



知识驱动下临床指南可视化模型的构建流程及规则： 以高血压为例

李晓泽¹，孙国强²，周奕³，吕强³，胡红濮⁴

【摘要】 临床指南知识库是研发临床决策支持系统的基础，本文以高血压为例，介绍了知识驱动下临床指南可视化模型的研究基础、总体架构、基本原则，并结合高血压人群筛查、心血管风险分层子程序分析了相应构建流程及规则。知识驱动下临床指南可视化模型实现了文本形式临床指南知识的数字化及可视化，可客观并真实地还原临床指南中的临床思维，并为临床决策支持系统中临床指南知识库的开发、利用及模型构建提供参考。

【关键词】 指南；高血压；临床决策支持系统；知识管理；软件设计

【中图分类号】 R-05 R 544.1 **【文献标识码】** A DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2019.09.004

李晓泽, 孙国强, 周奕, 等. 知识驱动下临床指南可视化模型的构建流程及规则: 以高血压为例 [J]. 实用心脑血管病杂志, 2019, 27 (9): 14-18. [www.syxnf.net]

LI X Z, SUN G Q, ZHOU Y, et al. Construction process and rules for Knowledge-driven Visualization Model of Clinical Guideline: taking hypertension for example [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2019, 27 (9): 14-18.

Construction Process and Rules for Knowledge-driven Visualization Model of Clinical Guideline: Taking Hypertension for Example

LI Xiaoze¹, SUN Guoqiang², ZHOU Yi³, LYU Qiang³, HU Hongpu⁴

1. Beijing Haoyidian Information Technology Co.LTD, Beijing 100000, China

2. Peking Union Medical College Hospital, Beijing 100000, China

3. Beijing Anzhen Hospital Affiliated to Capital Medical University, Beijing 100000, China

4. Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100000, China

Corresponding author: HU Hongpu, E-mail: hu.hongpu@imicams.ac.cn

【Abstract】 Clinical guidelines knowledge base is the foundation of research and development of clinical decision support system (CDSS), this paper introduced the research foundation, overall framework and basic principles of Knowledge-driven Visualization Model of Clinical Guideline by taking hypertension for example, further analyzed the relevant construction process and program according to the subprograms of Screening for Hypertension and Cardiovascular Risk Stratification. Knowledge-driven Visualization Model of Clinical Guideline makes the digitization and visualization of textual forms of clinical guidelines knowledge come true, can objectively and truly restore the clinical thinking in clinical guidelines, and then provide a reference for the development, utilization and model construction of clinical guidelines knowledge base in CDSS.

【Key words】 Guidebooks; Hypertension; Clinical decision support system; Knowledge management; Software design

随着人们对医疗及健康的需求不断增加，医务人员除确保诊断思路、治疗方案质量外，还要跟进并更新医学领域前沿知识以提高临床决策效率，因此各类医疗及健康系统对临床指南知识库的需求日益凸显^[1]。临床指南凝聚着众多权威

医学专家诊治经验及达成的共识，包含大量推理严谨的临床思维和循证医学证据，是权威的临床指导意见集合^[2]，可为临床诊断及治疗疾病提供科学依据，对于临床决策具有重要指导意义^[3]；但有调查结果显示，多数医生由于纸质或文本形式的临床指南查阅耗时、使用不便而并没很好地利用临床指南^[4]，因此临床实践过程中仍存在临床指南利用率低等问题。

借助自然语言处理、机器学习算法、知识图谱等新兴技术将临床指南数字化、可视化、自动化并与各业务系统模型深度融合而应用于临床决策支持系统（clinical decision support system, CDSS）或医疗信息化工具可使临床指南知识的获取由医生需要、寻求指南建议的被动查找模式转变为数据异常

基金项目：国家社科基金项目（17BGL184）；世界卫生组织支持项目（202208951）：分级诊疗下的基层卫生决策支持系统设计与实现

1.100000 北京市，北京好医典信息科技有限公司

2.100000 北京市，北京协和医院

3.100000 北京市，首都医科大学附属北京安贞医院

4.100000 北京市，中国医学科学院医学信息研究所

通信作者：胡红濮，E-mail: hu.hongpu@imicams.ac.cn

时触发提示的主动预警模式,有利于保证临床指南切实、便捷、高效、精准地应用,具有重要现实意义和发展前景。本研究以高血压为例,探讨了知识驱动下临床指南可视化模型的构建流程及规则,现报道如下。

1 临床指南数字化模型

1.1 临床指南数字化的研究背景 临床指南在医疗领域及临床决策中的重要地位催化并衍生出了一系列临床指南数字化模型研究,而随着20世纪末循证医学的兴起、发展^[2]及计算机技术的高速发展,研究者尝试将临床指南知识进行数字化。目前,国际上已出现近二十余种临床指南数字化模型^[5-6],如欧洲的PRODIGY (Prescribing RatiOnally with Decision-support In General-practice studY)模型^[7]及美国的Arden (Arden Syntax For Medical Logic Modules)模型^[8]、GEM (Guideline Elements Model)模型、GDL (Guideline Definition Language)模型、GLIF (Guideline Interchange Format)^[9]、SAGE (Sharable Active Guideline Environment)模型^[10]等。临床指南数字化模型将基于文本形式的临床指南知识表达为计算机能够识别的语言,在一定程度上解决了临床指南数字化问题^[11],但目前国内外在临床实践中得到长期、广泛应用的临床指南数字化模型并不多,而由于临床指南数字化模型尚存在一些局限性^[12],因此临床指南数字化模型的应用并没有得到预期的普及效果。有研究表明,影响临床指南数字化模型普及的一个重要原因是大多数临床指南数字化模型采用了基于工程化的语言,而临床医生对工程语言较难理解,更无法直接对临床指南知识进行数字化模型构建^[11]。

SAGE于2002年开始作为斯坦福医学信息学中心、梅奥诊所等共同合作的研究项目,其研发目的是在继承现有本体特征和构建医学标准的基础上构建基于临床指南的决策支持系统的互操作分布式模型,最终目标是建立一个能够在异构的CDSS中执行临床指南的架构。SAGE模型是众多临床指南数字化模型中较为有效的一种,但也存在部分问题未能很好地解决,如临床医生习惯使用自然语言进行描述、无法直接利用医学知识建模、必须通过与知识工程师协作才可完成建模,知识工程师需先与医生沟通并理解医学逻辑后才可建模、并需与医生确认,建模过程时间成本较高等^[13]。

1.2 临床指南数字化模型的基础理论与应用 本体知识表达能力强、推理性能高,可实现知识表达与计算机的统一、互操作并支持语义网络、知识共享,因此其被广泛用于对相关领域知识进行明确的形式化、规范化描述。本体知识是整合、组织医学领域相关知识的一种有效方法,SAGE模型即是将在本体知识应用于医学领域^[14]。基于本体知识的数字化模型是传统数据库技术与人工智能技术相结合的产物^[15],其作为一种新的知识表示和存储系统,不仅包含了传统数据库所能处理的简单陈述性事实知识^[16],还能够实现特定领域推理性、过程性知识的表示及存储,是研发及完善CDSS的基础。

CDSS是临床指南数字化在现代医学信息交叉领域的一个代表性应用,其作为辅助医务人员形成临床决策的系统软件,可通过智能信息技术而有效提高医疗质量及医疗决策效率、降低医疗差错率及医疗费用,还可通过与患者病历相结合(作

为信息输入)而提供针对性建议,继而指导临床实践、规范诊疗流程^[17],有利于减轻医务人员负担。因此,CDSS不仅是临床指南数字化模型的实际应用,还可从根本上保证知识源的权威性 & 可靠性。

2 知识驱动下临床指南可视化模型的总体架构

知识驱动下临床指南可视化模型针对大多数临床指南数字化模型基于工程化语言而不易被医生理解、应用的问题,通过借鉴语义分析及本体知识理论,以知识驱动为视角,通过将文本形式的临床指南按照适合临床指南表达的模型进行建模而形成可视化流程、规则库,最终使文本形式的临床指南转变为易于检索及推理的知识库。知识驱动下临床指南可视化模型以文本形式的临床指南为基础,通过可视化表达、对指南规则的解读及本体建模、逻辑写入而形成可被计算机识别、执行及调用的核心接口模块,当人机接口与用户端接入并满足预设条件时就会自动触发推理引擎,最终形成CDSS(见图1)。知识驱动下临床指南可视化模型通过将临床指南知识进行流程化、可视化而形成医务人员可直接看懂并能有效辅助系统研发人员更好地理解临床指南知识的模型,克服了临床指南数字化模型需基于工程化语言的问题,是一种很有借鉴意义的医学信息化方法,也是医学知识转化过程中较为优先且关键的一步,有利于促进医学知识的充分利用。

3 构建知识驱动下临床指南可视化模型的基本原则

理想的知识驱动下临床指南可视化模型应支持单元化建模^[13],即将临床指南中部分复杂的医学逻辑系统拆分为多个功能独立的子程序,进而从整体上降低知识库系统与子程序的耦合度,方便在临床指南中部分知识或逻辑变动时无需进行整体修改、仅需局部调整相应子程序及规则或添加必要的子程序,或要表达同一知识内容时仅需调用同一子程序接口、避免重复定义子程序等。支持单元化建模的知识驱动下临床

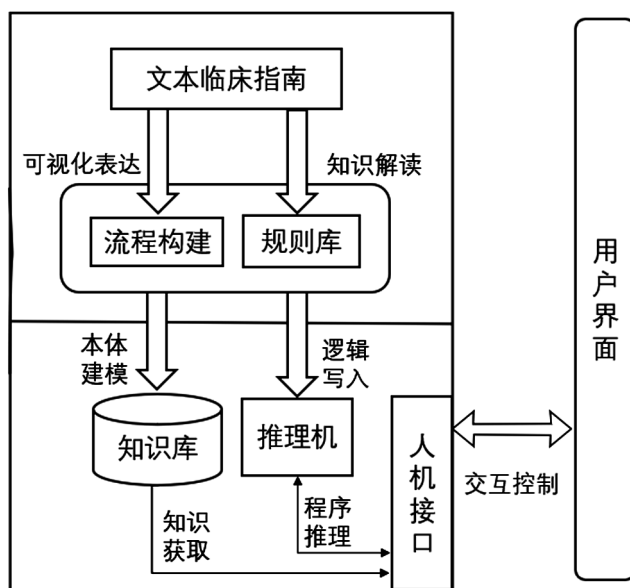


图1 知识驱动下临床指南可视化模型的总体架构

Figure 1 Overall framework of Knowledge-driven Visualization Model of Clinical Guideline

指南可视化模型有利于避免临床指南更新及系统升级而带来的二次开发、建模重构、知识维护等，且方便了初始建模阶段团队协作、有利于降低系统工程时间成本。

为使医生、知识工程师及系统研发人员等角色对知识驱动下临床指南可视化模型有一致的理解，本研究通过借鉴SAGE模型构建方法、应用流程图式表达模型、结合国家相关流程图标准并多次与临床医生互动而初步拟定了一套规范化流程图表达形式及表达规则（见表1）：（1）某种疾病的临床指南可能包括多种情况下的疾病诊断、治疗或管理步骤，因此每个步骤应根据临床思维复杂度定义为若干个子程序；（2）每个子程序原则上只完成某个环节（如诊断）相对独立且单一的功能；（3）每个子程序需有一个开端框并可有多个终止框；（4）子程序默认遵循从上到下、从左到右的表达规则，并应尽量避免交叉与循环；（5）为与开端框区分，终止框边框进行加粗处理；（6）子程序间若存在先后性逻辑关系，则需在开端框或终止框标明。

表1 知识驱动下临床指南可视化模型规范化流程图表达形式及表达规则

Table 1 Expression forms and rules in the normalized flowchart of Knowledge-driven Visualization Model of Clinical Guideline

指南知识主题元素	图形符号	表达标签	含义说明
子程序说明框		presentation	对子程序完成的整体功能进行注释说明
开端/终止框		start/end	子程序流程起始和终点使用的符号
数据导入		data import	某个环节需采集病历或业务数据使用的符号
判断决策		decision	子程序流程的逻辑判断与决策
常规执行过程		action	流程中进行常规操作的步骤

4 以高血压为例的知识驱动下临床指南可视化模型

本研究以高血压为例，基于《中国高血压防治指南（2018年修订版）》^[18]及《国家基层高血压防治管理指南》^[19]中的语义关系，通过本体知识理论将文本形式的临床指南知识构建为知识驱动下临床指南可视化模型，现将疾病诊断环节中的关键步骤“高血压人群筛查”“心血管风险分层”作为对象，说明如下。

4.1 高血压人群筛查子程序构建流程及规则 （1）收集并录入待测个体收缩压（SBP）、舒张压（DBP）、身高、体质量、腰围等关键信息，并根据规则1（P1）分为血压正常（P1=0）、正常高值血压（P1=1）、高血压（P1=2）；（2）血压正常且无危险因素、正常高值血压待测个体根据规则2（P2）被判断为一般人群，血压正常且伴有危险因素（P2=1）的待测个体被判断为易患人群且P2可返回值（P2_level=n），返回值为n则表明命中了n项危险因素；（3）正常高值血压待测个体被判断为易患人群；（4）高血压人群根据规则3（P3）判断为单纯收缩期高血压及高血压1、2、3级并进入“心血管风险水平分层”子程序。高血压人群筛查子程序适用于年龄>18岁的男性和女性，主要功能是筛查人群中高血压患者并进行高血压分级，

其构建流程及规则见图2、表2~4。

表2 高血压人群筛查子程序构建规则1（血压分类）

Table 2 Rule 1 of subprogram of Screening for Hypertension (blood pressure classification)

标签	执行规则	赋值及下一步
正常血压	if {SBP<120 && DBP<80}; P1_level=0	P1=0, →P2, return={一般人群}
正常高值血压	if {120<SBP<=139 80<DBP<=89}; P1_level=1	P1=1, return={易患人群}
高血压	if {SBP>140 DBP>90}; P1_level=1	P1=2, return={高血压人群}

注：SBP=收缩压，DBP=舒张压，P1=规则1

表3 高血压人群筛查子程序构建规则2（危险因素）

Table 3 Rule 2 of subprogram of Screening for Hypertension (risk factors)

标签	执行规则	赋值及下一步
无危险因素	if P2_level=0; P2 end	P2=0, return={一般人群}
超重或肥胖	if {BMI ≥ 24}; P2_fat=1; P2_level=+1	P2=1, return={易患人群}
酗酒	if label {“酗酒”}=true; P2_wine=1; P2_level=+1	P2=1, return={易患人群}
高盐饮食	if label {“高盐饮食”}=true; P2_salt=1; P2_level=+1	P2=1, return={易患人群}

注：BMI=体质指数，P2=规则2

表4 高血压人群筛查子程序构建规则3（高血压分级）

Table 4 Rule 3 of subprogram of Screening for Hypertension(classification of hypertension)

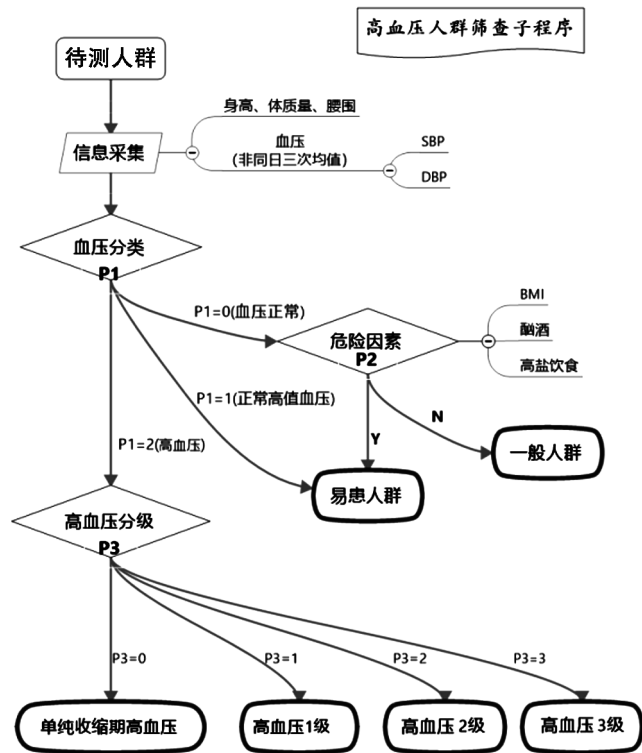
标签	执行规则	赋值及下一步
ISH	if {SBP ≥ 140 && DBP<90}; BP_level=0	P3=0, return={ISH}
高血压1级	if {140<SBP<159 90<DBP<99}; BP_level=1	P3=1, return={高血压1级}
高血压2级	if {160<SBP<179 100<DBP<109}; BP_level=2	P3=2, return={高血压2级}
高血压3级	if {SBP ≥ 180 DBP ≥ 110}; BP_level=3	P3=3, return={高血压3级}

注：ISH=单纯收缩期高血压，BP=血压，P3=规则3

4.2 心血管风险分层子程序构建流程及规则 （1）对初诊为高血压患者涉及的5大类关键指标（包括危险因素、靶器官损伤、血糖情况、是否伴有并发症、慢性肾脏病）进行导入；（2）依次通过规则4（P4）、规则5（P5）、规则6（P6）、规则7（P7）、规则（P8）对5大类指标进行判断，其中P4、P5可返回值（P4/5_level=n），返回值为n则表明命中了n类关键指标；（3）最后进入综合分析模型并进行心血管风险分层，包括低危、中危、中/高危、高危、高/很高危、很高危共6种风险等级。心血管风险分层子程序同样适用于年龄>18岁的男性和女性，主要功能是对初诊高血压患者进行心血管风险分层，其构建流程及规则见图3、表5~6。

5 小结

综上所述，临床指南数字化对临床诊疗模式、疾病照护等有明显改善作用，但临床指南数字化模型仍存在不足、普及效果不佳；知识驱动下临床指南可视化模型以临床思维为出发点，不拘泥于使用工具或技术，力求真实地还原临床指南知识，通过与计算机流程模型相结合而有助于揭示临床指南中存在的冲突或错误、减少后期维护及升级造成的工作负担、辅助CDSS研发者无障碍地理解医学知识，从而解决了从临



注: SBP= 收缩压, DBP= 舒张压, BMI= 体质指数, P1= 规则 1, P2= 规则 2, P3= 规则 3

图 2 高血压人群筛查子程序构建流程及规则

Figure 2 Construction process and rules of the subprogram of Screening for Hypertension

表 5 心血管风险分层子程序构建规则 4 (危险因素)

Table 5 Rule 4 of subprogram of Cardiovascular Risk Stratification (risk factors)

标签	执行规则	赋值及下一步
年龄	if {gender=male && age>55} or if {gender=female && age>65}; P4_age=1; P4_level=+1	P4=+1, P4_factor +{ "年龄因素" }
吸烟	if label { "吸烟 / 被动吸烟" }=true; P4_smoke=1; P4_level=+1	P4=+1, P4_factor +{ "吸烟因素" }
血糖异常	if {7.8<OGTT 2 h BG<11.0}; P4_OGTT 2 h BG=1; if {6.1<FPG<6.9}; P4_FPG=1; P4_level=+1	P4=+1, P4_factor +{ "IGT 或 IFG" }
血脂异常	if {TC ≥ 5.2 LDL-C≥3.4 HDL-C<1.0}; P4_blood-fat=1; P4_level=+1	P4=+1, P4_factor +{ "血脂异常" }
早发心血管病家族史	if label { "早发心血管病家族史" }=true; P4_history=1; P4_level=+1	P4=+1, P4_factor +{ "早发心血管病家族史" }
肥胖或腹型肥胖	if {BMI ≥ 28} or {gender=male && waistline≥90} or {gender=female && waistline ≥ 85}; P4_fat=1; P4_level=+1	P4=+1, P4_factor +{ "肥胖或腹型肥胖" }
高同型半胱氨酸血症	if {Hcy ≥ 15}; P4_Hcy=1; P4_level=+1	P4=+1, P4_factor +{ "高同型半胱氨酸血症" }

注: OGTT 2 h BG= 口服葡萄糖耐量试验 2 h 血糖, FPG= 空腹血糖, IGT= 糖耐量受损, IFG= 空腹血糖异常, TC= 总胆固醇, LDL-C= 低密度脂蛋白胆固醇, HDL-C= 高密度脂蛋白胆固醇, Hcy= 同型半胱氨酸, P4= 规则 4

床指南到计算机模型转化过程中遇到的主要困难, 并为医学信息化及医生辅助诊断系统的开发提供了参考。知识驱动下的临床指南可视化模型的构建流程及规则是医学领域与计算

表 6 心血管风险分层子程序构建规则 5 (靶器官损伤)

Table 6 Rule 5 of subprogram of Cardiovascular Risk Stratification (target organ damage)

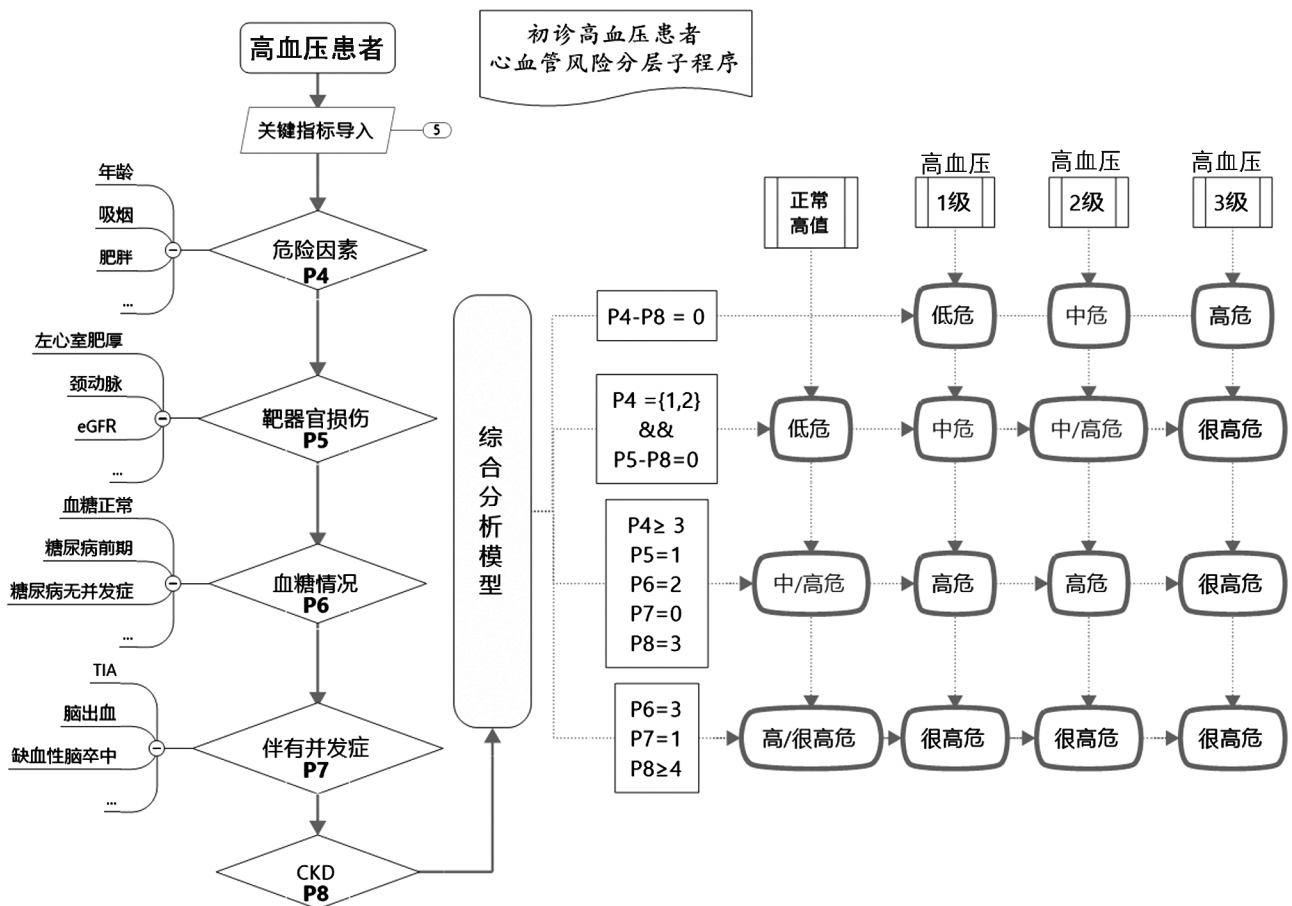
标签	执行规则	赋值及下一步
左心室肥厚	if {Sokolow_Lyon>3.8 Cornell>244} or {gender=male && LVMI ≥ 115} or {gender=female && LVMI ≥ 95}; P5_level=+1	P5=1, P5_factor +{ "左心室肥厚" }
颈动脉异常	if {CIMT ≥ 0.9} or if label { "动脉粥样斑块" }=true; P5_level=+1	P5=1, P5_factor +{ "颈动脉异常" }
PWV	if {PWV≥12}; P5_level=+1	P5=1, P5_factor +{ "PWV 异常" }
ABI	if {ABI<0.9}; P5_level=+1	P5=1, P5_factor +{ "ABI 异常" }
eGFR	if {30<eGFR<59} or {gender=male && 115<Cr<133} or {gender=female && 107<Cr<124}; P5_level=+1	P5=1, P5_factor +{ "肾功能异常" }
UMA	if {30<UMA<300} or if {ACR>=30}; P5_level=+1	P5=1, P5_factor +{ "尿蛋白异常" }

注: LVMI= 左心室质量指数, CIMT= 颈动脉内膜中层厚度, PWV= 脉搏波传导速度, ABI= 踝 / 臂指数, eGFR= 估算肾小球滤过率, Cr= 肌酐, UMA= 尿微量白蛋白, ACR= 白蛋白 / 肌酐比值, P5= 规则 5

机领域之间的一座“桥梁”, 对当今及未来基于临床指南知识的 CDSS 研发及应用具有深远意义。

参考文献

- [1] BOTTRIGHI A, LEONARDI G, PIOVESAN L, et al. Knowledge-Based Support to the Treatment of Exceptions in Computer Interpretable Clinical Guidelines [J]. International Journal of Knowledge-Based Organizations, 2016, 6 (3): 1-27. DOI: 10.4018/IJKBO.2016070101.
- [2] 何权瀛. 如何科学地制定临床决策—循证医学、指南共识、精准医学、整合医学与临床决策 [J]. 医学与哲学, 2016, 37 (12): 1-3, 7. DOI: 10.12014/j.issn.1002-0772.2016.06b.01.
- [3] 林夏, 杨克虎, 陈耀龙, 等. 中国临床实践指南的现状与思考 [J]. 中国循证医学杂志, 2017, 17 (5): 497-500. DOI: 10.7507/1672-2531.201703130.
- [4] 赵志娟, 赵玉虹. 文本临床指南转变为数字化临床指南发展现状及趋势 [J]. 中国数字医学, 2017, 12 (1): 32-34. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7571.2017.1.010.
- [5] TRIANTAFYLLOU E, KOKKINOUE, CLERCQ P A D, et al. Representation and execution of temporal criteria for guideline-based medical decision support at the Intensive Care Unit [C] // BNAIC 2005-Proceedings of the Seventeenth Belgium-Netherlands Conference on Artificial Intelligence, 2005. Brussels: DBLP, 2005: 239-246.
- [6] 刘鸿燕, 万艳丽, 于凡, 等. 临床指南知识表达模型研究现状分析 [J]. 中华医学图书情报杂志, 2017, 26 (5): 1-7. DOI: 10.3969/j.issn.1671-3982.2017.05.001.
- [7] JOHNSON P D, TU S, BOOTH N, et al. Using scenarios in chronic disease management guidelines for primary care [J]. Proc AMIA Symp, 2000: 389-393.
- [8] 郭玮. 基于 Arden 语言的临床诊疗指南的可视化表达 [D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
- [9] BOXWALA A A, PELEG M, TU S, et al. GLIF3: a representation format for sharable computer-interpretable clinical practice guidelines [J]. J Biomed Inform, 2004, 37 (3): 147-161. DOI: 10.1016/j.jbi.2004.04.002.



注: eGFR= 估算肾小球滤过率, TIA= 短暂性脑缺血发作, CKD= 慢性肾脏病, P4= 规则 4, P5= 规则 5, P6= 规则 6, P7= 规则 7, P8= 规则 8

图 3 心血管风险分层子程序构建流程及规则

Figure 3 Construction process and rules of subprogram of Cardiovascular Risk Stratification

[10] TU S W, CAMPBELL J R, GLASGOW J, et al. The SAGE Guideline Model: achievements and overview [J]. J Am Med Inform Assoc, 2007, 14 (5): 589-598. DOI: 10.1197/jamia.M2399.

[11] 周群一, 郭玮, 吕旭东, 等. 数字化临床指南的可视化表达 [J]. 生物医学工程学杂志, 2009, 26 (2): 239-243.

[12] 尹梓名, 吕旭东, 段会龙. 基于临床指南的决策支持系统 [J]. 中国医疗器械信息, 2015, 21 (3): 1-5, 23.

[13] 杨艳, 吴彬飞, 叶枫, 等. 基于 SAGE 的医学知识模型的设计与应用 [J]. 中国医疗器械杂志, 2009, 33 (1): 27-30. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7104.2009.01.007.

[14] NOY N F, MCGUINNESS D L. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology [DB/OL]. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, 2001.

[15] 于鑫刚, 李万龙. 基于本体的知识库模型研究 [J]. 计算机工程与科学, 2008, 30 (6): 134-136. DOI: 10.3969/j.issn.1007-130X.2008.06.040.

[16] 张艺帆, 王华琼, 文语欣, 等. 基于本体的临床路径知识库设计与构建 [J]. 中国数字医学, 2013, 8 (5): 51-54. DOI: 10.3969/j.issn.1673-7571.2013.05.015.

[17] KARIM H, HOSSEINI RAVANDI M, ZANDESH Z, et al. A unique framework for the Persian clinical guidelines: addressing an evidence-based CDSS development need [J]. BMJ Evid Based Med, 2019. pii: bmjebm-2019-111187. DOI: 10.1136/bmjebm-2019-111187.

[18] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟 (中国) 中华医学会心血管病学分会, 中国医师协会高血压专业委员会, 等. 中国高血压防治指南 (2018 年修订版) [J]. 中国心血管杂志, 2019, 24 (1): 24-56. DOI: 10.3969/j.issn.1007-5410.2019.01.002.

[19] 国家基本公共卫生服务项目基层高血压管理办公室, 基层高血压管理专家委员会. 国家基层高血压防治管理指南 [J]. 中国循环杂志, 2017, 32 (11): 1041-1048. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2017.11.001.

(收稿日期: 2019-07-03; 修回日期: 2019-09-20)

(本文编辑: 鹿飞飞)