

基于多种算法对冠心病不稳定型心绞痛 肾虚血瘀证诊断模型的研究*

刘超^{1,2}, 陈恒文², 刘兰椿^{1,2}, 白京³, 王阶^{2**}

(1. 北京中医药大学研究生院 北京 100029; 2. 中国中医科学院广安门医院 北京 100053;

3. 陕西中医药大学第一临床医学院 咸阳 712046)

摘要:目的 基于多种算法构建冠心病不稳定型心绞痛(Unstable angina, UA)肾虚血瘀证诊断模型。方法 采用横断面调查的方法,收集199名UA患者的基本资料、四诊信息及临床常规检测指标并进行综合分析。在 t 检验、非参数检验及 X^2 分析的基础上,进一步采用BP神经网络、RBF神经网络、C5.0决策树、C&RT决策树、CHAID决策树、随机森林、逐步Logistic回归和贝叶斯网络8种算法构建UA肾虚血瘀证诊断模型,并比较不同模型的准确度。结果 以BP神经网络形成的UA肾虚血瘀证诊断模型较其它算法性能更优,训练集的准确率、灵敏度和特异度分别为:96.33%、96.39%和96.15%,ROC曲线下面积为0.993;测试集的准确率、灵敏度和特异度分别为94.44%、98.39%和85.71%,ROC曲线下面积为0.967。年龄、腰膝酸软、夜尿多、胖大舌、GRACE评分、收缩压、口唇紫暗、齿松、失眠、健忘等在模型中共贡献度较大,可较好地反应UA肾虚血瘀证的临床特征。结论 与其它算法相比,基于BP神经网络构建的UA肾虚血瘀证诊断模型效果最佳,可行性较好。

关键词:冠心病 不稳定型心绞痛 肾虚血瘀证 诊断模型 BP神经网络

doi: 10.11842/wst.20200811011 中图分类号: R259 文献标识码: A

冠心病严重威胁人类健康,已经成为全球重大公共卫生问题。冠心病多发生于中老年人群,根据团队前期的研究发现^[1-3],冠心病患者多在血瘀证的基础上兼有腰膝酸软、头晕耳鸣和健忘等症状,出现“阳微阴弦”肾虚血瘀的临床表现,通过补肾活血的治疗方法,可以明显改善患者症状,提高临床疗效。然而,目前关于不稳定型心绞痛(Unstable angina, UA)肾虚血瘀证患者中医证候特征的研究相对较少,缺乏对肾虚血瘀型UA中医病机的全面认识,限制了中医药在临床中的应用。中医证候客观化研究一直是中医药领域研究的热点,近年来多种数据挖掘技术,如:人工神经

网络、决策树、Logistic回归、贝叶斯网络等多种算法广泛应用在中医证候客观化的研究当中^[4]。但不同算法之间优势各异,适用的数据类型也有所差别,如何从众多统计方法中遴选一种最优算法,并形成灵敏度高、特异性强的中医辨证依据,是实现中医证候诊断定量化和标准化的关键。因此,本研究拟通过对基于多种算法构建的UA肾虚血瘀证诊断模型的研究,形成一个准确率高且符合临床实际的中医辨证诊断模型,并为进一步规范UA肾虚血瘀证中医证候诊断标准提供客观依据。

收稿日期:2020-08-11

修回日期:2020-10-03

* 国家自然科学基金委员会面上基金项目(81974556):冠心病稳定型心绞痛痰瘀互结证多组学网络模块整合研究,负责人:王阶;国家中医药管理局中医药传承与创新“百千万”人才工程(岐黄工程),负责人:王阶;国家科学技术部国家重点研发计划(2020YFC2002701):亚健康状态的中医辨证研究,负责人:潘菊华

** 通讯作者:王阶,本刊编委,主任医师,博士研究生导师,主要研究方向:中西医结合心血管疾病研究。

1 资料与方法

1.1 研究对象及诊断标准

研究病例来自2018年1月-2018年12月在首都医科大学附属北京安贞医院、中国中医科学院广安门医院、新乡医学院第一附属医院和云南省中医院经冠脉造影确诊的199例UA患者。西医诊断标准参照2014年美国心脏协会/美国心脏病学会制定的非ST段抬高型急性冠脉综合征指南^[5]；中医肾虚血瘀证诊断标准参照中华中医药学会心血管病分会2018年颁布的《冠心病心绞痛主要证型的诊断标准》^[6]。本试验已取得中国中医科学院广安门医院伦理委员会批准(伦理编号:2017-058-KY-01)。

1.2 纳排标准

纳入标准:符合上述诊断标准;年龄大于18岁;自愿参加本研究并签署知情同意书。排除标准:近1周内急性感染、创伤、烧伤和手术史的患者;高血压控制不良、严重室性心律失常、Ⅲ度房室传导阻滞的患者;经检查证实为其它心脏疾病、重度神经官能症、颈椎病、甲亢、更年期症候群、胆心病、胃及食管反流等所致的胸痛者;慢性阻塞性肺疾病急性加重期和呼吸衰竭的患者;合并肝、肾、造血系统严重原发性疾病的患者;合并精神病或智力障碍的患者;妊娠或哺乳期妇女。

1.3 临床信息采集

根据调查内容和研究目的,设计《冠心病不稳定型心绞痛肾虚血瘀证患者临床信息调查表》,主要内容包括:患者基本资料、既往史、生命体征、肾功能、血脂、心电图、冠脉造影结果、中医四诊信息、GRACE评分和Gensini积分。对符合纳入标准的患者在入院24 h内进行信息采集,并于48 h内行冠脉造影术,记录冠脉造影结果。中医证候由至少3名副主任医师及以上职称的临床医生进行判定。数据采用双人双机的录入方法,用EXCEL建立数据库。

1.4 质量控制

试验开始前,对多中心调查者进行集中或网络在线培训,明确本试验的目的、方法、流程以及问卷调查填写标准;试验中,严格执行诊断及纳入、排除标准,采取统一规范的信息采集标准,尽量减少选择偏倚和信息偏倚;同时,运用内部检查和外部监查的方式,对多中心实施不定期现场或电话监查,及时发现和解决问题,以确保调查结果的真实、可靠。

表1 UA肾虚血瘀证与非肾虚血瘀证患者一般资料比较

一般信息	肾虚血瘀 (145例)	非肾虚血瘀 (54例)	P值
男性[例(%)]	87(60.00)	43(79.63)	0.010
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	61.10 \pm 9.02	53.15 \pm 9.05	0.000
身高(cm, $\bar{x} \pm s$)	166.54 \pm 7.46	168.96 \pm 6.00	0.034
体重(kg, $\bar{x} \pm s$)	71.27 \pm 11.73	75.46 \pm 9.26	0.019
BMI(kg·m ⁻² , $\bar{x} \pm s$)	25.62 \pm 3.43	26.37 \pm 2.40	0.086
吸烟史[例(%)]	61(42.07)	31(57.41)	0.054
吸烟时长[年, M(Q25, Q75)]	30(20, 40)	20(20, 40)	0.004
每日吸烟量[支, M(Q25, Q75)]	20(17.5, 30)	20(10, 20)	0.142
高血压病[例(%)]	94(64.83)	29(53.70)	0.151
高血压病程[年, M(Q25, Q75)]	10(5, 14)	7(3, 10)	0.077
糖尿病[例(%)]	43(29.66)	9(16.67)	0.155
糖尿病病程[年, M(Q25, Q75)]	5(2, 10)	4(2, 8)	0.645
血脂异常[例(%)]	42(28.97)	15(27.78)	0.869
血脂异常病程[年, M(Q25, Q75)]	5(3, 10)	5(3, 10)	0.431
脑梗塞[例(%)]	18(12.41)	6(11.11)	0.802
脑梗塞病程[年, M(Q25, Q75)]	6(3.75, 15)	3(2.35, 4.75)	0.060

1.5 统计方法及建模

采用SPSS 20.0软件对数据进行统计学分析,计量资料采用 t 检验或非参数检验,计数资料采用 χ^2 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。将具有统计学意义的临床指标及中医四诊信息作为自变量,以“肾虚血瘀证”作为因变量,运用SPSS Modeler 18.0软件中的反向传播(Back-propagation, BP)神经网络、径向基函数(Radial basis function, RBF)神经网络、C5.0决策树、分类回归树(Classification and Regression Tree, C&RT)决策树、卡方自动交互检测法(Chi-squared Automatic Interaction Detector, CHAID)决策树、随机森林、逐步Logistic回归和贝叶斯网络8种算法构建UA肾虚血瘀证诊断模型,随机抽取数据库中50%数据作为训练集以构建模型,另外50%数据作为测试集以验证模型的准确性,反复验证达到较稳定状态,进而输出最佳诊断模型。同时计算模型的受试者工作特征(Receiver operating characteristic, ROC)曲线下面积(Area under the curve, AUC)以评估模型优劣。

2 结果

2.1 UA患者一般资料及肾虚血瘀证分布

经临床辨证,199例UA患者中肾虚血瘀证患者有145例(72.86%),非肾虚血瘀证患者有54例(27.14%)。两组患者在性别、年龄、身高、体重和吸烟时长方面差异有统计学意义($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)(表1)。

2.2 UA 肾虚血瘀证与非肾虚血瘀证患者中医四诊信息差异

通过对患者中医四诊信息的收集发现,两组患者共有 23 个项目存在差异,UA 肾虚血瘀证患者较 UA 非肾虚血瘀证患者多见胸痛、健忘、乏力、心烦易怒、自汗、失眠、口干口渴、腰膝酸软、口苦、耳鸣、口唇紫暗、畏寒、夜尿多、齿松、肢体麻木、耳聋、盗汗、腰冷、黯红舌、口黏腻和渴不欲饮,而少见淡红舌和胖大舌,且组间差异有统计学意义($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$)(表 2)。

2.3 UA 肾虚血瘀证与非肾虚血瘀证患者客观指标差异

UA 肾虚血瘀证患者在收缩压和 GRACE 评分上与

UA 非肾虚血瘀证患者存在差异,且差异有统计学意义($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$);在舒张压、心率、肌酐、尿素、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、ST 段压低大于 0.5 mv、冠脉狭窄程度、冠脉病变支数和 Gensini 积分方面不存在显著性差异($P > 0.05$)(表 3)。

2.4 基于多种算法构建的 UA 肾虚血瘀证诊断模型的比较

将上述 30 个具有显著差异的中西医资料($P < 0.05$)作为自变量,构建基于 8 种算法的 UA 肾虚血瘀证诊断模型。研究发现基于 BP 神经网络构建的诊断模型较其它算法整体性能更优,其训练集的准确率、灵敏度和特异度分别为 96.33%、96.39% 和 96.15%,

表 2 UA 肾虚血瘀证与非肾虚血瘀证患者中医四诊信息差异

排序	项目	肾虚血瘀[例(%)]	非肾虚血瘀[例(%)]	P 值	排序	项目	肾虚血瘀[例(%)]	非肾虚血瘀[例(%)]	P 值
1	胸痛	115(79.31)	31(57.41)	0.002	13	夜尿多	43(29.66)	1(1.85)	0.000
2	健忘	105(72.41)	17(31.48)	0.000	14	齿松	37(25.52)	1(1.85)	0.000
3	乏力	79(54.48)	14(25.93)	0.000	15	肢体麻木	37(25.52)	5(9.26)	0.012
4	心烦易怒	68(46.90)	15(27.78)	0.015	16	耳聋	31(21.38)	0(0.00)	0.000
5	自汗	66(45.52)	13(24.07)	0.006	17	盗汗	29(20.00)	1(1.85)	0.001
6	失眠	65(44.83)	12(22.22)	0.004	18	淡红舌	27(18.62)	21(38.89)	0.003
7	口干口渴	62(42.76)	13(24.07)	0.016	19	腰冷	23(15.86)	0(0.00)	0.002
8	腰膝酸软	61(42.07)	1(1.85)	0.000	20	黯红舌	23(15.86)	0(0.00)	0.002
9	口苦	59(40.69)	7(12.96)	0.000	21	胖大舌	21(14.48)	16(29.63)	0.015
10	耳鸣	56(38.62)	7(12.96)	0.001	22	口黏腻	21(14.48)	2(3.70)	0.034
11	口唇紫暗	54(37.24)	1(1.85)	0.000	23	渴不欲饮	15(10.34)	0(0.00)	0.031
12	畏寒	47(32.41)	9(16.67)	0.028					

表 3 UA 肾虚血瘀证与非肾虚血瘀证患者客观指标差异

指标	肾虚血瘀	非肾虚血瘀	P 值
收缩压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	134.82 \pm 15.51	128.85 \pm 19.34	0.026
舒张压[mmHg, M(Q25, Q75)]	80(74, 86.5)	75.5(66.75, 86)	0.143
心率[次/分, M(Q25, Q75)]	70(65, 78)	70(65.75, 80)	0.657
肌酐($\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\bar{x} \pm s$)	60.91 \pm 18.22	64.62 \pm 13.66	0.127
尿素[mmol \cdot L $^{-1}$, M(Q25, Q75)]	4.89(3.97, 5.97)	5(4.30, 5.93)	0.655
总胆固醇(mmol \cdot L $^{-1}$, $\bar{x} \pm s$)	4.20 \pm 1.03	4.38 \pm 1.11	0.282
甘油三酯[mmol \cdot L $^{-1}$, M(Q25, Q75)]	1.29(0.87, 1.82)	1.38(1.03, 2.28)	0.126
高密度脂蛋白(mmol \cdot L $^{-1}$, $\bar{x} \pm s$)	1.14 \pm 0.25	1.08 \pm 0.21	0.138
低密度脂蛋白[mmol \cdot L $^{-1}$, M(Q25, Q75)]	2.21(1.76, 2.75)	2.28(1.91, 2.84)	0.351
ST 段压低大于 0.5 mv[例(%)]	12(8.28)	4(7.41)	1.000
GRACE 评分(分, $\bar{x} \pm s$)	96.96 \pm 19.93	88.33 \pm 17.39	0.006
冠脉狭窄程度[%, M(Q25, Q75)]	80(70, 95)	85(70, 99.25)	0.332
冠脉病变支数[支, M(Q25, Q75)]	2(1, 3)	2(1, 3)	0.442
冠脉单支/双支/三支病变(例)	50/36/59	17/22/15	0.071
Gensini 积分[分, M(Q25, Q75)]	22(8.5, 42.5)	24(7, 50)	0.587

表4 基于多种算法构建的UA肾虚血瘀证诊断模型的比较

模型类别	训练集(%)				测试集(%)			
	准确率	灵敏度	特异度	AUC	准确率	灵敏度	特异度	AUC
BP神经网络	96.33	96.39	96.15	0.993	94.44	98.39	85.71	0.967
RBF神经网络	88.07	100.00	50.00	0.919	73.33	100.00	14.29	0.897
逐步Logistic回归	95.41	96.39	92.31	0.979	84.44	95.16	60.71	0.918
随机森林	95.41	96.39	92.31	0.994	86.67	93.55	71.43	0.925
C5.0	93.58	96.39	84.62	0.974	73.33	87.10	42.86	0.800
C&RT	89.91	96.39	69.23	0.841	74.44	85.48	50.00	0.735
CHAID	91.74	90.36	96.15	0.944	83.33	87.10	75.00	0.874
贝叶斯网络	96.33	95.18	100.00	1.000	75.56	83.87	57.14	0.736

注:AUC:ROC曲线下面积

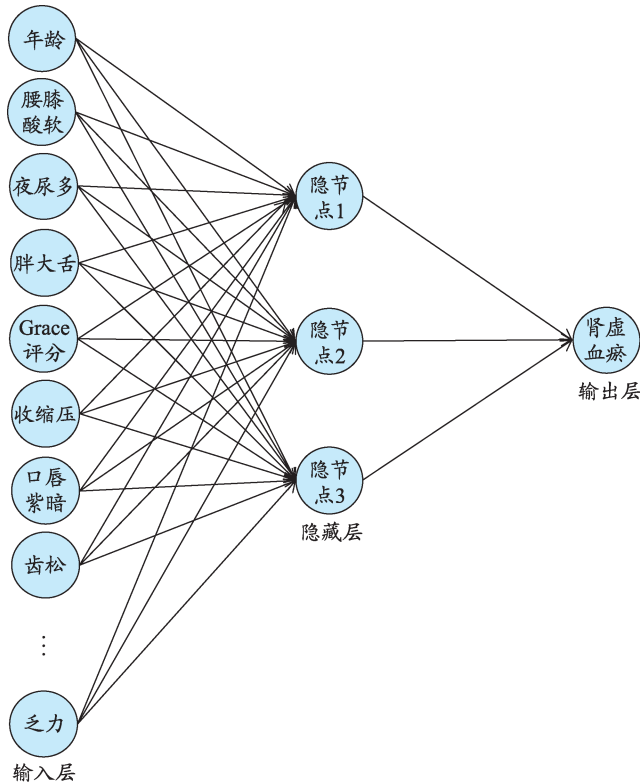


图1 UA肾虚血瘀证3层BP神经网络模型

ROC曲线下面积为0.993;测试集的准确率、灵敏度和特异度分别为94.44%、98.39%和85.71%,ROC曲线下面积为0.967。BP神经网络对UA肾虚血瘀证具有良好的辨识能力(表4)。

2.5 UA肾虚血瘀证BP神经网络诊断模型分析

UA肾虚血瘀证BP神经网络诊断模型由3层结构组成,包括了含30个自变量的输入层、3个隐节点的隐藏层,以及1个结局指标的输出层(图1)。在模型构建中贡献度前10的指标为年龄(0.0894) > 腰膝酸软

表5 BP神经网络诊断模型中贡献度前10的自变量

排序	项目	贡献度	相对贡献度(%)
1	年龄	0.0894	100.00
2	腰膝酸软	0.0737	82.44
3	夜尿多	0.0717	80.20
4	胖大舌	0.0693	77.52
5	GRACE评分	0.0692	77.40
6	收缩压	0.0663	74.16
7	口唇紫暗	0.0482	53.91
8	齿松	0.0453	50.67
9	失眠	0.0450	50.34
10	健忘	0.0399	44.63

(0.0737) > 夜尿多(0.0717) > 胖大舌(0.0693) > GRACE评分(0.0692) > 收缩压(0.0663) > 口唇紫暗(0.0482) > 齿松(0.0453) > 失眠(0.0450) > 健忘(0.0399)(表5)。UA肾虚血瘀证与年龄、GRACE评分和收缩压密切相关,常见腰膝酸软、夜尿多、口唇紫暗、齿松、失眠和健忘等症状,而较少出现胖大舌。

3 讨论

中医证候具有复杂性、非线性和非定量性的特点,如何实现中医证候的客观化和标准化一直是中医证候研究的热点,而方法学一直是限制其发展的最大瓶颈。随着大数据、人工智能时代的来临,多种数据挖掘算法如人工神经网络、决策树、Logistic回归等广泛应用在中医证候的客观化研究当中,形成了中医智能辨证诊断模型,可有效对中医证候进行分类预测,并获得与之相关的预测因子,构建起现代病理生理与中医病因病机之间的联系,一定程度上为中医证候客观化研究提供了新的策略^[7-9]。然而不同算法之间各

有优势,适用的数据类型也有所差别,面对复杂的临床资料信息时,若仅采用单一的算法进行模型构建,往往会造成偏倚的产生,影响结果的可信度。只有通过不同算法构建的模型进行比较,才能寻找到最佳诊断模型,这样不仅能够降低因单一统计方法而造成的系统误差,还能够排除混杂因素的干扰,使结果更加接近中医证候的本质。本研究通过对8种算法构建的UA肾虚血瘀证诊断模型性能的比较发现,BP神经网络构建的中医辨证诊断模型在准确率、灵敏度和特异度上均优于其它算法,可较好地识别UA肾虚血瘀证,形成较为准确的中医辨证依据。

人工神经网络是一种模拟人脑神经网络结构和功能对数据进行分析和处理的数据挖掘方法,可从一组无秩序、无规则的数据中推演出一套分类规则,实现对研究对象的正确分类和精准预测^[10]。本研究中构建模型性能较好的BP神经网络算法是人工神经网络中的经典算法之一,它是建立在梯度下降算法基础上的多层神经网络,由输入层、隐藏层和输出层组成,层与层之间通过Sigmoid函数连接,通过后向前逐层把误差反向传播到上一层,并不断对链接权重进行调整,建立起输入与输出间的非线性映射关系,进而达到对结局指标的精准预测^[11]。BP神经网络具有高度的并行性、良好的容错性以及强大地处理非线性问题的能力^[12],不仅能够对中医证候中所蕴藏的大量信息进行充分识别,从中提取出证候特征的规律,建立起中医证候与外在客观指标间的非线性映射关系,而且还能够以其强大的自学习、自组织和自适应能力加强对边缘模糊病例的辨识,提高中医证候的诊断效率,使结果更加接近中医证候的真实面貌^[13]。

既往研究也发现BP神经网络较其它算法具有一定的优势。传统的Logistic回归仅限于线性可分问题,对于线性不可分问题,BP神经网络明显优于Logistic回归^[14]。另外,BP神经网络应用比较灵活,对数据的要求也较传统方法低,分析过程中可利用大量的参数解释变量间复杂的非线性关系,从而构建准确率较高的诊断模型^[15]。此外,有研究也发现BP神经网络在对大肠癌虚实证型的分类处理上性能要优于决策树模型,且更适合于中医证候中非线性映射关系的处理^[16]。同样,通过BP神经网络建立的食管癌预测模型,较C5.0决策树和Logistic回归,有更好的预测效果,模型ROC曲线下面积也最大,且各曲线下面积差异有统计

学意义^[17]。然而,并不是所有情况下BP神经网络算法都是最优的,基于RBF神经网络建立的高血压病阴阳两虚证诊断模型就优于BP神经网络,并且其模型结构简单、收敛速度快^[18]。因而,在面对不同类型的临床资料时,只有通过不同算法构建的模型进行比较,才能寻找到符合该类研究的最佳诊断模型,得出的结果才更加可靠。

本研究通过BP神经网络不仅发现了对诊断UA肾虚血瘀证重要的症状体征,如腰膝酸软、夜尿多、口唇紫暗、齿松、失眠和健忘等,还发现UA肾虚血瘀证与患者年龄、收缩压以及GRACE评分密切相关。年龄是BP神经网络中贡献度最高的因子。冠心病多发生于40岁以上的中老年人群,随着年龄的增长,肾气逐渐衰退,《素问·阴阳应象大论》云:“年四十,而阴气自半也”“年六十,阴痿,气大衰,九窍不利,下虚上实”,说明人到老年则肾之阴阳不足。肾阳虚则心阳不振而阴寒内生,寒凝则血瘀,血运不畅,不通则痛;肾阴精不足,则心之阴血内耗,阴血亏虚不能滋养心脉,心脉失养发生胸痛,不容则痛,故《素问·藏气法时论》道:“肾病者……虚则胸中痛”,《景岳全书》又说到:“凡房劳过度,肾虚羸弱之人,多有胸胁间隐隐作痛”。同时,血液运行又必须依靠肾阳的蒸动,心阳才能推动血液正常运行,若命门火衰则心失于温运,致心阳不足而“无力行舟”,留而为瘀,《医林改错》云:“元气既虚,必不能达于血管,血管无气,必停留而为瘀”。此外,研究还发现随着年龄的增长,老年患者会从生理和病理上表现出肾虚血瘀的基本改变^[19]。可见,年龄因素可能是UA患者出现肾虚血瘀证的重要原因。

此外,收缩压的高低也是诊断UA肾虚血瘀证的重要因子。既往临床研究发现单纯性收缩期高血压是老年人常见病,多与肾虚血瘀、阴虚阳亢相关^[20]。现代研究也证实,肾虚会导致患者大动脉弹性功能的下降,表现出早期的动脉硬化,而大动脉血管的老化会直接导致收缩期血压的升高^[21],正如“髓海不足,则脑转耳鸣,胫酸眩冒”中的描述。同样,血瘀亦是高血压产生的关键因素。血瘀证在微观上会表现出血流变学改变、微循环障碍、血小板功能异常以及内皮功能的损害,使血液处于浓、粘、凝、聚的状态,这些异常改变会导致血压的升高^[22-24],故《仁斋直指方论》道:“瘀滞不行,皆能眩晕”。因此,高血压可能是UA肾虚血

瘀证发生的危险因素之一。

再者,GRACE评分对UA肾虚血瘀证的诊断也较为重要。GRACE评分由心功能Killip分级、收缩压、心率、年龄、肌酐、院前心脏骤停、ST段下移和心肌酶升高组成^[25,26],可较好地预测患者住院期间以及6个月内不良心血管事件的发生率,GRACE评分越高,死亡风险越大,中危、高危患者死亡率分别是低危患者的2倍和12倍^[27]。既往研究证实,GRACE评分与肾虚证高度相关,肾虚型UA患者往往具有较高的风险,更容易出现心血管不良事件^[28]。同时,血瘀证在GRACE评分的高危组中也最为常见(90.5%),当患者出现血瘀+阳虚+痰浊偏寒证时,其6个月内发生全因死亡事件的可能性相对较高^[29]。因而,当UA患者GRACE评分较高时,其属于肾虚血瘀证的可能性也较大,临床预后也

相对不良。

综上所述,本研究通过对多种算法构建的中医辨证模型的比较,初步形成了准确率较高且符合临床实际的UA肾虚血瘀证BP神经网络辨证诊断模型,为UA肾虚血瘀证的中医证候诊断提供了客观依据。但由于本研究所涉及的样本量有限,检测的生物学指标相对较少,未能对UA肾虚血瘀证的“微观辨证”提供更多的数据支持。同时,不同算法之间并没有优劣之分,只是适用的条件不同,虽然本研究中基于BP神经网络构建的模型效果最优,但其能否很好地应用于其它中医证候类型的辨识中,还有待进一步验证。因此,在分析不同临床数据时,应采用多种算法进行比较,并根据其数据特点,选取最合适的算法,以构建准确性相对较高的诊断模型。

参考文献

- 王阶,姚魁武,李军,等.冠心病“痰瘀滞虚”病机及临床研究.中国中西医结合杂志,2019,39(8):1015-1019.
- 刘超,王阶.从补肾对血脉的影响探讨其在冠心病治疗中的应用与研究.中华中医药杂志,2018,33(3):841-843.
- 何浩强,高嘉良,陈光,等.补肾活血法在心血管疾病的应用与研究.中西医结合心脑血管病杂志,2017,15(14):1805-1809.
- 钟霞,焦华琛,李运伦,等.冠心病中医证候数据挖掘研究进展.山东中医杂志,2019,38(6):607-611.
- Amsterdam E A, Wenger N K, Brindis R G, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 64(24): 139-228.
- 王阶,李军,毛静远,等.冠心病心绞痛主要证型的辨证诊断标准.中国中西医结合杂志,2018,38(2):154-155.
- 史琦,孔艳华,赵慧辉,等.冠心病不稳定型心绞痛患者阳虚证卡方自动交互检测决策树识别模式研究.中医杂志,2019,60(15):1312-1317.
- 刘丽蓉,詹秀菊.基于BP神经网络和支持向量机的荨麻疹证候分类探讨.广州中医药大学学报,2020,37(3):573-577.
- 张颖,叶宝东,季聪华,等.基于Bayes判别分析法的慢性再生障碍性贫血中医证候诊断研究.临床血液学杂志,2017,30(3):377-379.
- 刘旺华,洪净,李花,等.人工神经网络在中医诊断信息化中的应用.湖南中医药大学学报,2017,37(7):809-812.
- 张浩彬,周伟珠.IBM SPSS Modeler18.0数据挖掘权威指南.北京:人民邮电出版社,2019:291-296.
- 白云静,申洪波,孟庆刚,等.基于人工神经网络的中医证候非线性建模研究.中国中医药信息杂志,2007,14(7):3-4,83.
- 孙贵香,邵文辉,袁肇凯,等.构建基于人工神经网络的证候研究方法学.中华中医药学刊,2009,27(11):2316-2317.
- 潘红菊,方敬爱,张晓东,等.BP神经网络与Logistic回归在单中心64例腹膜透析患者死亡相关危险因素分析中的应用.中国中西医结合肾病杂志,2019,20(11):981-983.
- 曹文君,徐勇勇,谭志军,等.基于人工神经网络模型的多个慢性病主要危险因素筛查研究.中国全科医学,2015,18(25):3050-3053,3058.
- 李金城,从瑶,陈秋芬,等.基于BP神经网络与决策树的大肠癌虚实证型分类对比.医学信息学杂志,2017,38(5):61-64,84.
- 徐继承,李磊,刘桂红,等.人工神经网络建立食管癌发病预测模型的比较研究.现代预防医学,2011,38(17):3408-3410.
- 赵书颖,张新雅,李运伦.基于决策树及神经网络的高血压病阴阳两虚证诊断模型的研究.中华中医药学刊,2019,37(5):1120-1123,1288-1291.
- 肖代飞,陈学忠.肾虚血瘀理论的探索与实践.深圳中西医结合杂志,2016,26(6):42-43.
- 王睿,杨锡燕.中医药治疗单纯收缩期高血压研究进展.河北中医,2016,38(2):310-312,320.
- 陆峰,杨传华,刘杨,等.老年高血压肾虚证动脉僵硬度研究.山东中医杂志,2010,29(4):232-235.
- 郭慧君,王知佳.从微观辨证谈对高血压病血瘀证的认识.中华中医药学刊,2013,31(2):391-393.
- 闫西鹏,张琳琳.从血瘀论治高血压病研究进展.黑龙江中医药,2014,43(2):94-96.
- 孙喜稳,陈利国,王华强,等.高血压病血瘀证血管内皮损伤的内质网应激细胞凋亡机制研究.中华中医药杂志,2015,30(9):3368-3371.
- Thalib L, Furuya-kanamori L, Alhabib K F, et al. Validation of the 6-month GRACE score in predicting 1-year mortality of patients with acute coronary syndrome admitted to the Arabian Gulf hospitals.

- Angiology*, 2017, 68(3): 251–256.
- 26 Shuvy M, Beeri G, Klein E, *et al.* Accuracy of the global registry of acute coronary events (GRACE) risk score in contemporary treatment of patients with acute coronary syndrome. *Can J Cardiol*, 2018, 34(12): 1613–1617.
- 27 Liu Y, Yao Y, Tang X, *et al.* Evaluation of a novel score for predicting 2-year outcomes in patients with acute coronary syndrome after percutaneous coronary intervention. *J Chin Med Assoc*, 2019, 82(8): 616–622.
- 28 王丹, 李小妮, 邹煜, 等. 补肾抗衰片干预不稳定型心绞痛的临床疗效及其对血清炎症介质的影响. *中国实验方剂学杂志*, 2016, 22(14): 171–176.
- 29 王承龙, 张大武, 王培利, 等. 急性冠状动脉综合征中医证候要素分析. *中医杂志*, 2011, 52(19): 1654–1657.

Research on Diagnosis Model of Kidney Deficiency and Blood Stasis Syndrome in Unstable Angina of Coronary Heart Disease Based on Multiple Algorithms

Liu Chao^{1,2}, Chen Hengwen², Liu Lanchun^{1,2}, Bai Jing³, Wang Jie²

(1. Graduate School, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China;

2. Guang'anmen Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100053, China;

3. The First Clinical Medical School, Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712046, China)

Abstract: Objective To construct a diagnosis model of kidney deficiency and blood stasis syndrome in unstable angina (UA) of coronary heart disease based on multiple algorithms. Methods Using a cross-sectional survey method, the basic data, traditional Chinese medicine (TCM) four examinations information and clinical routine test indicators of 199 UA patients were collected and comprehensively analyzed. On the basis of *t*-test, non-parametric test and X^2 analysis, we further used eight algorithms, including BP neural network, RBF neural network, C5.0 decision tree, C&RT decision tree, CHAID decision tree, random forest, stepwise logistic regression and Bayesian network to construct the diagnosis model of kidney deficiency and blood stasis syndrome in UA, and compared the accuracy of different models. Results The diagnosis model of kidney deficiency and blood stasis syndrome in UA formed by BP neural network had better performance than other algorithms. The accuracy, sensitivity, and specificity of the training set were 96.33%, 96.39%, and 96.15% respectively. The area under the ROC curve was 0.993. The accuracy, sensitivity, and specificity of the test set were 94.44%, 98.39%, and 85.71% respectively. The area under the ROC curve was 0.967. Age, soreness and weakness of waist and knees, frequent urination at night, plump tongue, GRACE score, systolic blood pressure, purple and dark lips, loosening of tooth, insomnia, forgetfulness and so on had a great contribution to the construction of the model, and these items could have a good reflection of the clinical features of kidney deficiency and blood stasis syndrome in UA. Conclusion Compared with other algorithms, the diagnosis model of kidney deficiency and blood stasis syndrome in UA based on BP neural network had the best effect and feasibility.

Keywords: Coronary heart disease, Unstable angina, Kidney deficiency and blood stasis syndrome, Diagnosis model, BP neural network

(责任编辑: 马丽安, 责任译审: 周阿剑)