

· 数据挖掘 ·

## 基于改良Transformer算法的冠心病证候要素 诊断处方模型分析

李洪峥<sup>1</sup>, 王阶<sup>1\*</sup>, 郭雨晨<sup>2</sup>, 张振鹏<sup>1</sup>, 李剑楠<sup>3</sup>, 李谦一<sup>4</sup>, 董艳<sup>1</sup>, 杜强<sup>3</sup>

(1. 中国中医科学院广安门医院, 北京 100053; 2. 清华大学信息科学技术学院, 北京 100084;  
3. 清华大学深圳国际研究生院, 广东深圳 518055; 4. 帝国理工学院, 伦敦 SW7 2AZ)

**[摘要]** 目的: 利用改良Transformer算法构建冠心病中医证候诊断、方药推荐模型。方法: 以冠心病证候要素为关键环节, 基于临证诊疗思路“症状-证候要素-证候-治法-方剂-药物(剂量)”搭建基本逻辑, 综合运用多头注意力机制、复合词向量、随机失活形成改良Transformer算法, 模拟临床医师临证思路, 形成具备冠心病中医证候要素判断、证候诊断、方药推荐、可更新迭代功能的智能化模型。模型建立后, 选择8 030例临床病例诊疗数据作为训练集进行模型训练, 随机筛选100例基于真实临床病例的中医开方数据进行测试, 比较模型输出方药与临床医师方药, 对模型进行定性评价。结果: 加入多头注意力机制的改良Transformer算法使模型准确率有更大的提升, 模型在主要证候的判断、主要方剂的选择上与临床医师一致, 在药物加减上有一定提升空间。结论: 改良Transformer模型可提高冠心病证候要素、主要证候、处方、用药的准确率, 较为准确、稳定地输出主要证候和方药建议, 是中医智能化发展的体现。

**[关键词]** 冠心病; 中医药(TCM); 证候要素; 机器学习; 注意力机制; 双向Transformer编码表达(BERT); 人工智能(AI)

[中图分类号] R22;R28;R857.3;R24 [文献标识码] A [文章编号] 1005-9903(2023)01-0148-07

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20221347

[网络出版地址] <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20221108.1003.001.html>

[网络出版日期] 2022-11-08 16:36

### Research on Diagnosis and Prescription System of Coronary Heart Disease with Syndrome Elements Based on Improved Transformer Algorithm

LI Hongzheng<sup>1</sup>, WANG Jie<sup>1\*</sup>, GUO Yuchen<sup>2</sup>, ZHANG Zhenpeng<sup>1</sup>, LI Jiannan<sup>3</sup>,  
LI Qianyi<sup>4</sup>, DONG Yan<sup>1</sup>, DU Qiang<sup>3</sup>

(1. Guang'anmen Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100053, China;  
2. School of Information Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China;  
3. Shenzhen International Graduate School, Tsinghua University, Shenzhen 518055, China;  
4. Imperial College London, London SW7 2AZ, United Kingdom)

**[Abstract]** **Objective:** To construct a traditional Chinese medicine (TCM) syndrome diagnosis and prescription model for coronary heart disease with the improved Transformer algorithm. **Method:** Taking the syndrome elements of coronary heart disease as key links, the model was constructed based on the clinical diagnosis and treatment principle of "symptoms-syndrome elements-syndrome-treatment method-prescription-medicine (dose)". The basic logic of improved Transformer algorithm was constructed with multi-head attention

[收稿日期] 2022-09-09

[基金项目] 国家中医药管理局中医传承与创新“百千万”人才工程(岐黄工程)——国家中医药领军人才支撑计划岐黄学者项目(0201000401); 国家中医药管理局冠心病中医人工智能循证能力建设项目(60103)

[第一作者] 李洪峥, 在读博士, 从事中西医结合防治心血管疾病研究, E-mail: 20180931809@bucm.edu.cn

[通信作者] \*王阶, 主任医师, 博士生导师, 从事中西医结合防治心血管病研究, E-mail: wangjie0103@126.com

mechanism, compound term vector and dropout, in order to form the model with functions of TCM syndrome elements judgment, syndrome diagnosis, prescription recommendation. After the model was constructed, it was trained by 8 030 cases. And 100 cases with TCM prescriptions were randomly selected for testing, and the model output prescriptions were compared with those of clinicians for qualitative evaluation of the model. **Result:** The improved Transformer with multi-head attention improved the accuracy of the model. The model was consistent with clinicians in the judgment of main syndromes and the selection of prescriptions. Whereas there was a certain room for improvement in the addition and subtraction of medicines. **Conclusion:** The improved Transformer model can improve the accuracy and stability of output, which is an embodiment of the intelligent development of TCM.

**[Keywords]** coronary heart disease; traditional Chinese medicine (TCM); syndrome elements; machine learning; attention mechanism; bidirectional encoder representations from Transformers (BERT); artificial intelligence (AI)

动脉粥样硬化性心血管疾病是人类致死致残的首要原因,居全球疾病负担首位<sup>[1]</sup>,我国心血管病患病人数和死亡率也呈现上升趋势<sup>[2]</sup>。中西医结合、病证结合诊疗使心血管病患者的临床获益得到较大提升,但研究提示不同年资中医师的诊疗效果存在有效率、稳定性不同的问题<sup>[3]</sup>,这让中西医结合冠心病诊疗的进一步推广受限。近年来,随着人工智能(AI)算法的快速发展,AI算法也被广泛用于名老专家经验传承。而经过机器学习和诊疗规则有机结合,让辨证施治、处方用药稳定性获得较大提升<sup>[4-5]</sup>。当前中医AI研究领域常用的算法有误差反向传播(BP)神经网络<sup>[6]</sup>、长短期记忆网络<sup>[7]</sup>等,单纯的规则推理也是一大选择<sup>[8]</sup>。但是以上算法技术存在学习速度慢、迭代更新空间有限、词向量关联度缺乏保障、易陷入局部极小值、单线程推理等问题。

综上所述,本研究拟利用主流语义理解深度学习模型Seq2Seq、Transformer<sup>[9]</sup>,综合运用多头注意力机制、复合词向量、随机失活等<sup>[10]</sup>构建改良Transformer模型。本课题组前期以8 030例临床病例诊疗数据作为训练集对模型进行训练,随机筛选100例真实临床处方用药数据对模型进行测试,发现证候要素诊断准确率达93%<sup>[11]</sup>,对比人工、机器对证候要素的诊断准确率,结果发现模型平均准确度可达96.46%<sup>[12]</sup>。本课题组旨在通过AI技术,构建冠心病病证结合中医证候要素诊断、处方模型,在满足冠心病中医诊疗理论、标准与临床需求的基础上,模拟真实的冠心病中医诊疗场景,进而保障临床诊疗规范化、诊疗水平稳定化。

## 1 建立中医规范化名词术语数据库

全面完整的中医症状、证候、冠心病证候要素、治法、中药等中医临床诊疗术语是构建模型的

基础。本课题组基于《中医病证分类与代码》(2020年修订版)<sup>[13]</sup>、《中医临床诊疗术语 第2部分:证候》(2020年修订版)<sup>[13]</sup>、《中医临床诊疗术语 第3部分:治法》(2020年修订版)<sup>[13]</sup>、《冠心病稳定型心绞痛中医诊疗指南》<sup>[14]</sup>、《冠心病心绞痛介入前后中医诊疗指南》<sup>[15]</sup>、2020年版《中华人民共和国药典》(以下简称《中国药典》)<sup>[16]</sup>、《中医症状鉴别诊断学》<sup>[17]</sup>和《国际疾病分类第十一次修订本(ICD-11)》,整理了冠心病心绞痛相关标准症状、证候要素640条,建立了常用中医症状描述同义词库2 800条,形成了相关在线程序(<https://aipresc.xiaobaishiji.com/>),具体界面见图1。

## 2 构建冠心病证候要素关键链接模型

中医传统的辨证方法是将望、闻、问、切四诊收集到的信息进行综合分析,辨别病因、病性、病位和邪正关系等,并提炼升华为证候,然后根据证候对应治则、治法,处以相应中药或方剂。因此,准确判断证候是临床取效的关键。但由于证候存在病位深浅、病情轻重、疾病转归等差别,呈现出多种表述方式,不利于机器学习。本课题组前期研究指出,构建冠心病处方模型,需要满足以下特点:①需要以证候最小单位作为关联点;②模型逻辑需要满足临床中西医结合诊疗的理法方药特征;③处方用药应与临床症状相对应。而冠心病证候要素是反映冠心病病机的最小单位,具有可叠加、组合的特征,每个冠心病证候要素均具备具体对应的药物<sup>[18]</sup>。由此可见,冠心病证候要素是模型构建的关键环节。

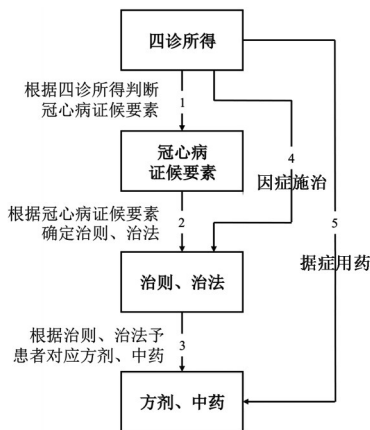
以冠心病证候要素为关键链接,根据前期研究形成的定量、定性相结合的冠心病证候要素诊断及选方用药标准<sup>[14-15,19-20]</sup>,通过对证候要素的叠加、



图1 部分症状术语词条及匹配界面

Fig. 1 Partial symptom term entries and matching interface

组合形成疾病的定性诊断,经对应药物的叠加、组合可形成药物处方。本研究以证候要素为核心,构建起以冠心病证候要素为关键链接的模型,将具有中医思维的复杂模型<sup>[21]</sup>简化,见图2。



注:1.症、证候要素对应:根据四诊所得判断冠心病证候要素的过程;2.证候要素、治对应:根据冠心病证候要素叠加、组合形成证候,对应治则、治法;3.方治对应:根据治则、治法予以患者对应方剂、中药;4.因症施治:针对冠心病证候要素未能覆盖的症状、体征,将四诊所得直接对应相应的治则、治法;5.据症用药:针对对证用药和辨证论治均未覆盖的症状、体征,通过对症的方式,对方剂进行加减,对药物类别、剂量进行调整

图2 简化后的中医诊断、处方逻辑

Fig. 2 Simplified logic graph of TCM diagnosis and prescription

### 3 遴选满足非线性共存映射关系算法

传统的诊疗模型大多选用基于决策树的决策系统[以x为输入的单个症状,X为全部症状,决策类模型公式为 $f(X)=P_n(\dots P_2(P_1(x_1), x_2) \dots, x_n)$ 。在这种带有层级式的模型要求下,需要患者根据系统提示一层一层地回答症状,而症状输入的先后顺序对于结果有指向性作用。这种方法虽增加了准确率,但是随着系统的逻辑变得复杂,需要回答的

问题也愈加冗余。鉴于此,本课题组通过线性映射减轻逻辑复杂性,提取两元素之间非线性共存映射关系,构建改良Transformer模型<sup>[9]</sup>,即令每个x为输入症状,患者全部症状 $X=x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, \dots, x_n$ ,该模型公式为 $F_{\text{思维模型}}(X)=P_3(P_2(P_1(X), P_4(X)), P_5(X))$ 。Transformer算法的基础是提取两元素之间的线性映射关系,如图2中映射关系1~5;加以改良以实现非线性映射,即图2中1~3存在层级判断的映射及特殊线性映射关系,最终形成符合临床诊疗逻辑的线性映射、非线性映射共存关系算法。

为了更好地说明改良Transformer逻辑,本课题组随机抽取训练集病例,从临床诊疗角度进行阐释。训练集某患者,男性,64岁,既往诊断为冠心病、高血压,症见胸闷、胸痛,疼痛性质为固定位置疼痛。此外还具备心悸、气短、乏力、神疲、倦怠、眠差、舌淡红、脉弦。按照冠心病证候要素辨证,可辨为血瘀、气虚的冠心病证候要素,治宜益气活血。根据《冠心病稳定型心绞痛中医诊疗指南》,推荐方剂为冠心2号方(丹参、赤芍、红花、降香、川芎)加党参、黄芪。结合患者眠差、心悸等,加以镇心安神、养心安神、淡渗利水方药——桂枝甘草龙骨牡蛎汤、酸枣仁、夜交藤、茯苓、泽泻。结合患者高血压病史,加以天麻平抑肝阳,增强降压效果。

将患者症状、体征及临床医师开具的方药作为训练集输入模型。其中,线性映射关系包括见“胸痛、固定位置疼痛”等症状,对应予血瘀诊断,治疗上予冠心2号方;患者有高血压病史,对病证用药,加用天麻。而对于患者心悸症状,《黄帝内经·素问·灵兰秘典论》指出“心者,君主之官,神明出焉”,心动悸为神不安,根据线性映射关系,对症予桂枝加龙骨牡蛎汤以镇心安神。除此以外,心悸辨证还

应考虑患者年龄较长,肺脾肾功能失调,阳虚气化失职,津液不能正常输布,形成水气,当心气不足或心阳不振时,水气上逆凌心,表现为心悸。故而应用茯苓、泽泻淡渗利水——属本改良算法中的非线性映射。可知,“有是病用是药”为线性映射关系,而“经中间环节用药”则为该算法中非线性映射关系。其他中药则依据输入层中其他症状及其对应的证候要素予以输出,即图2中4、5所示。因此,本课题组以改良Transformer模型公式为基础,借助线性、非线性共存的映射关系,模拟临床中医师进行冠心病证候要素诊断及处方用药的过程。

#### 4 改良Transformer算法的冠心病证候要素诊断处方模型关键技术

**4.1 多头注意力机制:**全面关注每个临床症状的途径 多头注意力机制可综合Linear与Concat共2套运算逻辑,将多个自注意力(self-attention)连起来,通过减低维度来减少总计算消耗,即用1个或多个运算逻辑综合连接患者的多重表现,并在1个处方中展示。在本模型中,存在症状决定证候要素,证候要素通过治法对应方剂、中药,也存在症状直接对应中药的情形。因此,对于中药的输出而言,其自注意力来源于证候要素、对应治法和症状本身。倘若仅注意到了证候要素,则会忽略对患者全部症状的关注,不符合中医整体性的辨治原则。而仅注意不同症状,却无法把症状整合为证候要素,则有“只见树木,不见森林”之嫌。故而,选用多头注意力机制,综合处理不同来源的“信息”,使模型更加贴合中医处方用药模式。

如随机抽取的训练集病例所示,输入层中包括“冠心病、高血压、心悸、胸痛、固定位置疼痛、胸闷、眠差、舌淡红、脉弦数”等内容。其中“胸痛、固定位置疼痛、脉弦”可对应血瘀证候要素,“胸闷、心悸、舌淡红、脉数”可对应气虚证候要素,2个冠心病证候要素叠加形成气虚血瘀证,对应治法为益气活血,输出方药为冠心2号方加党参、黄芪——是“症状-证候要素-证候-治法-方-药”的线性逻辑内容。而“眠差”不属于气虚、血瘀证候要素的典型症状,不能按照线性逻辑对应用药。但为了解决患者实际问题,应在输出中药中对应予以安神药物,如酸枣仁、夜交藤等。而为了着重缓解患者心悸的症状,则联用桂枝加龙骨牡蛎汤加减方镇心安神。正是多头注意机制的使用,充分注意到了不同来源症状,使输出处方覆盖到多个不同症状。综上分析,通过多头注意力机制,将不同症状、体征,不同来源

信息,不同病位、病性的信息结合起来,针对临床患者的复杂症状,综合处理,对应方剂、加减药物,可形成适宜输入症状的处方。

**4.2 嵌入层:**不同词向量关联度的保障 词嵌入(word embedding)是自然语言处理(NLP)中语言模型与表征学习技术的统称。通常使用1个向量表示1个术语,为每个术语赋予表达关联的能力,并为不同术语赋予领域和属性的特征<sup>[22]</sup>。在冠心病中医诊断、处方模型中,词嵌入的引用可以使中药、症状特征矩阵更加紧密,减少过多的空间占用。本研究采用的embedding是将数据库整理的640个症状、证候要素投射到64维向量中,即令每个症状/证候要素都可用64维向量来表示,每个症状都可用64个特征来描述。例如,冠心病患者临床常见的“胸闷”症状,具备了气虚、气滞、阳虚、痰浊的多重特征。而“气虚”证候要素具备的症状特征也是多样的,如胸闷痛、劳则诱发、神疲、乏力、气短、自汗、脉弱、舌淡胖、齿痕舌、心悸等常见的十余个特征。通过词嵌入的处理,为每个症状、证候要素整合了对应症状、证候要素的覆盖范畴,可为不同词向量之间的关联提供保障。

本课题组采用单输入多输出(即输入症状,输出证候要素、治疗方法、中药)的策略对网络进行训练。在具体训练过程中,若只输出证候要素,那么证候要素之后的网络就会冻结,即相关参数不会更新;如果只有治法输出,就将治法之后的网络冻结;仅中药输出则没有网络冻结。考虑真实场景下患者症状描述有可能是无先后顺序、无强逻辑性的,本课题组将参数进行一步固定,即将640个症状、证候要素放到640维的向量上,使每个维度代表1个固定的症状或证候要素。设置输入为1000维向量,以表示640个不同症状、证候要素,其余360维向量留做后备添加额外症状。令embedding每一层Transformer的输出都是64维的向量,Concat+Linear中的Concat函数是将Linear函数输出的64维向量进行拼接,证候要素输出80维,治法80维,中药输出1000维。另外,考虑到中医症状输入的空间拓展,参照来自Transformer的双向编码器表示(BERT)模型处理输入的方法将输入空间拓展,即将现有的数据输入embedding,与特征的embedding加和,共同命名为segment embedding。在真实的临床诊疗中,除四诊获知的患者症状、体征外,患者性别、年龄、既往史、检查检验结果等多方面数据也可以影响处方用药,那么对于这些非症状类输入数

据,本课题组根据其具备的不同特征类型投射到不同的空间,再进行 embedding 操作。由此可知,最后输入的 embedding(即  $embedding_{all}$ )应该是 segment embedding 与其他特征的加和。

**4.3 随机失活层:减少“漏诊率”的方案** 在模型设计过程中,本课题组考虑利用单一的深度学习模型可保证准确输出结果,即当输入症状与指南中症状或症状组合完全一致时,模型可以准确输出对应证候要素、方剂、中药。但是临床患者常会依据自身感受描述临床症状,所描述的症状与指南中描述不完全一致,而模型是基于指南标准进行学习,所以单一使用多头注意力机制,可能会让模型对核心症状给予更高的重视度,却忽略了模型对一般症状(非主要证候要素的症状,或证候要素判断中赋分不高的症状)的关注度。不仅如此,在多次训练后,深度学习模型会囿于参数冗余出现较严重的过拟合问题,所以模型大多难以输出理想证候要素、方药。基于此,本模型增加了随机失活层(dropout)进行正则化——随机令某些神经元的输出信号归零,旨在让网络模型学习如何在看不到某些信息的情况下依然给出正确的结果,减少网络对某些特别信息的依赖,并增加单个神经元的的信息处理能力,从而进一步增加模型灵活性以提高输出证候要素、处方的准确性<sup>[23]</sup>。

以上述随机抽取的训练集病例为例,解释随机失活层的应用,示意详见图3。当输入相关症状后,经多层隐藏神经元处理,可照顾到诸如胸痛、固定位置疼痛等对血瘀证候要素诊断起重要作用的症状。但对于胸闷这类指向气虚、痰浊等其他证候要素的症状,或对于冠心病证候要素诊断起不到决定性作用的症状(如心悸),就会被模型忽视。为了提高模型对每个症状的重视度,本课题组通过加载随机失活层,输出了气虚、血瘀2个证候要素。针对“心悸”,则对症给予桂枝加龙骨牡蛎汤加减以全面照顾输入模型的全部症状。

### 5 模型验证分析

根据以上算法,以8030例王阶主任医师真实医案的症候、病证诊断、方药训练模型。随机筛选100例基于真实临床病例的中医开方数据进行测试,并以模型输出方药与临床医师方药比较,对模型进行定性评价。遴选代表性样本进行验证分析,具体如下:刘某,男,1978年生,2019年1月30日因“胸闷1月”于王阶主任医师门诊就诊。刻下症见胸闷,胸痛,疼痛放射至背部,疲惫,纳可,眠差,小便

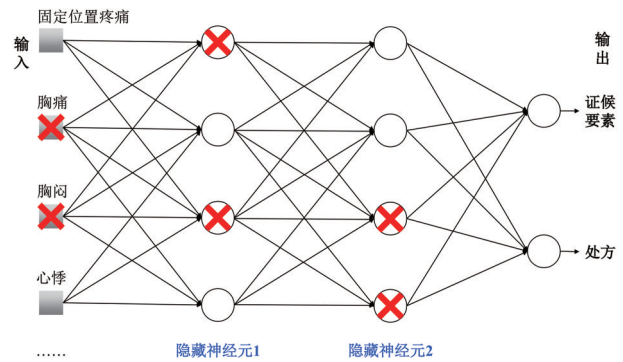


图3 以随机抽取训练集病例为例的随机失活示意

Fig. 3 Schematic diagram of dropout with randomly selected training set cases as examples

可,大便黏腻,面色黄,脱发严重,舌暗红,苔白,脉弦细。冠状动脉电子计算机断层扫描血管成像(CCTA)显示,患者右冠状动脉主干多发斑块形成,管腔重度狭窄;左冠状动脉主干及前降支近、中段多发斑块形成,管腔重度狭窄;左旋支多发斑块形成,管腔中度狭窄;钝缘支起始部管腔轻度狭窄。生化检验提示,血清低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)、总胆固醇(TC)分别为3.8、0.88、5.88 mmol·L<sup>-1</sup>。明确诊断为冠状动脉粥样硬化性心脏病和高脂血症,目前使用冠心病二级预防方案治疗。因患者拒绝植入支架,采用保守治疗,故根据证候要素、客观指标诊断处方,辨为气虚血瘀、痰浊闭阻证,王阶主任医师处方共计16味药,为冠心2号方、瓜蒌薤白半夏汤加减方。具体方药为丹参40g、川芎10g、赤芍30g、红花10g、降香10g、黄芪30g、党参20g、肉苁蓉20g、瓜蒌15g、山茱萸10g、薤白10g、法半夏10g、怀牛膝20g、侧柏叶10g、炙甘草10g、酸枣仁30g。将上述患者的一般情况、症状、体征、疾病诊断输入神经网络模型,改良Transformer模型输出的主要证候为心血瘀阻证、痰浊闭阻证。模型输出处方共计13味药,为冠心2号方、瓜蒌薤白半夏汤加减方。具体方药为丹参20g、川芎10g、赤芍10g、红花10g、瓜蒌20g、薤白15g、法半夏10g、巴戟天15g、黄芪15g、炙甘草10g、党参15g、炒白术10g、元胡20g,见图4。

综合分析来看,患者明确诊断为冠心病,具备血瘀、气虚、痰浊主要证候要素的诊断条件,故主方选用冠心2号方合瓜蒌薤白半夏汤。对此,模型判断较为准确,主方使用恰当。而患者除主要证候要素外,还具备血虚、肾虚证候要素的诊断条件。王阶主任医师结合古方用药经验,根据患者失眠、脱发的临床症状,加用了酸枣仁、侧柏叶,且考虑



图4 改良Transformer模型的病例测试

Fig. 4 Test of improved Transformer model

“肾藏精,其华在发”,综合患者年龄、性别因素予以肉苁蓉、山茱萸、怀牛膝这一类补肾药,较模型处方更加适合患者情况。对此,通过为模型增加“眠差+酸枣仁”“脱发+侧柏叶”等规则,迭代更新,可在后期验证中提升方药准确率。进一步分析原因,出现差异的原因可能是由于模型未“注意”到失眠这一症状,即认为失眠是气虚证候要素的伴随症状,模型逻辑认为对证治疗完毕,即可治疗好失眠的症状。对此,在后续模型迭代中,本课题组将进一步增加训练集的样本量,尤其增加复诊样本量,以强化模型对症状、证候要素的深度理解。

此外,用药剂量也是需要关注的问题。模型给出的药物及其剂量推荐,均为模型根据训练集学习所得,存在一定鲁棒性,所以较难发现具体的药量规则,也难以控制每味中药剂量。在模型的迭代更新中,本课题组重点关注了药量情况。在改良Transformer模型的基础上,增加了药量规则——先整理每味中药的临床常用剂量、2020年版《中国药典》规定剂量(例如,2020年版《中国药典》记载柴胡用量3~10g,王阶主任医师的常用剂量为3、6、10、20g),再结合专家意见及古籍所载,对“症状”“症状程度”与剂量的关系进行梳理,整理为表格形式,作为模型迭代更新的基础数据。以柴胡为例,医家张仲景用柴胡时,大剂量可至八两以透表,治疗寒热往来;中剂量则令药势弥漫疏散,以解热止呕;小剂量如鳖甲煎丸、四逆散,以提升阳气、疏肝理气。因此,见“发热、寒热往来”则予柴胡20g,疏肝理气则予3g,起升提作用则予6g,解热止呕则予10g。由此也让用药剂量更加可控。此外,更新过程中也增加了模型对用药剂量调整的学习——在处方形成后的审方阶段,每调整1次剂量,均可反馈至模型

算法,将审方调整后的医案作为新的训练集以备后续迭代更新。

## 6 结语

本研究创建的改良Transformer模型是BERT模型的演变,是可以应用在中医复杂辨证思维的端对端模型——在一端输入患者基础信息、症状、体征等特征后,通过中间运算过程,输出证候要素、治疗方法,最后在终端输出对应中药。该模型特点及创新之处体现在以下几点:①更加符合冠心病病证结合模式下的证候要素判断要求。本模型可以较好地体现症状间相互制约、相互增进的关系,以及症状与证候要素之间线性、非线性共存的映射关系。②本研究在模型设计过程中,对基于中医传统四诊途径获取冠心病证候要素这一过程进行了假设,即每个患者具备的症状都存在一种“症状表示”,且这种表示与临床医师对于这个症状的理解相一致,以此拟合冠心病证候要素判断过程,符合临床医师处方推演过程。③通过用神经网络进行中医处方推演,可以实现模型短时间内的重复学习。④在学习过程中,该模型允许新的数据不断输入到神经网络,并在前期神经网络基础上继续训练,充分模拟了人脑的学习过程——若出现新旧知识冲突,则按照新的知识为准,保留旧的知识,更适用于冠心病证候诊断及辨证论治的复杂过程。相较前期同类型的中医诊疗模型,表现出了明显优越性。但是在“对症用药”规则的数据量及训练集样本量上还有进一步丰富的空间。

整体而言,中西医结合、病证结合智能化诊疗研究是中医现代化、中医智能化研究的缩影。但近年来的算法选择还较为保守,本研究提供了一种全新的思路和改良方法。当前模型囿于训练集样本、

规则数目有限,在对症用药和剂量选择方面还存在一定问题,后期本课题组还将进一步深入研究,加快模型迭代更新。

[利益冲突] 本文不存在任何利益冲突。

[参考文献]

[1] ROTH G A, MENSAH G A, JOHNSON C O, et al. GBD-NHLBI-JACC global burden of cardiovascular diseases and risk factors, 1990-2019: Update from the GBD2019 study[J]. JACC, 2020, 76(25):2982-3021.

[2] 国家心血管病中心.《中国心血管健康与疾病报告》2020[J]. 心肺血管病杂志, 2021, 40(10):1005-1009.

[3] 王聪聪. 评价不同资历针灸医生针刺手法操作对疗效影响的随机交叉试验及方法学探讨[D]. 北京:北京中医药大学, 2016.

[4] WANG J, DUAN L, LI H Z, et al. Construction of an artificial intelligence traditional Chinese medicine diagnosis and treatment model based on syndrome elements and small-sample data [J]. Engineering, 2022, 8:29-32.

[5] 中华中医药学会. 2022年度中医药重大科学问题、工程技术难题及产业技术问题[J]. 中医杂志, 2022, 63(14):1301-1312.

[6] 刘健, 蒋卫民, 沈宫建. 面向大数据的高血压中医专家诊疗系统构建及应用[J]. 中国中医药图书情报杂志, 2019, 43(5):5-9.

[7] 孙明俊, 张丹, 郑明智, 等. 基于人工智能的类风湿性关节炎中医辅助诊疗系统[J]. 模式识别与人工智能, 2021, 34(4):343-352.

[8] 邵蕾, 姜冬梅, 张莹. 基于数据分析的中医智能诊疗专家系统设计[J]. 中医药管理杂志, 2022, 30(1):143-144.

[9] VASWANI A, SHAZEER N, PARMAR N, et al. Attention is all you need [A]. The 31<sup>st</sup> International Conference on Neural Information Processing Systems [C]. New York: Curran Associates Inc., 2017: 6000-6010.

[10] KHAN S H, HAYAT M, PORIKLI F. Regularization of deep neural networks with spectral dropout[J]. Neural Netw, 2019, 110:82-90.

[11] 王阶, 李剑楠, 张振鹏, 等. 基于冠心病诊断神经网络

模型冠心病诊断及系统:中国, CN112270997A [P]. 2021-01-26.

[12] 李洪峥, 王阶, 张振鹏, 等. 基于改良动手深度学习算法的冠心病病变全程证候要素分布与组合规律研究[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2021, 23(9):3086-3094.

[13] 国家中医药管理局, 国家卫生健康委员会. 关于印发《中医病证分类与代码》和《中医临床诊疗术语》的通知[EB/OL]. (2020-11-16)[2022-08-20]. [http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-11/24/content\\_5563703.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-11/24/content_5563703.htm).

[14] 中华中医药学会心血管病分会. 冠心病稳定型心绞痛中医诊疗指南[J]. 中医杂志, 2019, 60(21):1880-1890.

[15] 中华中医药学会心血管病分会. 冠心病心绞痛介入前后中医诊疗指南[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(15):4-6.

[16] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2020.

[17] 姚乃礼. 中医症状鉴别诊断学[M]. 2版. 北京:人民卫生出版社, 2019.

[18] 衷敬柏, 王阶, 赵宜军. 辨证方法及证候要素应证组合研究[J]. 北京中医药大学学报, 2006, 29(4):221-224.

[19] 李洪峥, 赵鑫, 王阶, 等. 基于中医传承辅助平台的王阶教授治疗频发室性早搏用药经验传承[J]. 中国实验方剂学杂志, 2021, 27(7):161-168.

[20] 王阶, 周思远, 刘超, 等. “通法”内涵及其在冠心病的临床应用[J]. 中国实验方剂学杂志, 2022, 28(1):1-6.

[21] 李洪峥, 王阶, 何浩强, 等. 基于中医思维的冠心病心绞痛病证结合诊疗知识模型构建[J]. 中医杂志, 2019, 60(15):1288-1293.

[22] LAI S W, LIU K, XU L H, et al. How to generate a good word embedding[J]. IEEE Intell Syst, 2016, 31(6):5-14.

[23] HUANG R H, LIU Q, FENG G, et al. A novel approach for personalized response model: Deep learning with individual dropout feature ranking[J]. J Pharmacokinet Pharmacodyn, 2021, 48(1):165-179.

[责任编辑 刘德文]