

# 基于电子病历的心脑血管疾病精准防控方案设计\*

陈鹏岗<sup>1</sup> 孙国强<sup>2</sup> 李晓泽<sup>3</sup> 王岩<sup>4</sup> 秦盼盼<sup>4</sup> 尹天露<sup>4</sup> 张茜<sup>5</sup> 胡红濮<sup>4</sup>

(<sup>1</sup> 西安交通大学第二附属医院 西安 710004 <sup>2</sup> 中国医学科学院北京协和医院 北京 100005

<sup>3</sup> 北京好医典信息科技有限公司 北京 100080 <sup>4</sup> 中国医学科学院/北京协和医学院医学信息研究所 北京 100020

<sup>5</sup> 广西大学生命科学与技术学院 南宁 530003)

**[摘要]** 目的/意义 基于大数据建立心脑血管电子病历分析平台, 通过影像学数据分析技术和临床文档分析技术, 向患者提供精准诊断、治疗方案、科学给药、预后预测、智慧健康教育处方等精准服务。方法/过程 利用 Protégé 开发构建心脑血管疾病医学本体、知识规则、知识图谱。基于所构建知识图谱形成心脑血管疾病临床诊断、治疗、病理分析、预后判断等知识库, 进而设计心脑血管电子病历分析平台。结果/结论 心脑血管电子病历分析平台能够为不同人群提供个性化诊疗方案, 向患者提供多种精准诊疗服务。

**[关键词]** 电子病历; 心脑血管疾病; 精准防控

**[中图分类号]** R-058 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.3969/j.issn.1673-6036.2023.12.012

## Design of a Precise Prevention and Control Plan for the Cardio-cerebrovascular Diseases Based on Electronic Medical Records

CHEN Penggang<sup>1</sup>, SUN Guoqiang<sup>2</sup>, LI Xiaozhe<sup>3</sup>, WANG Yan<sup>4</sup>, QIN Panpan<sup>4</sup>, YIN Tianlu<sup>4</sup>, ZHANG Qian<sup>5</sup>, HU Hongpu<sup>4</sup>

<sup>1</sup>The Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710004, China; <sup>2</sup>Peking Union Medical College Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100005, China; <sup>3</sup>Beijing Haoyidian Information Technology Co. Ltd., Beijing 100080, China; <sup>4</sup>Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences & Peking Union Medical College, Beijing 100020, China; <sup>5</sup>College of Life Science and Technology, Guangxi University, Nanning 530003, China

**[Abstract]** **Purpose/Significance** Based on big data, a cardiovascular and cerebrovascular electronic medical record (EMR) analysis platform is developed. By utilizing imaging data analysis techniques and clinical document analysis techniques, the platform provides patients with precise diagnosis, treatment plans, scientific administration, prognosis prediction, smart health education prescriptions and other precise services. **Method/Process** The medical ontology, knowledge rules and knowledge graph for cardiovascular and cerebrovascular diseases are developed and constructed by using Protégé. On the basis of constructing a knowledge graph, a knowledge base for clinical diagnosis, treatment, pathological analysis and prognosis judgment of cardiovascular and cerebrovascular diseases is formed. A EMR analysis platform for cardiovascular and cerebrovascular diseases is designed based on the knowledge base. **Result/Conclusion** The designed cardiovascular and cerebrovascular EMR analysis platform is conducive to providing personalized diagnosis and treatment plans

**[修回日期]** 2023-12-06

**[作者简介]** 陈鹏岗, 博士研究生, 工程师, 发表论文 7 篇; 通信作者: 胡红濮, 博士, 研究员。

**[基金项目]** 国家社会科学基金重大项目 (项目编号: 22&ZD141); 国家社会科学基金重点项目 (项目编号: 22AZD089); 中国医学科学院医学与健康科技创新工程资助项目 (项目编号: 2022-12M-1-019)。

for different populations, and providing patients with various precise diagnosis and treatment services.

[Keywords] electronic medical record; cardio - cerebrovascular diseases; precise prevention and control

# 1 引言

近年来，我国人口老龄化及城镇化进程加速，高血压、冠心病、脑卒中等心脑血管疾病的发病人数持续增加。这意味着必须提高医疗保健服务水平，以满足公众健康需求。精准医疗是以个人基因组信息为基础，结合表观基因组学<sup>[1]</sup>、转录组学<sup>[2]</sup>、蛋白质组学<sup>[3]</sup>、代谢组学<sup>[4]</sup>等相关生物信息，利用分子诊断技术、医学信息学技术、影像技术等，为个体量身设计最佳治疗方案或措施，以提高整体人群健康收益的医疗模式<sup>[5]</sup>。精准医疗需要更大的研究样本和更细颗粒度的数据，如何利用大数据技术进行基于电子病历的心脑血管疾病研究，使大数据能够真正转化为临床应用成果，促进临床工作流程优化和医疗服务质量提高，已成为重要研究方向<sup>[6-7]</sup>。通过

建立心脑血管诊疗知识图谱和分析平台，研发心脑血管疾病防治知识图谱，建立可推广应用的疾病精准预防诊治方案，并在医院和社区中进行实践应用，可以创新心脑血管疾病的精准医疗解决对策和服务。

## 2 基于大数据的心脑血管电子病历分析平台构建

### 2.1 平台概述

本文通过构建医学本体库，搭建电子病历分析平台，依托影像学数据分析技术和临床文档分析技术设计基于临床大数据的心脑血管电子病历分析平台，利用精准医学，结合临床专家经验，整合电子病历分析平台与医院现有电子病历系统，实现为不同人群提供个性化诊疗方案，同时向患者提供多种精准诊疗服务的目标，见图 1。

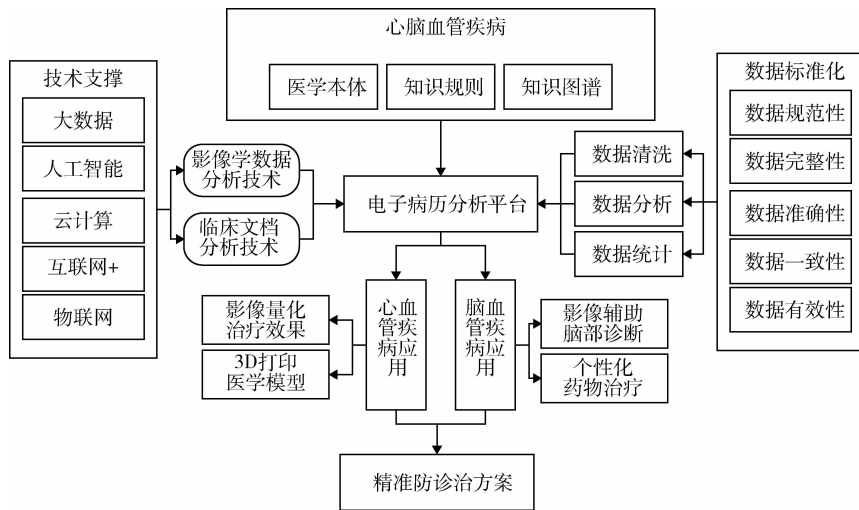


图 1 心脑血管疾病的电子病历分析平台及应用

### 2.2 医学本体库构建

根据国内外近 3 年心脑血管疾病研究文献，结合临床指南、病例报告、临床试验等，参考美国斯坦福大学学者研究的 7 步法，遵循清晰、一致、可

扩展性、编码程度最小和本体约定最小 5 项基本原则，使用 Protégé 开发心脑血管疾病医学本体、知识规则、知识图谱。确定心脑血管疾病知识本体的应用领域、范畴与表示方法等，列举心脑血管疾病的核心概念及其属性，如“病种”“病因”“危险等

级”等，确定心脑血管疾病知识本体应用范围，并确定其状态、决策和行为的框架结构，定义心脑血管疾病各种类划分，以及各类之间的关系及属性，再对其赋值加以约束，见图 2。数据管理人员定期整理、维护、厘清节点之间的关系，构建更加准确的实体关系库。在知识图谱的基础上，形成心脑血管疾病临床诊断、治疗、病理分析、预后判断等知识库。心脑血管疾病知识库对医疗知识进行归纳、选择、重组、管理，是大数据技术和电子病历分析结合的关键，是进一步建立电子病历智能化分析平台的基础。

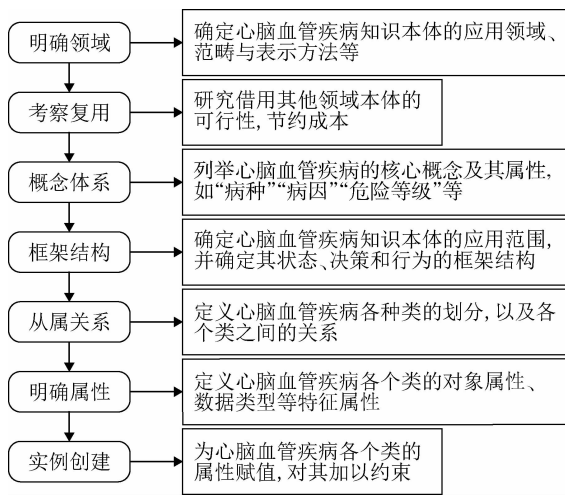


图 2 心脑血管疾病的本体构建流程

### 2.3 电子病历分析平台搭建

医务人员收集医疗活动过程中使用的文字、符号、图表、图形、数字、影像等数字化信息，存储于数据中心，数据中心按照临床规则分类记录患者的入院记录、检验报告、检查报告、治疗手术记录以及出院小结等。电子病历分析平台的核心功能可分为 3 个模块。一是数据清洗模块，是整个分析平台的基础，实现对电子病历数据的预处理功能，包括缺失值处理、异常值处理、噪声处理。二是数据分析模块，是分析平台的核心，利用数据挖掘算法对电子病历数据进行分析，对心脑血管疾病的相关规律进行挖掘。三是数据统计，实现结果可视化，提供更丰富的结果展示，如以图、表等多种形式直观呈现数据分析挖掘结

果，见图 3。设计并研发基于大数据的心脑血管电子病历分析平台，制定电子病历整合数据标准，通过平台整合医院电子病历，并利用数据挖掘和本体构建等先进技术，对临床医疗大数据进行整合、提取、转化、分析，为后续研究提供数据基础和分析工具。电子病历分析平台是数据分析挖掘工作的信息模型基础，数据统计用于整合分散的临床数据。诊疗信息、心电图信息、脑电图信息、影像学信息、患者基因组学数据等分散数据均可通过数据统计展示于电子病历分析平台。基于电子病历分析平台的数据和内容的关联性，实现不同类型数据模式对应不同病况程度，对建立个性化、精准化诊疗方案具有重要意义。

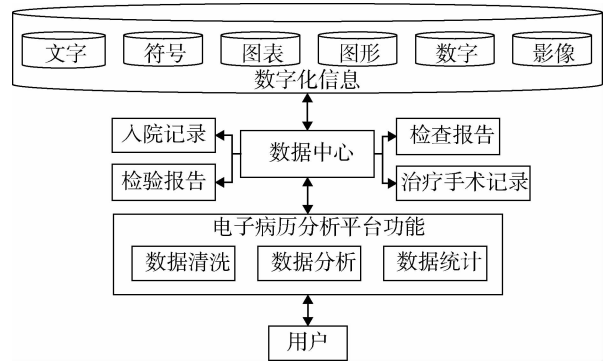


图 3 心脑血管疾病电子病历分析平台的功能

### 2.4 电子病历分析平台技术支撑

电子病历平台的重点是医疗大数据平台，用以挖掘大数据中有价值的信息，实现对医疗大数据的深度开发。一是影像学数据分析技术。对于有重要价值的临床医学影像，通过特征索引、专病影像库、特征库提取影像病灶特征，可与患者实时影像进行对比，提升医生阅片效率与准确率<sup>[8]</sup>。在影像数据分析技术的支持下，实现对心脑血管疾病的快速高效诊断。二是临床文档分析技术。电子病历中存在大量非结构化文本数据，临床文档分析技术在处理此类数据时能发挥关键作用。大数据分析平台采用 Hadoop 等分布式数据存储架构，同时采用图表评估、相关分析等方法，开发数据挖掘与可视化算法模型，用来处理半结构化和非结构化数据<sup>[9]</sup>。通过临床文档分析技术建立医学文本术语库和特征

库，及时更新专业特征词汇库，使电子病历更贴近医生使用习惯；通过分类关键词和分析上下文语义，实现对临床文档的准确理解，提高电子病历质量<sup>[10]</sup>。三是第三方检查检验数据分析技术。《医疗机构检查检验结果互认管理办法》的出台加速了医疗机构之间检查检验结果的互认共享。对于第三方检查检验数据，通过建立统一的数据结构，对第三方检查检验数据进行信息映射、转换、标准化处理，集成第三方检查检验业务系统数据，实现电子病历分析平台与其他第三方检查检验业务系统的数据交互、存储与分析。

构建基于大数据的心脑血管电子病历分析平台，实现医疗信息的有效利用，促进工作流程的优化。同时，结合心脑血管疾病诊疗规范及临床路径构建研究成果，在医院内部分科室提供精准诊断、精准治疗、精准药物、预后预测等精准医疗服务试点，结合大数据分析有效助力智慧化精准医疗发展应用。

### 2.5 电子病历分析平台标准支撑

电子病历分析平台涉及医疗数据的采集、抽取、存储及分析处理。各医院电子病历建设标准不尽相同，缺乏顶层设计和统筹推进，严重阻碍了电子病历数据跨部门、跨机构、跨地区共享。因此，

在建设过程中，亟需卫生健康信息标准的规范和约束，建立电子病历分析平台标准体系。一是严格遵循并应用国家关于电子病历分析平台建设标准，如《电子病历共享文档规范》《基于电子病历的医院信息平台技术规范》《电子病历基本数据集》《电子病历系统应用水平分级评价标准（试行）》等。二是随着人工智能、互联网医疗、大数据等新一代信息技术在电子病历分析平台中的应用，现有标准已不能满足要求，要进一步完善细化新技术下电子病历分析平台标准的构建。

### 3 基于电子病历的心脑血管疾病精准防控方案设计

随着精准医疗的推进，医学研究逐渐聚焦于心脑血管疾病等专病领域，相关研究方法更加深入精细<sup>[11]</sup>。利用基于大数据的心脑血管电子病历分析平台，结合临床医学专家经验，以 1~2 个发病率高、覆盖人群广、危害性大的心血管疾病为研究对象，分析不同特定人群致病基因、生物标志物、病理检验、医学影像、预后分层等信息，探索制定心血管疾病诊断、治疗、预后预测的新标准和新规范，研制可推广应用的心脑血管疾病精准防诊治方案，见图 4。

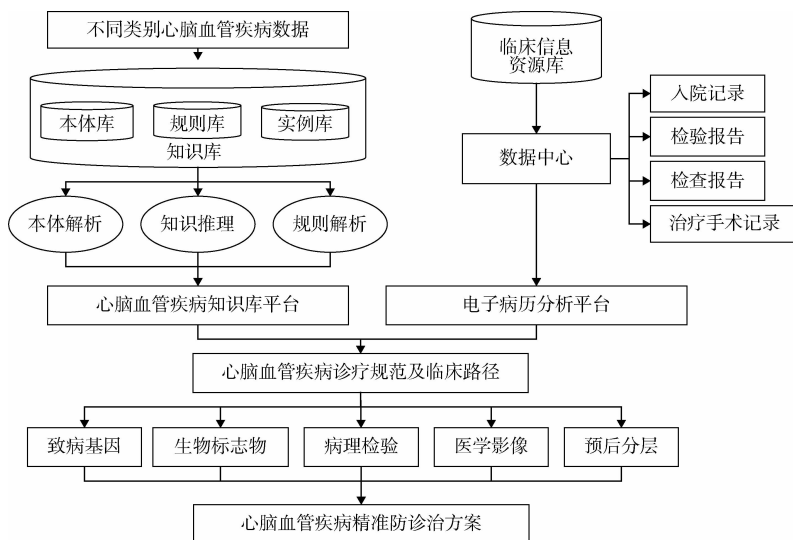


图 4 心脑血管疾病精准防诊治方案研制流程

### 3.1 基于电子病历的心脑血管疾病诊疗规范及临床路径构建

从电子病历分析平台挖掘潜在的医疗知识,完善符合国情的心脑血管疾病诊疗指南和临床路径,制定相应防治方案。同时,在医院内部分科室提供精准医疗服务试点。临床路径涉及循证医学、流程管理、质量管理等思想理论,是一个重要的临床决策问题,对于优化医疗服务流程、提升医疗服务水平及控制医疗费用具有重要意义。传统临床诊疗路径构建主要依托专家知识,构建过程耗时长、后续内容更新不够及时。为突破传统临床路径在实践中的限制,应分析挖掘电子病历中的医疗大数据,构建新的临床诊疗路径知识体系。新型临床路径体系支持患者临床信息纳入、患者特异情况管理和时序化管理,将数据分析技术融入业务流程管理,实时监测患者就诊行为、药品临床效用、疾病进展情况,从而实现电子病历分析技术在心脑血管领域的有效应用<sup>[12]</sup>。

### 3.2 基于电子病历平台的心脑血管疾病综合防控方案设计

心血管疾病是一系列涉及循环系统的疾病,在疾病的诊断、治疗、预防中引入精准医学具有重要意义。运用影像学、组织病理学、分子检测和3D打印技术,对心血管疾病进行更准确的分期分型,以及术前评估和手术指导,是未来精准医疗的重要方向<sup>[13]</sup>。一是将心脏影像数据与相关临床检验数据相结合,以确定特定人群心血管疾病发展过程中影像参数变化,可用于量化特定人群心血管疾病治疗效果、研究疾病发生发展过程中的风险因素<sup>[14]</sup>。二是3D打印技术逐步应用于心血管领域,与精准诊疗相结合对心血管外科有重要帮助。可以利用打印制作的医学模型协助术前规划与术中导航。制造所需医学模型,收集患者术前的电子计算机断层扫描(computed tomography, CT)、心脏磁共振(cardiac magnetic resonance, CMR)、3D超声等数据,然后用3D打印机制作构建三维模型。这有助于医生选择合适的手术方式,进行手术难度和术后评估,提

高手术操作精准性<sup>[15]</sup>。

### 3.3 基于电子病历平台的脑血管疾病精准诊疗设计

脑血管疾病具有高发病率、高复发率、高致残率、高死亡率等特点,其病因和发病机制复杂,针对疾病的诊治亟须完成从传统医学到精准医学的转变。目前精准诊疗在脑血管疾病方面的应用包括CT、多模态功能磁共振等影像技术,评估脑侧支循环情况和血脑屏障完整性,判断脑缺血或脑出血是否需要溶栓;其他应用还有基因诊断、基因组学指导下的药物治疗等,帮助制定出适合患者的准确和个性化的治疗方案<sup>[16]</sup>。基因组学、蛋白质组学、代谢组学、影像组学等与传统检查检验结果结合,可使医生和研究人员对脑血管疾病的病因和发病机制有更深入的认识,从而更具体细致地了解某一特定患者的病情,判断患者的疾病预后、转归和复发风险。

### 3.4 基于电子病历的心脑血管疾病智慧健康处方应用

心脑血管疾病具有隐蔽性、突发性、致残性的特点,对于已发生心脑血管事件的患者而言,需要长期的疾病照护和康复管理。患者在发病初期,若能及时诊治并科学积极地改善生活方式,将有利于疾病控制甚至康复。所以,从心脑血管疾病预后的角度,一份基于患者个人电子病历的健康教育处方与疾病康复方案对于控制疾病发展和改善疾病预后具有重要意义。

3.4.1 从功能设计与技术实现角度 对所有常见心脑血管疾病的病种进行统计与确认,将心脑血管疾病的发病率、危急程度、疾病特点、复发规律与康复原则等作为参考依据,划分并建立各种以疾病为主线的健康知识库、算法规则库、预警模型库等。每一种疾病的健康知识库可包含的知识种类有:营养膳食类、科学运动类、心理减压类、烟酒节制类、中医养生类、用药提醒类、疾病照护类和康复管理类等,以满足患者在不同生活场景下的需求。构建算法规则库与预警模型库,以规范权威的临床知识为基准,将各病种下所有相关疾患因素进行逐一分析与分类,如疾病相关的症状、并发症/

合并症、检查项及结果判定、特殊情况、危险因素、不良行为等,并制定相应预警标准与处置规则,同时从健康教育角度,结合该病种领域内的专家共识及康复经验,将规则库与知识库进行串联,形成有效的疾病预警触发机制与知识生成算法,以全面应对心脑血管疾病患者的各类突发情况。在建立上述各类心脑血管疾病相关知识库、规则库、模型库的基础上,智慧健康处方从设计角度,结合患者在不同疾病时期的特点及需要,实现对患者个性化的健康评估、风险预警、异常识别、精准指导等功能,自动生成个性化的健康教育处方指导方案。

3.4.2 从信息采集与知识整合角度 全面而及时的信息采集与精细化的知识条目相融合,有利于生成精准化的健康指导方案。对患者所有相关数据资源进行全面整合,充分发挥信息价值,从而辅助医生进行临床诊疗和健康管理决策。有效的信息获取途径不限于医院与社区门诊的检查项目,可在不同生活场景引入可穿戴设备,按照心脑血管疾病发病特点,结合风险预警模型,针对性地采集心率、血氧、血压、血糖、呼吸频次等心脑血管重点指标,风险预警模型支持自动实时上传、支持医生体系化指标分析。生活场景健康信息的采集,不仅有助于医生全面掌握信息、及时有效预测风险预警事件,还能增强患者的参与感与依从性。通过对上述信息采集模块的设置,以数据作为触发和驱动机制,将心脑血管疾病的健康干预知识库和规则库作为推理方法,对知识应用的属性进行划分,将心脑血管疾病知识库大致整合为3种类型:基础认知类知识,居家自我管理与生活指导类知识,心肺复苏急救提示与应急类知识。通过对知识库特点进行分类,确保在不同时机下患者应用知识的契合度与有效性。

3.4.3 从业务环节与场景应用角度 基于电子病历智慧健康处方应用的定位,以辅助医生提质增效和减轻工作负担为出发点,在疾病随访或健康管理环节,立足于患者的实际需求,针对常见心脑血管疾病不同时期和特点,提供个性化的健康指导方案。在不同功能定位的医疗机构场景下(如专科与全科),智慧健康处方的使用也要分级、分类和分

场景,保证所提供健康指导方案的针对性和有效性,同时确保知识来源的权威与格式标准的统一规范。在应用健康处方知识库时,从业务角度也应有8个要素:正确的信息、正确的人员、正确的模式、正确的渠道、正确的时间、正确的数据、生态保证、安全保障。通过构建心脑血管疾病的健康处方知识库,可以强化专病的知识管理能力和完善心脑血管专科知识生态,将心脑血管专科知识与医院医生或者基层社区卫生服务人员经验相结合,逐渐形成主动干预的心脑血管疾病智能辅助知识管理体系。

#### 4 电子病历分析平台的精准诊疗应用前景

电子病历分析平台设计研发成功后,在未来应用中可通过心脑血管大数据分析建立新的诊疗规范和标准,解决当前心脑血管疾病诊断、治疗特异性差,长期疗效不佳等问题。同时大数据技术可以有效处理数量大、增长快、结构复杂的信息,更好地满足从海量数据中挖掘高价值信息的需求。通过大数据分析技术解决现有心脑血管电子病历数据关联度差、整合困难的问题,实现我国心脑血管疾病诊疗知识的自动化组织和分析。平台的精准诊疗应用可以依据临床专家知识,研发面向不同特定人群特征的精准防治方案。本研究设计实现的心脑血管疾病诊疗规范知识库可以与现有医院信息系统进行整合,实现针对不同人群特征进行个性化诊疗流程的业务应用。

在临床用药方面,对电子病历中的用药数据进行分析,既考虑药物的成分和作用又考虑药物的毒副作用和配伍禁忌,为医生制定安全和个性化的用药方案提供支持<sup>[17]</sup>。在疾病预测方面,可基于患者的症状、检查检验结果等相关信息进行健康风险评估,预测可能患有的疾病和疾病发展趋势。通过对历史数据的挖掘利用,可提高医务人员对心脑血管疾病病因与发病机制的理解,以及心脑血管医疗保健服务的质量和水平<sup>[18]</sup>。同时,大数据分析技术和工具帮助医生、患者及科研人员做出更加准确的决定,降低临床成本以及心脑血管疾病患者的医疗保健成本,以最小投入收获最大健康效益。

## 5 结语

本研究通过设计临床电子病历分析平台实现心脑血管数据自动关联功能, 根据大数据类型的多样性和密度的稀疏性特点, 研发心脑血管大数据分析模型知识图谱, 自动识别症状、生物标识、治疗手段等相关数据的逻辑关系, 发现其内在规律, 构建适用于大数据分析的语义模型。

依托影像学数据分析技术和临床诊疗方案建立面向多种特定人群的心脑血管诊疗规范。基于临床专家知识, 利用心脑血管大样本病历数据, 分析个体特征与诊疗手段之间的匹配方式, 形成心脑血管诊疗规范知识库, 建立针对不同特定人群的心脑血管防治方案。同时构建《基于电子病历的心脑血管疾病精准诊疗规范及应用方案》, 将心脑血管诊疗规范知识库与现有电子病历信息系统整合, 改变传统电子病历信息系统单一流程的业务模式, 实现针对不同人群特征进行个性化诊疗流程的业务应用, 向患者提供精准诊断、精准治疗、精准药物、预后预测等精准医疗服务。

## 参考文献

- 1 FOX C S, HALL J L, ARNETT D H, et al. Future translational applications from the contemporary genomics era: a scientific statement from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2015, 131 (19) : 1715 - 1736.
- 2 WENDE A R. Post - translational modifications of the cardiac proteome in diabetes and heart failure [J]. *Proteomics clinical applications*, 2016, 10 (1) : 25 - 38.
- 3 LINDSEY M L, MAYR M, GOMES A V, et al. Transformative impact of proteomics on cardiovascular health and disease: a scientific statement from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2015, 132 (9) : 852 - 872.
- 4 SHAH S H, NEWGARD C B. Integrated metabolomics and genomics: systems approaches to biomarkers and mechanisms of cardiovascular disease [J]. *Circulation cardiovascular genetics*, 2015, 8 (2) : 410 - 419.

- 5 夏锋, 韦邦福. 精准医疗的理念及其技术体系 [J]. *医学与哲学 (临床决策论坛版)*, 2010, 31 (11): 1 - 3, 17.
- 6 KRUSE C S, GOSWAMYR, RAVAL Y, et al. Challenges and opportunities of big data in health care: a systematic review [J]. *JMIR medical informatics*, 2016, 4 (4): e38.
- 7 AUSTIN C, KUSUMOTO F. The application of big data in medicine: current implications and future directions [J]. *Journal of interventional cardiac electrophysiology*, 2016, 47 (1): 51 - 59.
- 8 刘永斌, 魏明月, 崔文彬. 基于临床决策支持的智能化电子病历集成平台建设与实践 [J]. *中国医院*, 2017, 21 (8): 8 - 11.
- 9 李天凤, 杨凌燕, 耿娟, 等. 电子病历文本分析系统的设计 [J]. *中国医学装备*, 2019, 16 (11): 113 - 118.
- 10 黎丽阳. 试论基于医疗大数据分析的临床电子病历智能化 [J]. *通讯世界*, 2019, 26 (7): 32 - 33.
- 11 袁骏毅, 汤钦华, 马群圣. 胸腺瘤结构化专病数据库构建研究 [J]. *中国医疗设备*, 2019, 34 (2): 131 - 133.
- 12 郑西川, 孙宇, 陈霆, 等. 基于医疗大数据分析的临床电子病历智能化研究 [J]. *中国数字医学*, 2016, 11 (11): 61 - 64, 103.
- 13 简宇鹏, 区景松. 心血管外科精准医疗与研究进展 [J]. *中国分子心脏病学杂志*, 2020, 20 (5): 3513 - 3516.
- 14 赵韡. 心血管领域大数据的应用与挑战 [J]. *中国卫生人才*, 2017 (4): 19 - 23.
- 15 BLANKE P, NAOUM C, WEBB J, et al. Multimodality imaging in the context of transcatheter mitral valve replacement: establishing consensus among modalities and disciplines [J]. *JACC cardiovascular imaging*, 2015, 8 (10): 1191 - 1208.
- 16 徐运. 专题综述: 精准诊疗 [J]. *中国卒中杂志*, 2017, 12 (8): 701.
- 17 马锡坤, 杨国斌, 于京杰. 国内电子病历发展与应用现状分析 [J]. *计算机应用与软件*, 2015, 32 (1): 10 - 12, 38.
- 18 张远林, 谭思远, 李远杉, 等. 医疗大数据在心血管疾病中的应用: 潜力与挑战 [J]. *心血管病学进展*, 2022, 43 (7): 605 - 609.