



MedSPG：高血压诊疗领域 层次化知识建模与多步推理决策

汇报人：周庚显



演讲议题简介

高血压是世界范围内常见的疾病，极大影响了患者的生活质量，并提高患者多种心血管疾病发病风险。高血压的诊疗决策是一项知识驱动的决策任务，需要基于临床指南、文献并按照主流医师决策过程进行多步推理才能实现。大语言模型虽有一定程度的世界知识，但在细分领域的知识专业性和决策精度有限。为了实现高血压领域的精准推理和决策，我们基于OpenSPG提出MedSPG，设计层次化多元诊疗知识表示体系，实现复杂逻辑推理知识的表达和推理，构建规则描述语言和后向推理引擎，实现高效知识推理论和便捷规则维护。

目录

CONTENTS

- 1 研究背景与现状
- 2 研究任务
- 3 研究方法
- 4 实验结果



→ 01

研究背景与现状

基于知识的决策在垂域的前沿



高血压诊疗决策示例

患者信息

主诉：两个月前发现血压高，最高160/100。

现病史：近期在家测量血压在150-160/90-100mmHg，心率在60-70bpm。近一周头胀，无头晕头痛，无肢体不利，无活动时胸闷胸痛。睡眠不佳，入睡困难。

.....
过敏史：无

体格检查：血压157/96mmHg，心率76次/分，双下肢无浮肿

血压水平分级

患者SBP为157mmHg，DBP为96mmHg，诊断为一级高血压。

心血管危险因素分层

患者白蛋白尿为56mg/24h，有微量白蛋白尿症状，存在靶器官损害。餐后血糖为14mmol/L，患者患有糖尿病。SBP为157mmHg，DBP为96mmHg，患者心血管危险因素分层为**高危**。

靶器官损害	其他心血管危险因素和疾病史	血压(mmHg)
微量白蛋白尿:30~300 mg/24 h 或白蛋白肌酐比:≥30 mg/g(3.5 mg/mmol)	无	SBP 140~159 和(或) DBP 90~99 低危
	1~2个其他危险因素	中危
	≥3个其他危险因素, 靶器官损害, 或 CKD 3期, 无并发症的糖尿病	高危

用药方案确定

患者需要进行药物治疗，并且使用联合用药方案。

患者应使用ACEI或ARB，二氢吡啶类CCB；ACEI或ARB，噻嗪类利尿剂。

高危患者应使用联合用药方案。

.....

伴微量白蛋白尿的糖尿病患者应该立即使用药物治疗。

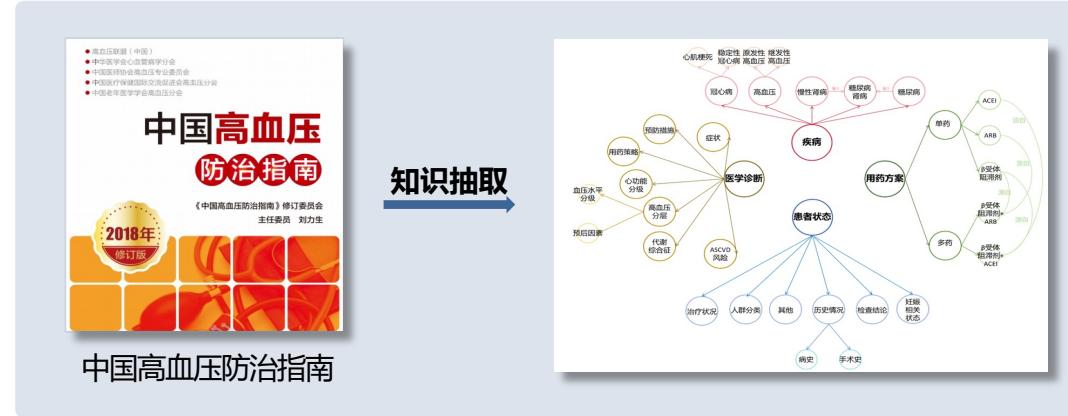
.....

糖尿病患者如需联合用药，应以ACEI或ARB为基础，加用利尿剂、或二氢吡啶类CCB。患者有微量白蛋白尿症状，患有慢性肾病，ACEI/ARB、CCB、 α 受体阻滞剂、 β 受体阻滞剂、利尿剂都可以作为初始选择药物。患者血肌酐为 $23 \mu\text{mol/L}$, $\text{GFR} > 30 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot 1.73 \text{ m}^{-2}$, 噻嗪类利尿剂有效。

高血压诊疗决策的特点

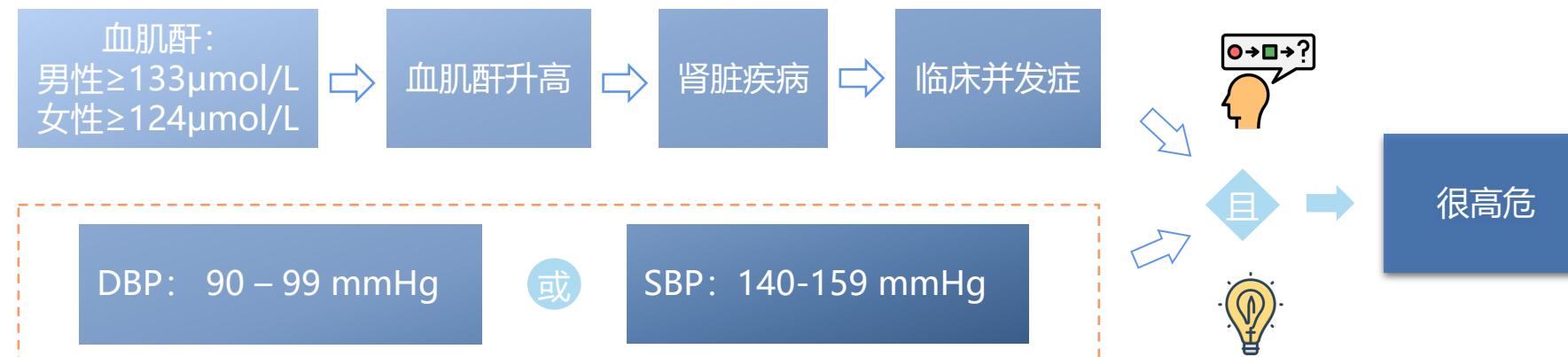
➤ 知识驱动

高血压临床决策是一个**知识密集**的任务，依赖**医学指南、文献、专家常识**等知识进行精准严密的推理和决策。



➤ 逻辑推理

高血压决策过程的特点：严密的**逻辑计算**和**多步推理**。医学诊断需要结合多种因素来确定，因素之间根据医学共识形成复杂的逻辑关系，某个因素还需要基于患者情况进行多步判断和推理才能确定。



以心血管危险因素分层为例

大模型在医学决策中的表现



男性患者，51岁，收缩压167mmHg，舒张压97mmHg，心率66bpm，身高165cm，体重78kg，患有稳定性心绞痛疾病。根据以上患者描述给出高血压相关的诊断结果和治疗建议。

ChatGPT



诊断结果：第2级高血压（中度高血压）

稳定性心绞痛

治疗建议：生活方式的改变：首先建议通过改善生活方式来控制血压，比如定期进行体力活动、维持健康的饮食习惯（例如地中海饮食或DASH饮食），减少钠摄入，限制酒精消费，保持健康的体重，戒烟等。

药物治疗：考虑到患者的血压水平和心绞痛的情况，可能需要开始药物治疗来降低血压和减轻心绞痛的症状。**常用的降血压药物包括ACE抑制剂、ARBs、钙通道阻滞剂、β-阻滞剂和利尿剂。**对于心绞痛，可能会推荐使用硝酸甘油、β-阻滞剂或**钙通道阻滞剂**。

监测和随访：需要定期监测血压，以确保治疗效果，并调整治疗方案以最佳地控制血压和心绞痛症状。同时，也要监测药物治疗可能引起的任何副作用。

评估心血管风险：考虑到患者已有的心绞痛疾病，**建议进行进一步的心血管风险评估**，并根据评估结果采取适当的预防措施。

！未给出心血管疾病危险因素分层、未给出明确的药物治疗建议



HuatuoGPT-II

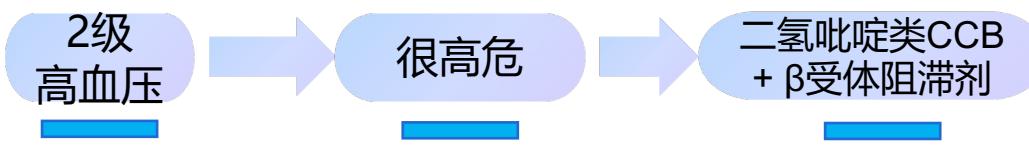


高血压是一种常见的心血管疾病，其特点是持续性的血压升高。根据世界卫生组织的定义，成人静息时收缩压 ≥ 140 mmHg和/或舒张压 ≥ 90 mmHg可被诊断为高血压。而根据您提供的数据，患者的收缩压为167mmHg，已经超过了高血压的诊断标准。

对于高血压的治疗，一般采用药物治疗和非药物治疗相结合的方法。药物治疗主要包括针对血压的降压药物，如**钙通道阻滞剂、ACE抑制剂、ARB等**。非药物治疗包括改变生活方式，如控制饮食中的盐分摄入、适量运动、戒烟限酒等。

鉴于该患者同时患有稳定性心绞痛疾病，治疗上需要更加谨慎。在确定高血压治疗方案时，应综合考虑患者的整体情况，包括年龄、性别、合并疾病等因素。因此，建议您尽快就医咨询专业医生，进行详细的检查和评估，以制定个体化的治疗方案。

！未给出心血管疾病危险因素分层、未给出明确的药物治疗建议



大模型在医学决策中的不足

➤ 高质量数据集稀缺

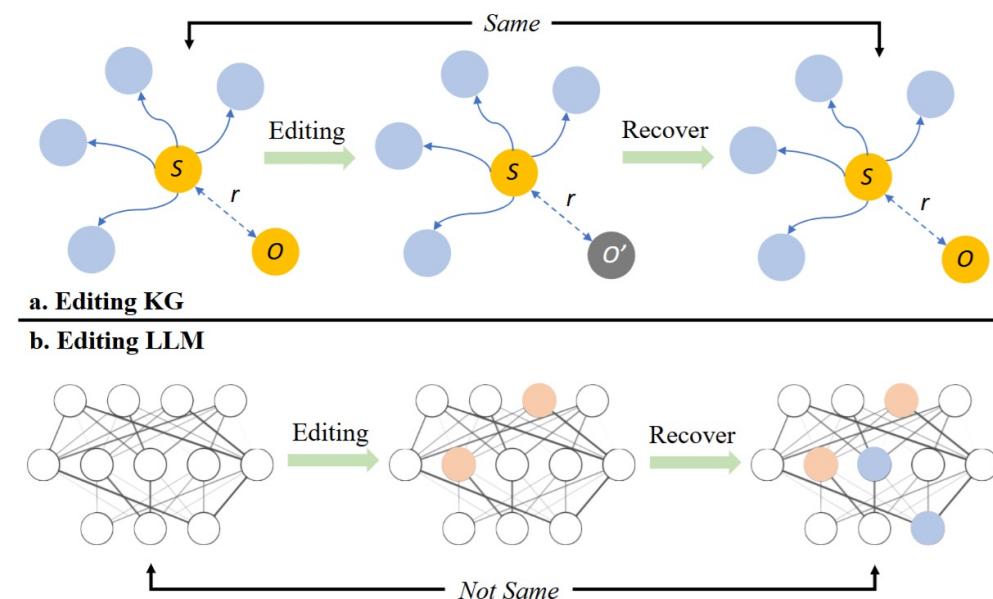
- 现有医学数据集侧重于**全科基础诊疗和医学知识**，未能反应**高血压专科精细化诊断与个性化治疗**
- 基于患者病例的数据仅对**实例数据**进行描述，充满**噪声和不一致性**，难以为高血压诊疗决策提供规范的指导



MedQA

➤ 知识修正

- 医疗大语言模型**精准推理能力有限**
- 模型所存储的**知识不可见**，难以精准修改和纠正
- 模型推理过程不可控，医学领域**缺少高质量的标注数据**来微调、对齐大语言模型



大模型在医学决策中的不足

➤ 临床指南语言歧义

- 医学指南通常面向具备一定医学背景的专业人士制定，在表述上往往省略一些基础医学常识，导致其在自然语言表述和理解上存在歧义

①SBP在130~139mmHg或者DBP在80~89mmHg的糖尿病患者,可进行不超过3个月的非药物治疗。如血压不能达标,应采用药物治疗。
 ②血压 $\geq 140/90\text{mmHg}$ 的患者,应在非药物治疗基础上立即开始药物治疗。

医学专家解读

在 $\text{SBP} < 140\text{mmHg}$ 且 $\text{DBP} < 90\text{mmHg}$ 的前提下, SBP在130~139mmHg或者DBP在80~89mmHg的糖尿病患者,可进行不超过3个月的非药物治疗。如血压不能达标,应采用药物治疗。
 SBP $\geq 140\text{mmHg}$ 或DBP $\geq 90\text{mmHg}$ 的患者,应在非药物治疗基础上立即开始药物治疗。

医学文本

患者SBP为145mmHg, DBP为85mmHg

↓ ②

药物治疗

↓ ①

非药物治疗

患者是否需要开始药物治疗 ?

患者SBP为145mmHg, DBP为85mmHg

↓

SBP $> 140\text{mmHg}$, 开始药物治疗

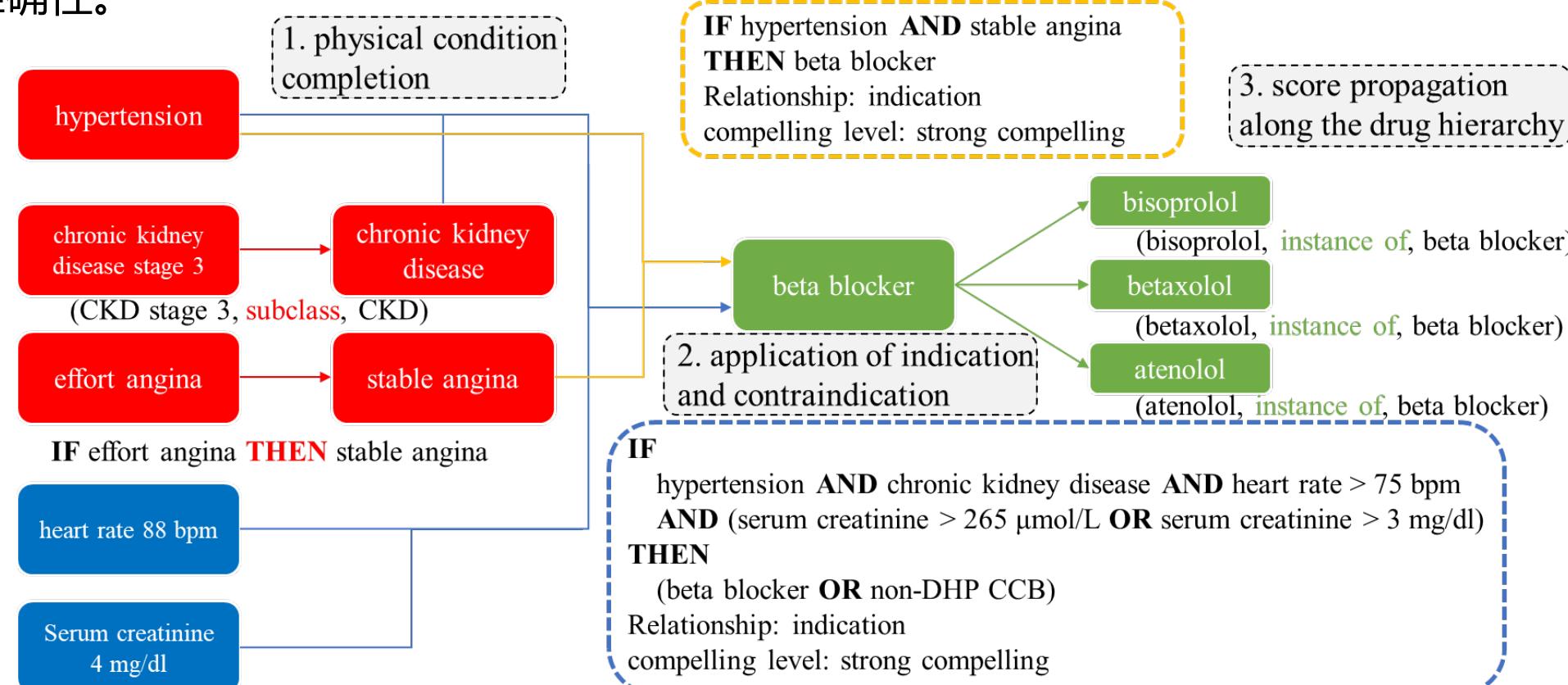


决策结果

知识图谱在医学决策中的优势

➤ 基于知识图谱的医学决策

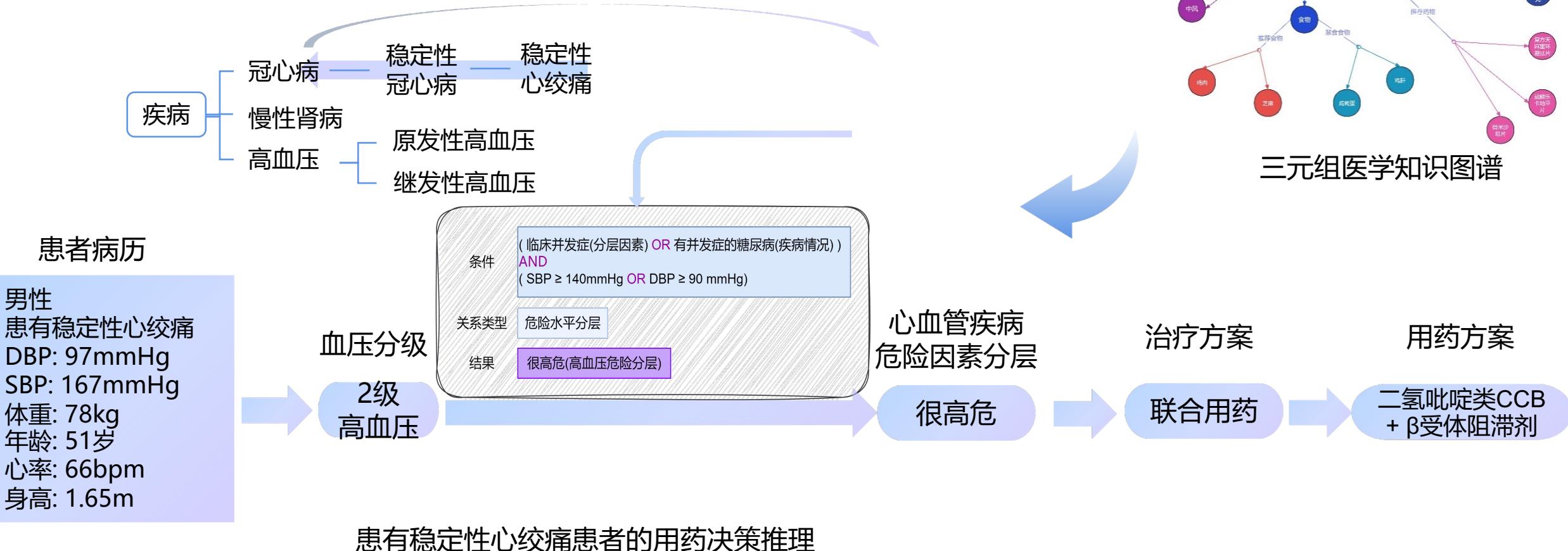
- 知识图谱以**结构化**的方式**精确**地存储和组织领域内知识。
- 在合理的使用方式下，它为决策过程提供了**精准、可控、可解释**的支持，显著提高了决策结果的准确性。



知识图谱在医学决策中的不足

➤ 缺乏推理结构支撑

- 现有的知识图谱侧重于对临床实例数据和医学概念的表示，缺乏决策相关的推理结构，难以支撑基于知识图谱的复杂逻辑推理





→ 02

研究任务

以逻辑推理赋能专家级决策



高血压诊疗知识库构建与逻辑推理

诊疗知识库构建

- 问题：垂域专科诊疗知识的表示
- 高血压临床诊疗知识建模与表示，围绕高血压指南并结合实际诊疗流程设计医学本体
- 精细化诊断与药物治疗知识库构建
- 临床验证与专家反馈循环，校准迭代知识库并引入专家常识，实现高质量专家级别知识库构建

- 问题：基于医学知识的多步逻辑推理
- 高血压临床诊疗决策规则表示，在实例-概念双视图知识图谱基础上构建推理结构
- 规则描述语言：精细化逻辑表示、便捷规则维护
- 后向推理：高效准确的多步知识推理

诊疗逻辑推理



→ 03

研究方法

多层次知识架构与高效推理引擎

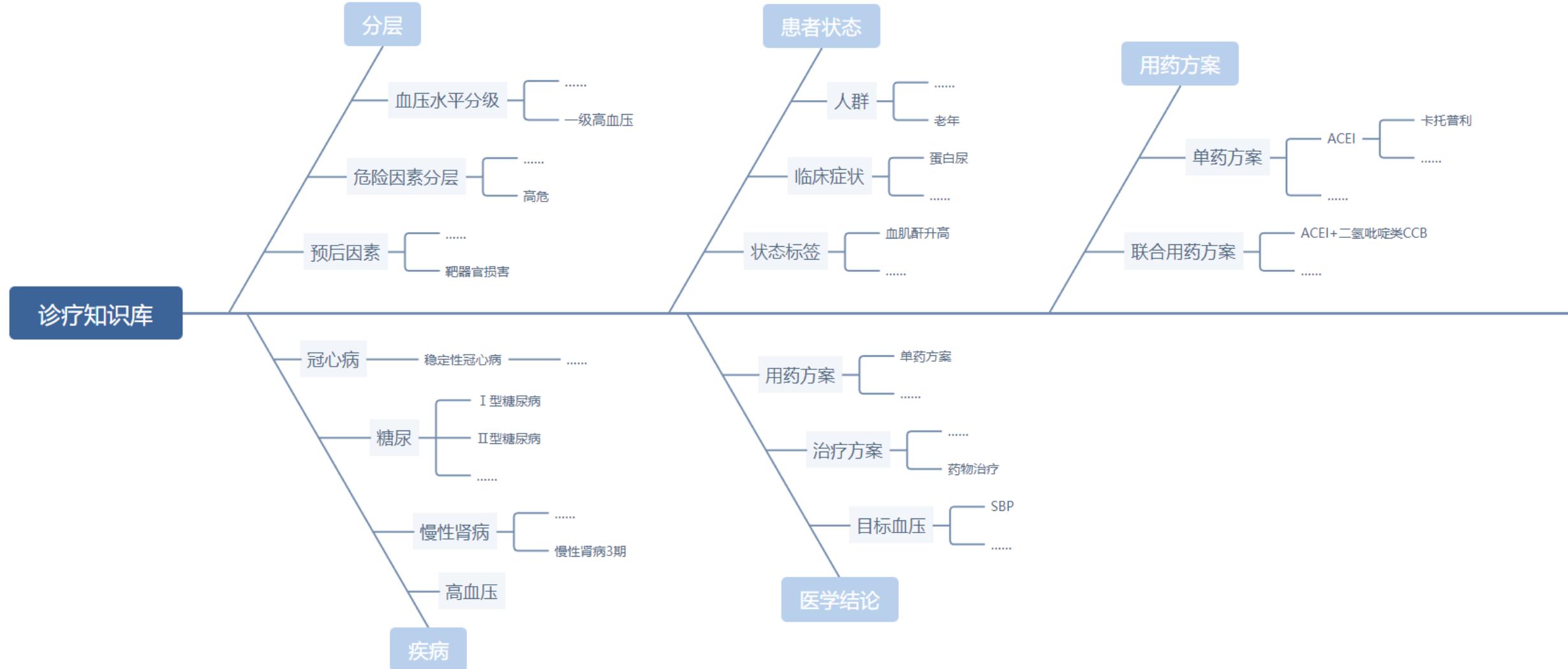


诊疗知识库

已收录知识 **1000+条**

覆盖疾病 **142 种**, 高血压特殊人群 **10 类**

包含用药规则**500+条**



层次化多元知识建模与推理逻辑表达

▶ 推理层

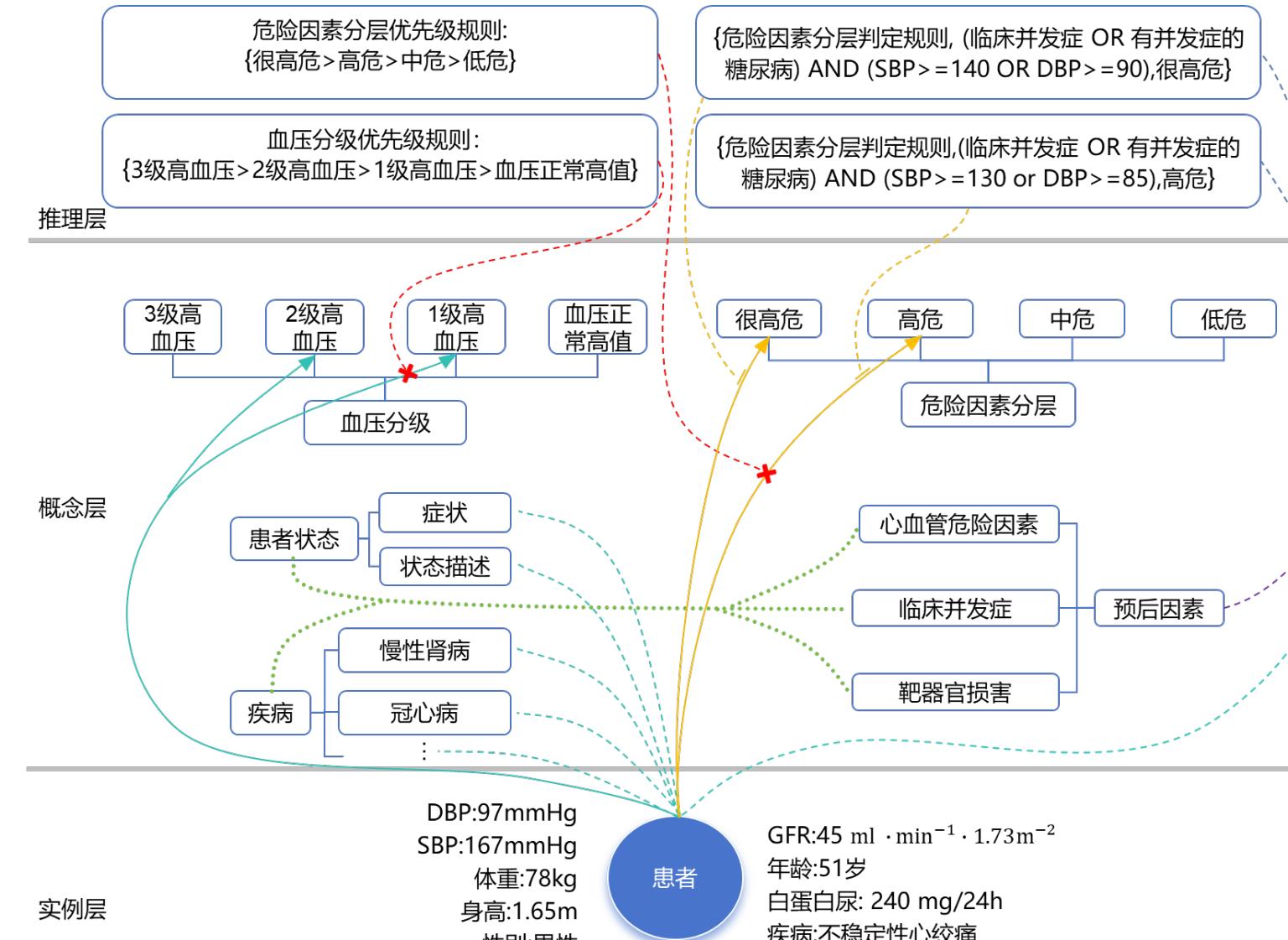
- 业务相关的**决策规则表达**
- 跨层多元逻辑推理规则的**表达、复杂逻辑计算和推理**

▶ 概念层

- 领域内诊疗文献中**概念性知识的建模**
- 概念实体间关系的**存储、患者实例到概念实体的关联**

▶ 实例层

- 患者临床**病例数据表示与存储**
- 对患者真实病历数据进行**建模**



SPG后向推理

➤ 规则描述语言

- 在OpenSPG中提出了一套规则描述语言以实现便捷规则维护，规则描述语言以直观的形式对蕴含逻辑运算的原子规则进行表示。
- 医疗专家通过规则描述语言定义高血压诊疗过程中的原子规则，例如高血压分级规则、心血管疾病危险因素分层、用药规则等。

➤ 推理规则

规则头：规则头通过**Define关键字**表示，Define的内容可以是概念、也可以是SPO。

规则体：规则体由**And、Or、Not和表达式**构成，表达式包含函数、四则运算、比较符等。

示例：

```
Define (疾病要素/'危险水平分层-低危') {  
    hits(高血压分层/'心血管危险因素')>=1 and hits(高血压分层/'心血管危险因素')<3 }
```

➤ 优先级规则

规则定义：由**DefinePriority关键字**定义，用于解决多个规则推理出不同的结论的情况。

示例：

```
DefinePriority(血压水平分层) {  
    3级高血压=100  
    2级高血压=80  
    1级高血压=50  
    血压正常高值=10}
```



➤ 后向推理

- 在OpenSPG中提出了一套规则描述语言和后向推理引擎以实现高效知识推理和便捷规则维护。后向推理引擎从决策目标出发，将其递归分解至可被原子规则或事实证明或推翻的子目标，有效地实现了知识推理。

医疗-疾病诊断规则：

- 患者血压超过140/90，患者被诊断为高血压。稳定性心绞痛是稳定性冠心病的一种。
- 稳定性冠心病的基本用药方案是ARB或ACEI结合β受体阻滞剂。
- 高血压并发冠心病患者的适用药品是ARB。
- 高血压并发冠心病患者的适用药品是β受体阻滞剂。
- 稳定性冠心病患者且患者心率>60bpm时，推荐使用β受体阻滞剂进行降压。
- ACEI不耐受者应禁用ACEI进行降压。
- ACEI不耐受的高血压患者可用ARB进行降压。

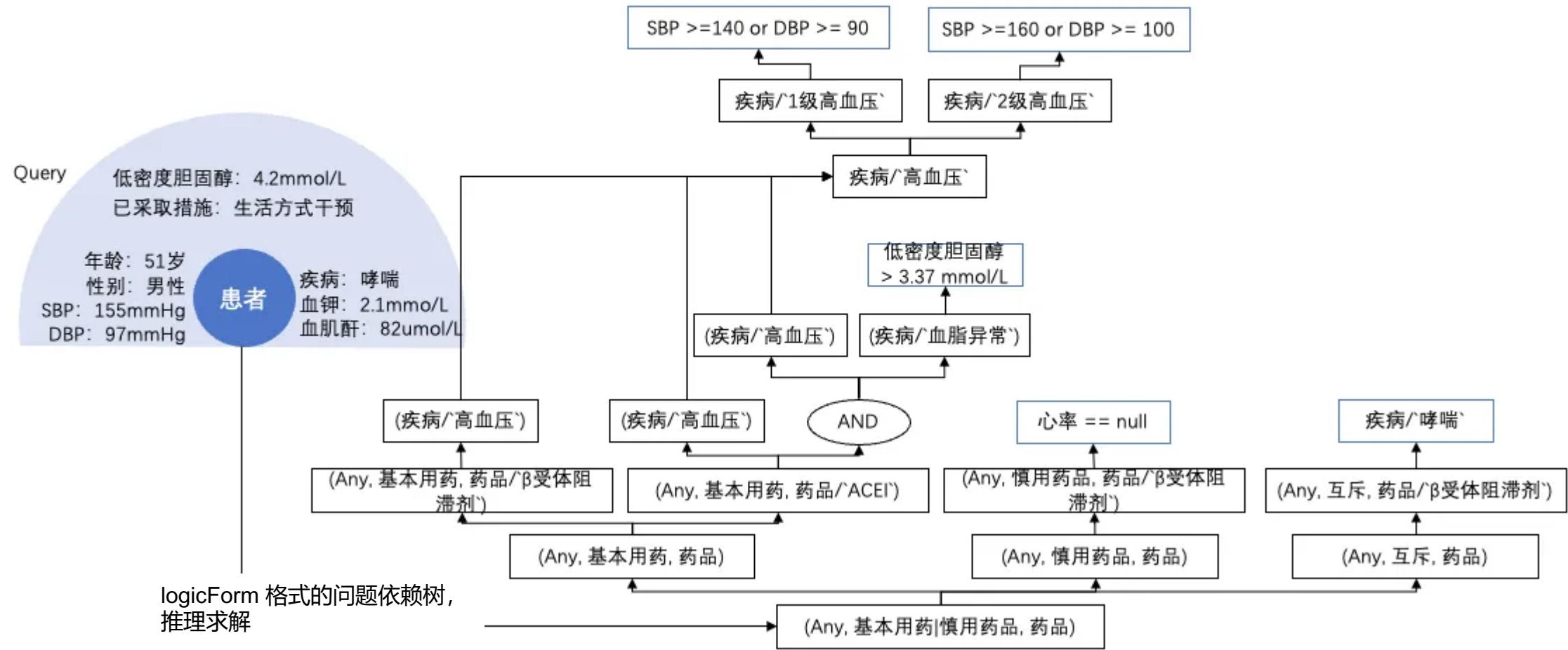


医疗-疾病诊断规则SPG Rules形式化描述：

```
namespace Medical
(HypertensionLevel/'高血压'):
rule: [[
    收缩压>=140 or 舒张压>=90
]]
[联合用药方案]->(Drug/'ARB`+`β受体阻滞剂'):
rule: [[
    ()-[:conclude]->(:Medical.SCAD) and ((()-[:适用药品]->(:Medical.Drug/'β受体阻滞剂`)) or
    ((()-[:推荐药品]->(:Medical.Drug/'β受体阻滞剂`)) and ((()-[:适用药品]->(:Medical.Drug/'ARB`)) or
    ((()-[:推荐药品]->(:Medical.Drug/'ARB`)))
]]
[适用药品]->(Drug/'ARB'):
rule: [[
    ()-[:conclude]->(:Medical.SCAD) and HypertensionLevel/'高血压`
]]
[推荐药品]->(Drug/'β受体阻滞剂'):
rule: [[
    HypertensionLevel/'高血压` and ()-[:conclude]->(:Medical.SCAD) and 心率 > 60
]]
```

➤ 后向推理

- OpenSPG-Kag 的solver 模块，提供了将复杂原始问题拆解为logicForm 格式的问题依赖树，并通过 reasoner 实现逻辑符号引导的推理求解。





→ 04

实验结果

垂域知识库的决策优势

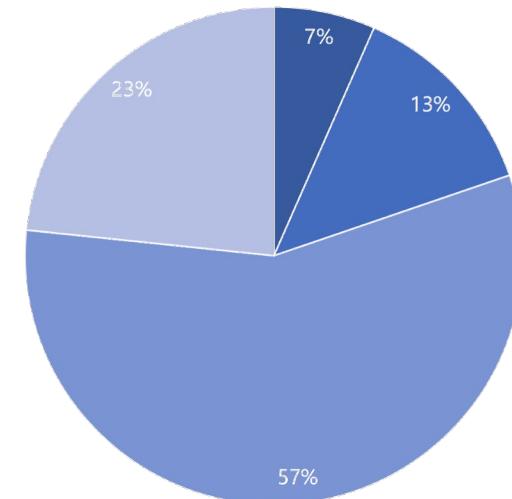


数据库构建

- 医学专家基于高血压中不同人群的诊疗路径和临床决策知识，构建涵盖高血压医学指南中常见患者群体不同严重程度、患病情况下的虚拟患者案例。

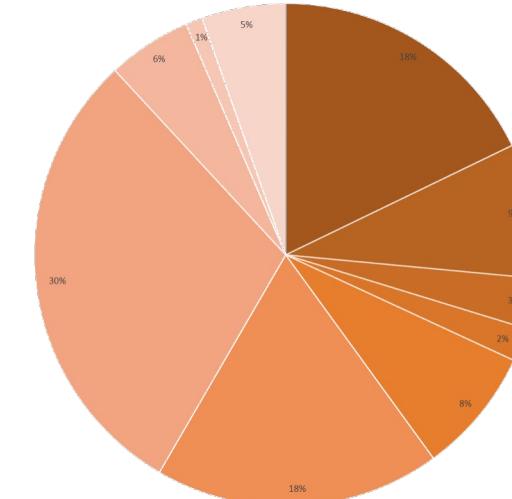
评估任务设置

- 血压水平分级
- 风险因素分层
- 单药方案——药品类型
- 单药方案——具体药品
- 联合用药方案



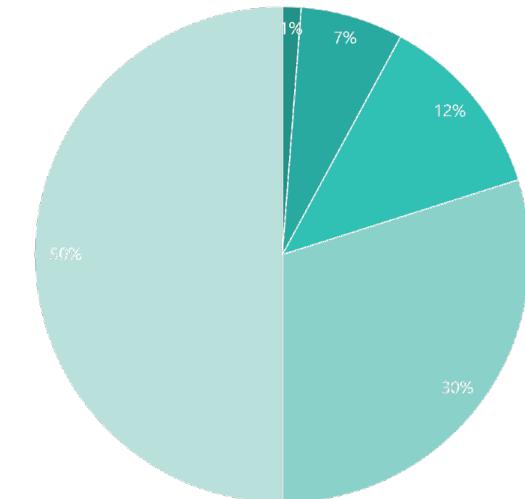
■ 不进行药物治疗
■ 单药方案
■ 联合用药
■ 增加药物方案

用药策略



■ 冠心病
■ 脑卒中
■ 糖尿病
■ 围术期高血压
■ 老年高血压
■ 心力衰竭
■ 代谢综合征

高血压特殊人群



■ 无法判断 ■ 低危
■ 中危 ■ 高危
■ 很高危

风险因素分层

专家金标准

➤ 依从指南的专家金校准

- 医学专家结合《中国高血压防治指南》中与患者相关的相关证据提示，构建患者决策金标准



匡泽民主任医师

内科学博士，硕士研究生导师

首都医科大学附属北京安贞医院高血压中心

科技部重大项目评审专家

北京高血压防治协会

光明网健康科普传播智库

中国健康促进与教育协会健康传播分会

北京市科委科技项目评审专家

理事

专家顾问

常委

➤ 题目示例—联合用药方案的选择

问题：患者为50岁男性。体格检查，收缩压（SBP）为156 mmHg，舒张压（DBP）为93 mmHg，心率为67 bpm。实验室检查显示血钾浓度为4.0 mmol/L，血肌酐为66 μmol/L。已采取生活方式干预控制血压。患者有稳定性心绞痛，存在ACEI引起的咳嗽。无手术史记录，无吸烟或饮酒史记录，无家族病史记录。

根据上面患者的描述，下面的哪个选项中的联合用药方案最适合患者？

选项：

- A. β受体阻滞剂,ARB,二氢吡啶类CCB,噻嗪类利尿剂
- B. 非二氢吡啶类CCB,ACEI,噻嗪类利尿剂
- C. 橙利尿剂,直接血管扩张药物
- D. ACEI,β受体阻滞剂,醛固酮受体拮抗剂,袢利尿剂,氨氯地平
- E. ARB, β受体阻滞剂
- F. β受体阻滞剂,ACEI,非二氢吡啶类CCB,噻嗪类利尿剂
- G. ARB,β受体阻滞剂,醛固酮受体拮抗剂,袢利尿剂

答案：E

性能对比

案例分析

- 患者信息：**患者为50岁男性。体格检查，收缩压 (SBP) 为156 mmHg，舒张压 (DBP) 为 93 mmHg，心率为67 bpm。实验室检查显示血钾浓度为4.0 mmol/L，血肌酐为66 μmol/L。已采取生活方式干预控制血压。患者有稳定性心绞痛，存在ACEI引起的咳嗽。无手术史记录，无吸烟或饮酒史记录，无家族病史记录。

血压水平分级：1级高血压

- 患者SBP在140-159mmHg之间，DBP在90-99mmHg之间，为一级高血压

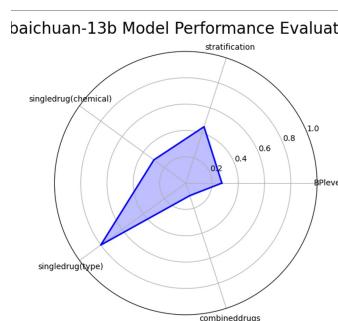
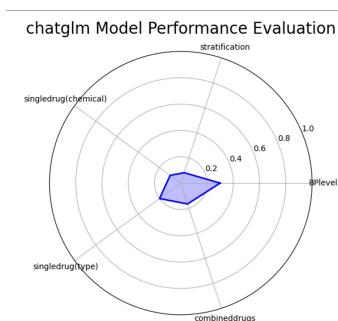
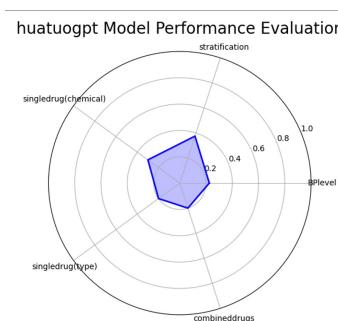
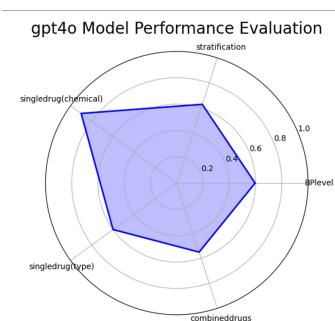
心血管疾病危险因素分层：很高危

- 患者有稳定性心绞痛，为一种冠心病，因此存在心脏方面的临床并发症。
患者血压SBP超过140mmHg，DBP超过90mmHg，诊断为很高危

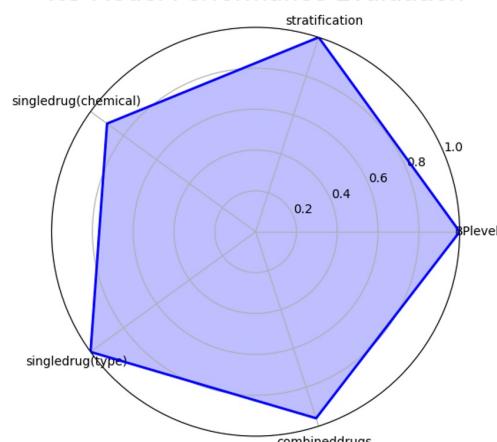
联合用药方案：ARB,β受体阻滞剂

- 冠心病患者的首选联合用药方案ACEI/ARB联合β受体阻滞剂。
患者存在ACEI引起的咳嗽，此情况下禁用ACEI，推荐使用ARB。
ARB和β受体阻滞剂为稳定性冠心病的适用药品。
心率>60bpm的高血压患者，β受体阻滞剂为适用药品。

性能对比



KG Model Performance Evaluation





谢谢观看

汇报人：周庚显

