微服务架构更强调的是“业务需要彻底的组件化和服务化”。原有的单个业务系统会拆分为多个可以独立开发、设计、运行的小应用微服务。ESB 就相当于一根消息管道，用来连接各个服务节点。通过 ESB 做了消息的转化解释和路由工作，集成不同系统、不同协议的服务，使得不同的服务互联互通。应用程序(API)网关:API 网关是一个接口服务器，是外部系统的唯一入口。API 网关封装了系统内部架构，为每个远程客户端提供一个定制的 API。它具有综合外部链接职责，如 ID 验证、性能监控、负载均衡、静态响应处理。它与以往接口比较，特点是所有的客户端和消费端都通过统一的网关接入微服务，在网关层处理所有的非业务功能。

微服务采用从新定义的更小服务，没有结构复杂的 ESB。它将应用构建为一组相互配合的服务，每个服务业务单一、功能明确。服务间采用轻量级通信进行接口调用，如 FHIR 协议。FHIR 定义了许多信息交换机制，如可在 JSON 中交换的 RESTful 资源和 XML 数据格式。该标准还定义了可以通过 RESTful API 提供资源信息交流的范式<sup>[9-10]</sup>。

微服务架构与 SOA 在许多方面不同，主要区别如表 1 所示。

表 1 微服务架构与 SOA 性能对比表

指标	SOA	微服务架构
适用系统	静态、企业级大型应用	快速迭代、快速交付应用
服务粒度	服务粒度大、功能较多	服务粒度细、功能单一
架构模式	集中式架构	分布式架构
通信机制	SOAP、ESB 等服务总线，重量级	基于 HTTP 的 RESTful，轻量级
实现方式	J2EE/EJB/WebService	Docker/RESTful
部署方式	统一的平台独立进程	可不同平台

**3.3 新一代 LIS 迭代建立过程微服务的拆分原则** 微服务平台建设是个不断迭代完善的过程<sup>[11-13]</sup>。在系统建设中，首先要基于传统业务域的业务连续，实施原有 LIS 业务的迁移，以保证实验室传统业务的延续、稳定，再基于此原则实施微服务功能优化和补充。同时在迭代过程中不断迭代优化微服务的性能等方面，确保新微服务的高性能和可靠性。在稳定业务运行的基础上拆分业务需求，不断抽取、沉淀共享业务微服务，使之成为更多的定制业务提供公共微服务。

**核心原则:**(1)要正视熟悉 LIS 业务的开发队伍对微服务的拆分技术不熟悉的问题。微服务功能是用面向业务的方式正式表达的 API。它们封装出的软件核心业务能力是企业的重要资产<sup>[14-15]</sup>。合理拆分的微服务是一个 LIS 软件工程师的能力提升过程。在基于微服务的 LIS 转型发展过程中，熟悉 LIS 业务的开发队伍能够基于稳定资产的理念建立高质量的微服务是一个逐渐成长的过程，因此需要遵循循序渐进的原则。(2)在微服务建设迭代初期安排独立微服务开发队伍，基于创新业务域开发微服务是现实途径。在实施区域检验业务互联互通过程中，仅仅基于新业务功能合同面向新业务开发微服务是推进微服务迭代的合理原则。在这个时期老的 LIS 业务仍然沿用老模式运行。在开发过程中努力做到业务最小化与松散原则耦合。这允许微服务所有者可以灵活地进行迭代服务的组合，达到业务满意。(3)基于检验业务价值最大原则逐渐建立微服务。微服务的建立，特别是 LIS 微服务的建立，可以通过基于每个业务点的价值最大原则逐渐建立。首先是效率提优原则<sup>[8]</sup>，然后是 AI 嵌入原则。在不断提升软件效率的原则下，在每个检验业务点嵌入基于当前各类 AI 算法的价值微服务，以推进 LIS 进步发展。笔者所在团队设计的 LIS 微服务迭代过程如图 2 所示。

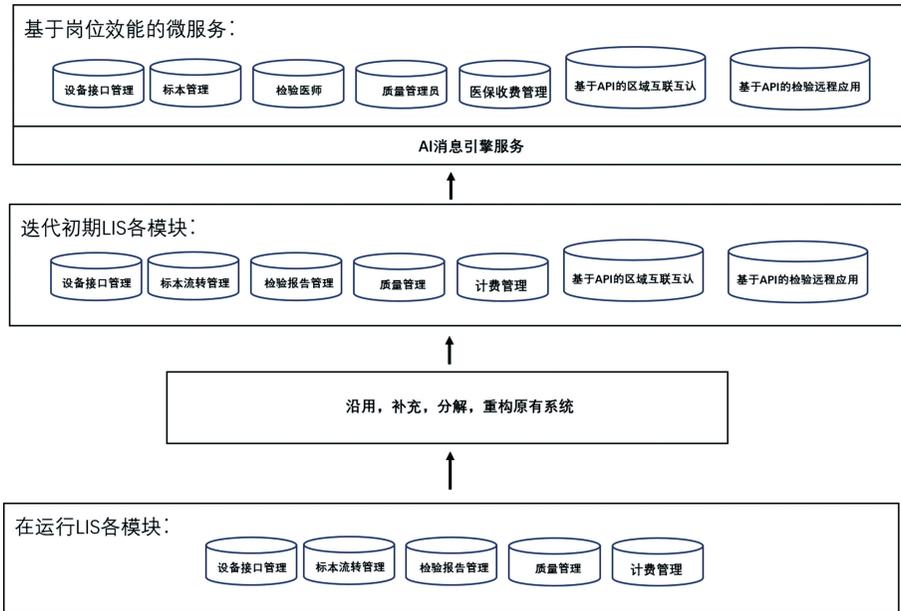


图 2 迭代建立微服务体系示意图

### 3.4 未来基于微服务的 LIS 系统应用趋势

**3.4.1 疫情下的社会服务功能** 在现代信息技术社会下,人类与新型冠状病毒感染这样的社区获得性疾病遭遇还是第一次。它注定了政府与社会在应对它的过程中,一定是一个以变对变的过程。例如历时两年多来,国家《关于印发新型冠状病毒肺炎防控方案》已从第 1 版修订到第 9 版。各类社会组织措施更是应对多变。例如其核心社会组织过程包括区域中心实验室在政府、疾控中心统一授权下,通过一体化设计的 LIS 微服务系统高效、动态协同各级各类医疗卫生机构、下级实验室有序进行核酸检测作业<sup>[14]</sup>。按照责任场景将各级核酸检测子系统产生的核酸数据,上传至区域中心实验保存质控,上传至区域全民健康信息平台,并与政府健康服务门户交互,包括区域政府的政务服务 App“政府快办”交互,实现核酸检测结果数据社会互认共享、调阅查询,满足老百姓按法有效清晰限行,按法方便出行。同时保证各机构在准确、及时实验室核酸信息的导引下,合理设置疫情卡点,效率设置防疫监管。

在居民核酸标本采集功能中,主要包括各级采集人员可以快速扫描被检测人员的“健康码信息”获得统一、准确的身份确认,并与标本采集管条码绑定。核酸采样标本的转运功能包括转运人员对各采集点的转运箱进行接收,同时根据系统反馈的目的地实验室或指定实验室进行标本运输。

核酸标本接收功能包括面向实验室标本核收人员提供的手机移动端的服务应用(APP 或小程序)。接收来自转运车辆送检的核酸标本,完成标本的接收、核对、送检。

中心实验室核酸标本的登记和结果发布功能包括待检测标本在实验室中的全过程管理。在检验过

程中,可以准确登记标本的上机时间,对检验结果进行批量录入和发布。

区域中心实验室疫情调度数据仪表盘功能包括动态更新的核酸标本结果的数据可视化。可查看各级采集点的采集状态及速率、标本转运状态及速率、实验室核酸标本检测状态等,为实现科学调度资源提供数据支撑。

以上这些软件服务都具有动态调整实施策略,大社会区域限时布置的突出特点,无疑只有通过基于微服务的现代 LIS 架构才能充分满足需要。

**3.4.2 基于 AI 的 LIS 功能拓展** 近年来 AI 在医学中的应用取得了重要进展。目前主要表现在:标本采集机器人,实验室图谱报告的智能检测,智能审核系统应用,基于检验指标的健康管理 AI 决策系统应用,以及基于组学检验指标的健康管理决策系统应用等 5 个重要方向<sup>[15]</sup>。

AI 在机器人中的应用进步最大。如智能化标本采集系统,采血机器人是标本采集系统的典型代表,这项技术将人工经验采血模拟为精准可视化自动采血,理论上单次成功率能达到 99% 以上。然而,真正实现从标本采集到送检过程的自动化运行还需要假以时日。主要研究重点在有效避免不合理标本采集和错误采集。对于部分无须医师开具处方的检测项目,希望实现缩短患者的标本采集过程。另外,对于感染性疾病人群,检验前过程的智能化采集将有效阻断感染途径,将大大降低人员在检验前过程中被传染的风险。

随着深度学习算法的进步,以及云技术的算力加强和机器学习数据的累计,基于图形和图谱的智能检验实现了对检验标本中多种有形颗粒成分形态学的定性和定量分析,减少了人工操作、经验等主观因素

对检验结果造成的影响。

自动化审核在临床生化、血液、尿液、免疫、凝血<sup>[16]</sup>等多个方面已经得到了广泛的应用,自动审核在部分报告出具流程中提升效率 50% 以上<sup>[17]</sup>。自动化审核系统与特殊病种患者 EMR 的结合也产生了临床价值,肿瘤患者人群就是其中的一个经典案例。

基于检验指标的健康管理 AI 决策系统应用飞速发展。当疾病仍处于早期,特别是无症状阶段和恶化早期,建立早诊及预警模型是人工智能应用于检验医学领域的重要价值体现。

基于组学检验指标的健康管理决策系统应用趋势明显。随着组学检测技术的日益成熟,对组学数据的检测在分子诊断领域得到了广泛的应用。通过构建基于深度学习的分类器模型,对转移癌的原发灶具有较好的鉴别性能,对没有明显原发信息的转移癌标本分类的准确性是病理学专家的 2 倍左右<sup>[18]</sup>。

AI 系统的应用在当下的大数据“云”平台算力支持下,通过微服务体系结构支持的合理定义 APIs 可以有效推进 AI 生态的进步。各类基于新利益场景的社会组织(健康服务组织,医疗保险组织,社会科研单位)可以通过注册即获权利的实验室数据访问,使得各自的服务目的得以独立拓展,并且在数据安全边界内,可以在全社会不断拓展自己服务项目,这无疑需要基于微服务信息架构的支持。

**3.4.3 医疗信息社会健康数据消费** 我国近 20 年来的医疗信息化发展,大型医学中心已经汇集了巨量的患者各类医学信息。其中实验室数据更是如此。从入院、诊断、治疗到出院的数据,所有这些数据显然代表了一种丰富的资源,具有改善健康和护理的潜力。

面对老龄社会的到来,出现了数据驱动下患者健康信息消费理念。各国纷纷出台国家战略,推进电子健康记录广泛社会应用。美国的平权医疗法和高科技发展法案开创了一个时代医疗数据利用的新时代<sup>[19]</sup>,鼓励社会各类机构开发以患者为中心的定制化服务和数字化转型医疗服务。如基于 LIS 实验室数据的疾病康复方法推荐系统。

在医院内已拥有近成熟的数据基础设施服务医院内部,包括一个集中的数据利用分析团队,以及基于严格安全管理的数据仓库系统。但是,根据法律、政策,要推进实验室数据的社会服务,最好的推进方式是与其他拥有互补数据能力和专业知识的机构合作。

区域中心实验室可以和大学的数学系、社会科学系、计算机信息系合作,以提高医疗质量和降低成本。还可以与社会人口健康部门合作提供数据驱动的服务创新。这些创新将在改善社会医疗护理、加强患者的康复参与方面发挥积极作用。

任何慢性疾病,基于经验(而不是基于数据)的照护方法,都存在严重护理服务的不一致性。这可能增加紧急护理及意外住院的风险。通过医疗数据的展

示,识别这些患者,并识别与之相关的临床和行为特征,可以帮助社区医生提供有针对性的管理。例如通过开发新干预算法,可以预测糖尿病患者意外就医的风险<sup>[20]</sup>。

另外,患者通过持续访问自己的医疗数据,提升自己医疗保健的参与度。患者在家中通过访问院内客观医疗数据,可以实现患者历史数据概览、关键指标变化提醒,建议干预及照护措施参考、计费信息查看、健康花费估算,这些对提升患者最终健康结果非常有意义。

要建设这些新服务功能,只有基于微服务架构的新 LIS 才能有效支持。其重要技术核心是 APIs 的设计。

#### 4 结束语

针对区域中心实验室当前业务发展的需要,在新一代区域中心实验室信息平台的设计与实现中引入微服务结构非常必要<sup>[21]</sup>。本文仅对微服务结构导入的必要性及主要实施组织策略进行了概略设计,基于篇幅未对实施技术细节进行表述。通过对传统单体架构的 LIS 实施微服务改造,突出新型紧急业务的微服务化,保证了 LIS 业务流程的连续性,同时通过微服务体系结构的引入,快速应对医院组织及管理变化带来的业务调整及需求变化,以提高区域中心实验室的区域能力。LIS 微服务平台建设是一个不断迭代完善的过程。在后续系统建设中,首要任务是延续历史已建立的 LIS 服务功能,同时针对实验室系统在新业务域下的功能进行微服务功能迭代,以此不断完善微服务基础共享服务,沉淀共享业务微服务功能,形成共享微服务池,使之更多的定制业务提供服务。

#### 参考文献

- [1] 《医疗机构检查检验结果互认管理办法(征求意见稿)》公开征求意见[J]. 中国数字医学,2021,16(12):8.
- [2] 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.
- [3] 胡月明,李宾,高光强,等.人工智能在检验医学中的应用及展望[J]. 国际检验医学杂志,2021,42(6):753-758.
- [4] Association of Public Health Laboratories. Laboratory information systems project management: a guidebook for international implementations [EB/OL]. (2019-05-01) [2022-06-08]. <https://www.aphl.org/aboutAPHL/publications/Documents/GH-2018Nov-LIS-Guidebook-web.pdf>.
- [5] 魏佳,唐未名,蔡针针,等.人工智能与检验医学[J]. 临床检验杂志,2018,36(3):200-203.
- [6] 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.
- [7] MuleSoft. Best practices for microservices in healthcare [EB/OL]. (2020-06-02) [2022-06-08]. [https://technology-signals.com/wp-content/uploads/download-manager-files/77210\\_wp\\_Driving\\_healthcare\\_innovation\\_with\\_microservices.pdf](https://technology-signals.com/wp-content/uploads/download-manager-files/77210_wp_Driving_healthcare_innovation_with_microservices.pdf).

测手段有限,极易被漏诊,误诊,而这类患者随着病程进展或经历外伤、手术分娩等,有严重出血或血栓形成甚至危及生命。因此临床医生应通过临床表现、凝血相关检查及基因遗传学检查综合诊断。

通过以上分析可以推断,c. 1390Adup 的纯合突变是导致先证者患 CFD 的原因,且其父母及女儿均为该位点的杂合突变,故表现为 TT 轻度延长, FIB 轻微降低。因此笔者认为,通过凝血相关检查结合基因测序能够对 CFD 进行确诊。希望随着分子遗传学的不断发展,同时通过更多病例及其突变位点的报道和收集,更好地揭示基因型和表型的关系,对 CFD 的致病分子机制了解越来越深入。

## 参考文献

- [1] UNDAS A, CASINI A. Congenital structural and functional fibrinogen disorders: a primer for internists[J]. Pol Arch Intern Med, 2019, 129(12): 913-920.
- [2] 王甜甜, 邵静茹, 王杰, 等. 新型 FGA 基因突变导致遗传性纤维蛋白原缺陷症的研究[J]. 中国实验血液学杂志, 2021, 29(2): 586-590.
- [3] ACHARYA S S, DIMICHELE D M. Rare inherited disorders of fibrinogen[J]. Haemophilia, 2008, 14(6): 1151-1158.
- [4] 宋景春. 重症患者纤维蛋白原缺乏症的现代诊疗观点

(上接第 859 页)

- [8] 朱晶, 王蓓丽, 郭玮, 等. 临床生化检验报告自动审核系统的规范化建立和优化[J]. 临床检验杂志, 2018, 36(9): 704-707.
- [9] 张超, 徐金建, 计虹. 基于集成平台的实验室信息系统改进的研究与应用[J]. 中国数字医学, 2019, 14(3): 114-116.
- [10] VLADIMIRA R, IVANA L, KRESIMIR K, et al. Implementation of the autovalidation algorithm for clinical chemistry testing in the laboratory information system[J]. Lab Med, 2018(3): 284-291.
- [11] WANG H, WANG H, ZHANG J, et al. Using machine learning to develop an autoverification system in a clinical biochemistry laboratory[J]. Clin Chem Lab Med, 2020, 59(5): 883-891.
- [12] 蒋义, 李琨, 李林. 美国退伍军人健康管理局信息系统及其在医疗协同中的作用[J]. 中国数字医学, 2019, 14(6): 27-30.
- [13] 陈荣山, 姚婕. 医院信息系统集成平台的建设思考[J]. 科技经济市场, 2020(12): 91-92.
- [14] 潘玉龙, 陈韧. 市级统筹核酸信息系统的设计与实践探讨[J]. 中国数字医学, 2022, 17(5): 95-98.
- [15] RIMAC V, LAPIC I, KULES K, et al. Implementation of the autovalidation algorithm for clinical chemistry testing

[J]. 东南国防医药, 2018, 20(5): 454-458.

- [5] TISCIA G L, MARGAGLIONE M. Human fibrinogen: molecular and genetic aspects of congenital disorders[J]. Int J Mol Sci, 2018, 19(6): 1597.
- [6] 刘琳, 王卫敏, 聂鼎睿, 等. 1 个 FGA 基因 c. 103C>T 杂合突变导致的遗传性异常纤维蛋白原血症家系分析[J]. 河南医学研究, 2020, 29(33): 6161-6164.
- [7] ASSELT A R, DUGA S, SPENA S, et al. Congenital afibrinogenemia: mutations leading to premature termination codons in fibrinogen A alpha-chain gene are not associated with the decay of the mutant mRNAs[J]. Blood, 2001, 98(13): 3685-3692.
- [8] ATTANASIO C, DAVID A, NEERMAN-ARBEZ M. Outcome of donor splice site mutations accounting for congenital afibrinogenemia reflects order of intron removal in the fibrinogen alpha gene (FGA) [J]. Blood, 2003, 101(5): 1851-1856.
- [9] MORET A, ZUNIGA A, IBANEZ M, et al. Clinical and molecular characterization by next generation sequencing of Spanish patients affected by congenital deficiencies of fibrinogen[J]. Thromb Res, 2019, 180: 115-117.
- [10] DE MOERLOOSE P, CASINI A, NEERMAN-ARBEZ M. Congenital fibrinogen disorders: an update [J]. Semin Thromb Hemost, 2013, 39(6): 585-595.

(收稿日期: 2022-04-25 修回日期: 2023-01-10)

in the laboratory information system[J]. Lab Med, 2018, 49(3): 284-291.

- [16] 夏良裕, 程歆琦, 刘茜, 等. 临床实验室生化免疫项目自动审核程序的建立与应用[J]. 中华医学杂志, 2017, 97(8): 616-621.
- [17] YAN C, ZHANG Y, LI J, et al. Establishing and validating of an laboratory information system-based auto-verification system for biochemical test results in cancer patients[J]. J Clin Lab Anal, 2019, 33(5): e22877.
- [18] TOMAEV N, GLOROT X, RAE J W, et al. A clinically applicable approach to continuous prediction of future acute kidney injury[J]. Nature, 2019, 572(7767): 116-119.
- [19] KHALIQUE F, KHAN S A, NOSHEEN I. PHF-A framework for public health monitoring, analytics and research[J]. IEEE Access, 2019, 7: 101309-101326.
- [20] 赵军, 陈子晗, 高子航. 基于微服务架构的一体化科研管理平台设计与实现[J]. 无线电工程, 2019, 49(5): 436-441.
- [21] CONNELLY D P, SIELAFF B H, WILLARD K E. A clinician's workstation for improving laboratory use. Integrated display of laboratory results[J]. Am J Clin Pathol, 1995, 104(3): 243-252.

(收稿日期: 2022-06-10 修回日期: 2023-01-11)