

基于脉图参数构建原发性高血压患者伴肾损害的风险预测列线图模型*

张梦楚, 赵倩倩, 解天晓, 郭睿, 王忆勤, 燕海霞**

(上海中医药大学上海市健康辨识与评估重点实验室 上海 201203)

摘要:目的 构建基于脉图参数的原发性高血压患者伴肾损害的风险预测列线图模型。方法 选择2018年8月-2021年6月在上海中医药大学附属曙光医院、上海市中西医结合医院心内科住院治疗的原发性高血压患者518例,根据原发性高血压合并肾损害评估标准分为高血压无肾损害组和高血压伴肾损害组。采集患者一般资料、血生化指标,应用SMART-I型中医脉象数字化分析仪检测脉图参数,比较2组上述指标的差异。采用单因素和多因素Logistic回归分析相关参数;应用R Studio构建原发性高血压患者伴肾损害的风险预测列线图模型,并对该模型进行评估。结果 原发性高血压伴肾损害组的年龄、血清尿酸、血清肌酐、尿素氮、胱抑素C、同型半胱氨酸显著高于无肾损害组($P<0.05$),目前舒张压显著低于无肾损害组($P<0.01$)。原发性高血压伴肾损害组脉图参数H4、H3/H1、H4/H1、H5/H1、T1/T4、W1/T显著低于无肾损伤组($P<0.01$),As/Ad显著高于无肾损伤组($P<0.01$)。年龄、目前舒张压、H4/H1、T1/T4、W1/T是原发性高血压患者伴肾损害风险的独立危险因素。基于以上独立危险因素建立列线图模型,并对该模型进行检验,ROC曲线下面积为0.703(95%CI:0.625-0.781),校正曲线与理想曲线拟合较好,Hosmer-Lemeshow拟合优度检验表明该列线图模型具有较好的校准度。结论 基于脉图参数构建的列线图模型能较准确地预测原发性高血压患者伴肾损害的发生风险,可为临床预测高血压伴发肾损害风险提供参考依据。

关键词: 高血压 肾损害 脉图参数 列线图模型

doi: 10.11842/wst.20230406020

中图分类号: R-058

文献标识码: A

高血压是最常见的心血管疾病之一,和肾脏疾病互为病因和加重因素^[1]。肾脏是高血压损害的靶器官之一,长期高血压可能引起肾脏结构和功能的改变,包括肾小球硬化、肾小管间质纤维化以及肾血管的病变等。高血压肾损害是由于长期血压增高引起肾内小动脉及细小动脉病变,这些病变可能导致肾脏过滤血液的能力下降,最终可能发展为终末期肾脏疾病(End stage renal disease, ESRD)^[2-3]。若能够尽早识别高血压肾损害,在未发生肾损害之前通过早期识别预测其发生的可能性,并积极管理高血压患者的肾损害

风险,对于降低心血管事件的发生风险,改善患者的整体预后有着至关重要的作用。

中医脉诊作为中医诊断学的重要组成部分,是中医四诊中最为精深和难以掌握的技能之一,具有“脉理精微,其体难辨”的特点。在中医学中,脉搏的变化被认为与人体内的气血盈亏、经脉虚实以及脏腑盛衰密切相关^[4],血压也会反映寸口脉象脏腑气血功能的变化^[5]。研究表明血压发生变化时,脉图也会出现相应的变化^[6]。课题组前期研究提示高血压患者脉图参数可一定程度预测其血管功能异常、血管弹性降低等

收稿日期:2023-04-06

修回日期:2024-01-10

* 国家自然科学基金委员会面上项目(81973749):基于中医脉象检测的原发性高血压患者不同心血管危险分层预警模型的构建与验证,负责人:燕海霞;国家自然科学基金委员会面上项目(81473594):基于血液动力学原理和方法的中医脉象分析与血管功能状态评价研究,负责人:燕海霞。

** 通讯作者:燕海霞,教授,硕士研究生导师,主要研究方向:中医脉诊客观化、标准化研究。

病理变化^[7]。本研究分析原发性高血压患者脉图参数与肾损害的相关性,探讨与原发性高血压伴肾损害风险相关的脉图参数,并构建列线图模型,为高血压肾损害的早期预警、治疗提供有特色的中医诊断依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

收集2018年8月-2021年6月在上海中医药大学附属曙光医院、上海市中西医结合医院的心内科住院治疗的原发性高血压患者518例,其中男性214例、女性304例。根据相关检查结果及诊断标准分为原发性高血压患者无肾损害组351例(以下简称“无肾损害组”)和原发性高血压患者伴有肾损害组167例(以下简称“肾损害组”)。本研究严格遵循伦理道德准则,伦理批号为2023-3-10-08-08。

1.2 诊断标准

原发性高血压诊断标准、原发性高血压合并肾损害评估标准依据《中国高血压防治指南(2018年修订版)》^[8]。

1.3 纳入标准

①年龄22-85岁;②符合上述诊断标准;③自愿参加本研究并签订知情同意书。

1.4 排除标准

①继发性高血压;②心脏以外的近期活动性病交(包括6个月内发生的消化道出血、支气管哮喘、结缔组织病、恶性肿瘤、自身免疫性疾病等全身其他脏器及系统性重大疾病等);③应激状态(包括妊娠、手术、外伤等);④临床采集资料不全者。

1.5 方法

1.5.1 临床资料

临床检测指标参考《中国高血压防治指南》^[8],纳入了高血压的常见危险因素。收集患者的一般资料,包括年龄、性别、身高、体重。录入住院期间的血生化指标,包括血脂、血糖、肾功能、胱抑素C、血清钾、同型半胱氨酸、超敏C反应蛋白等。患者的血压值选取其入院时的收缩压或舒张压,若患者入院前就曾服药控制血压,则取其近2月平素最高血压值。

1.5.2 脉图参数采集

采用SMART-I型中医脉象数字化分析仪采集研究对象左手关部脉图。脉图采集、分析方法参考本课题组前期研究^[9]。脉图时域参数包括H3/H1、H4/H1、

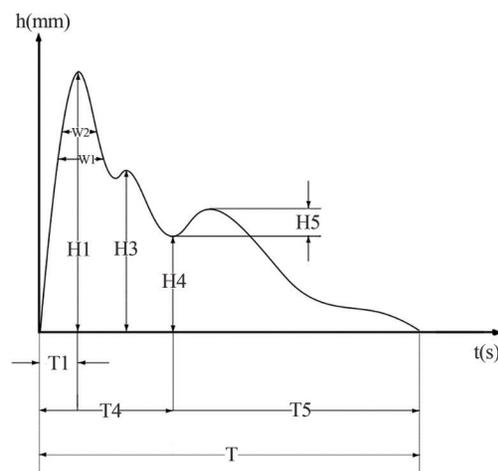


图1 脉图时域参数

H5/H1、W1/T、W2/T等^[9],见图1。

1.6 统计学方法

采用Excel 2010软件进行数据管理,双人双遍录入并核对。采用SPSS 25.0统计软件进行数据分析。①单因素分析及Logistic回归分析:对于服从正态分布且方差齐的数据采用独立样本 T 检验或单因素方差分析,数据不满足正态性、方差齐性,以 $M(Q1, Q3)$ 表示,组间比较采用Mann-Whitney U检验;计数资料以例数和百分比表示,组间比较采用Chi-square检验。对各变量进行单因素logistic回归分析,将有统计学意义的变量纳入多因素Logistic回归分析(向前逐步法), $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。②列线图模型的构建与验证:应用R Studio 4.1.1 rms程序包建立列线图预测模型,采用Bootstrap法重复抽样1000次,对列线图模型进行内部验证。分别采用校正曲线和受试者操作特征ROC曲线评估列线图模型的准确度和区分度, Hosmer-Lemeshow拟合优度检验列线图模型的校准度。

2 结果

2.1 原发性高血压无/有肾损害组基本资料比较

无肾损伤组和肾损伤组两组患者性别、BMI、腰围、总胆固醇、三酰甘油、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、空腹血糖、糖化血红蛋白、血清钾、超敏C反应蛋白、病程、最高收缩压、最高舒张压、目前收缩压比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。肾损害组的基本资料中年龄、血清尿酸、血清肌酐、尿素氮、胱抑素C、同型半胱氨酸显著高于无肾损害组($P > 0.05$),目前舒张压显著低于无肾损害组($P < 0.01$),差异均有统计学意义。见表1。

表1 原发性高血压无/有肾损害组基本资料比较

项目	无肾损害组(351例)	肾损害组(167例)	统计量	P值
年龄(岁)	68.00(62.00,74.00)	70.00(64.00,76.00)*	-2.278	0.023
性别[例(%)]				
男	141(40.17)	73(43.71)	-0.764	0.445
女	210(59.83)	94(56.28)		
BMI(kg·m ⁻²)	26.01±19.13	25.59±4.03	0.280	0.780
腰围(cm)	92.81±47.82	90.81±12.75	0.253	0.801
总胆固醇(mmol·L ⁻¹)	4.21(3.60,5.00)	4.37(3.60,5.33)	-1.674	0.094
三酰甘油(mmol·L ⁻¹)	1.71±1.06	1.84±1.19	-1.223	0.222
高密度脂蛋白(mmol·L ⁻¹)	1.12±0.28	1.11±0.35	0.477	0.634
低密度脂蛋白(mmol·L ⁻¹)	2.41(1.83,3.07)	2.64(1.90,3.44)	-1.720	0.086
血清尿酸(μmol·L ⁻¹)	318.90(270.00,387.00)	408.20(329.30,480.70)**	-7.452	0.001
血清肌酐(μmol·L ⁻¹)	66.00(55.00,80.00)	81.90(64.50,112.00)**	-7.067	0.001
尿素氮(mmol·L ⁻¹)	5.40(4.40,6.50)	6.40(5.28,8.60)**	-6.608	0.001
胱抑素C(mg·L ⁻¹)	0.99(0.86,1.21)	1.31(1.10,1.80)**	-7.231	0.001
空腹血糖(mmol·L ⁻¹)	6.70±2.96	6.51±2.78	0.636	0.525
糖化血红蛋白(%)	6.80±2.15	6.58±1.69	1.168	0.244
血清钾(mmol·L ⁻¹)	3.92±1.02	3.92±0.52	-0.003	0.997
同型半胱氨酸(μmol·L ⁻¹)	11.40(9.30,14.90)	15.20(11.48,20.25)**	-6.278	0.001
超敏C反应蛋白(mg·L ⁻¹)	0.80(0.30,2.60)	0.75(0.24,6.30)	-0.363	0.717
病程(年)	14.21±11.94	14.76±10.73	-0.306	0.760
最高收缩压(mmHg)	179.49±27.40	182.72±23.85	-0.796	0.426
最高舒张压(mmHg)	101.80±14.43	105.81±18.03	-1.762	0.079
目前收缩压(mmHg)	130.00(120.00,140.00)	130.00(120.00,138.50)	-0.925	0.355
目前舒张压(mmHg)	77.80±12.70	72.53±14.75**	2.676	0.008

注:与原发性高血压无肾损害组比较,*P<0.05,**P<0.01。

表2 原发性高血压无/有肾损伤组脉图参数比较

脉图参数	无肾损伤组	肾损伤组	统计值Z	P值
H4	681.68(446.13,805.85)	517.15(353.32,805.85)**	-4.378	0.001
As/Ad	2.13(1.5,2.78)	2.58(2.1,3.18)**	-4.810	0.001
H3/H1	0.9(0.79,0.99)	0.83(0.71,0.9)**	-5.489	0.001
H4/H1	0.5(0.39,0.7)	0.42(0.35,0.49)**	-5.678	0.001
H5/H1	0.44(0.35,0.58)	0.38(0.3,0.46)**	-5.151	0.001
T1/T4	0.43(0.38,0.49)	0.41(0.36,0.46)**	-2.297	0.001
W1/T	0.25(0.22,0.28)	0.24(0.21,0.27)**	-2.642	0.008

注:与原发性高血压无肾损害组比较,**P<0.01。

2.2 2组脉图参数比较

原发性高血压无/有肾损伤组脉图参数的比较结果显示,肾损伤组脉图参数H4、H3/H1、H4/H1、H5/H1、T1/T4、W1/T显著低于无肾损伤组(P<0.01),As/Ad显著高于无肾损伤组(P<0.01),提示原发性高血压伴肾损伤患者的血管顺应性较差。见表2。

2.3 高血压伴有肾损伤风险的独立相关危险因素分析

以高血压是否伴有肾损伤(0-否,1-是)为因变量,

将表1、表2中单因素分析具有统计学意义的变量作为自变量,纳入多因素 Logistic 回归分析,探讨与原发性高血压患者伴肾损伤风险的独立相关因素。结果显示:年龄、目前舒张压、H4/H1、T1/T4、W1/T是原发性高血压患者伴肾损伤风险的独立危险因素,见表3。

2.4 列线图模型的建立

根据多因素 Logistic 回归分析确定的独立预测因素(年龄、目前舒张压、H4/H1、T1/T4、W1/T)用 R Studio

表3 独立危险因素的多因素 Logistic 回归分析结果

影响因素	回归系数	标准误	χ^2 值	P值	OR值	95%CI
年龄	0.038	0.019	3.970	0.046	1.039	[1.001,1.078]
目前舒张压	-0.024	0.012	4.142	0.042	0.976	[0.954,0.999]
H4	0.001	0.000	1.148	0.284	1.000	[0.998,1.001]
As/Ad	0.194	0.123	2.478	0.115	1.214	[0.137,1.954]
H3/H1	0.585	1.204	0.236	0.627	1.795	[0.002,0.673]
H4/H1	-6.730	2.514	7.170	0.007	0.001	[0.071,25.984]
H5/H1	3.974	2.315	2.947	0.086	53.203	[1.622,299.66]
T1/T4	6.096	2.030	9.016	0.003	443.857	[0.024,0.656]
W1/T	9.079	4.095	4.915	0.027	8771.282	[0.001,0.447]
常量	-6.403	2.269	7.962	0.005	0.002	-

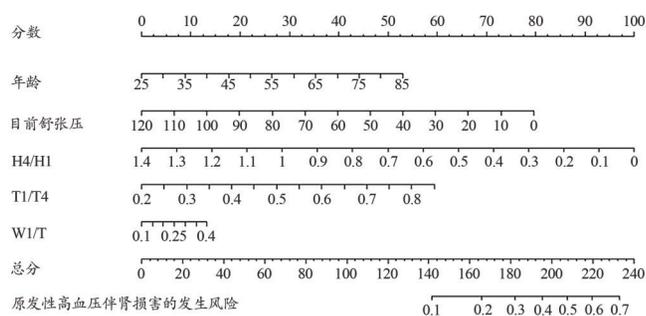


图2 预测原发性高血压患者伴肾损害发生风险的列线图模型

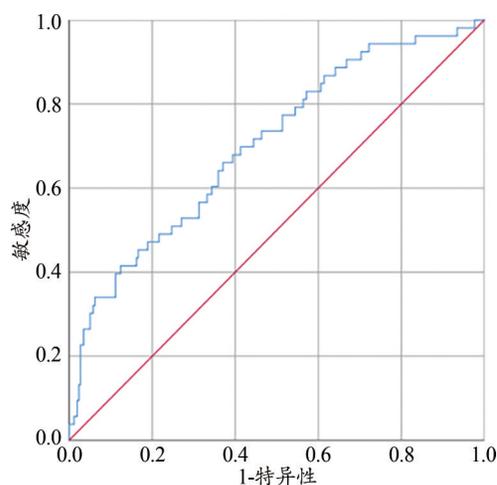
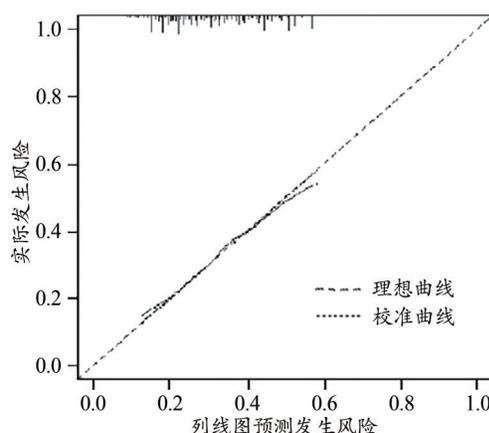


图3 原发性高血压患者伴肾损害列线图模型的ROC曲线

软件构建列线图模型,见图2。依据列线图模型中各自变量对结局变量的影响程度,对每个预测因素进行赋分,根据总分可预测原发性高血压患者伴肾损害的发生风险。

2.5 列线图模型的评价及内部验证

绘制ROC曲线对列线图模型的区分度进行评价,AUC为0.703(95%CI:0.625-0.781),表明该列线图模型区分度良好,具有较高的诊断效能,见图3。



B=1000 repetitions, boot Mean absolute error=0.008 n=518

图4 原发性高血压患者伴肾损害列线图模型的校准曲线

Hosmer-Lemeshow拟合优度检验表明该列线图模型具有较好校准度($\chi^2=8.298$, $P=0.405$)。采用Bootstrap法对列线图模型进行内部验证,通过校正曲线评估列线图模型的准确度。校正曲线显示,校正曲线与理想曲线拟合较好,预测值同实测值之间具有较好的一致性,说明模型具有良好的预测准确度,见图4。

3 讨论

肾脏是高血压靶器官损伤的主要部位,仅次于糖尿病肾病,是终末期肾病的主要原因^[10]。高血压引起的慢性肾脏病,已被证明是不良心血管结局的强独立危险因素^[11]。高血压肾损害的发病机制与肾素-血管紧张素-醛固酮系统激活、肾血管阻力增加、氧化应激反应、细胞凋亡等密切相关^[12]。高血压和肾脏疾病互为因果。西医认为血流动力学异常是其主要发病机制^[13],长期的高动力循环状态会对肾小动脉的结构和功能造成损害,降低肾血管的自身调节能力。同时,

系统性高压状态直接影响肾小球毛细血管压,通过增加肾小球灌注、压力和滤过,导致肾组织损伤。此外,血流动力学异常还会促进肾小动脉硬化形成,减少肾血流量,导致肾组织缺血性病变^[14]。高血压肾病损害主要表现为头晕、头痛、水肿、蛋白尿、血尿等,历代医家总结其临床症状和病理特点,将其大致归属于“眩晕”“头痛”“水肿”“癃闭”“尿浊”“肾劳”的范畴^[15]。

本研究结果提示,高血压肾损害组的年龄、血清尿酸、血清肌酐、尿素氮、胱抑素C、同型半胱氨酸显著高于无肾损害组,年龄是高血压和肾损害不可逆的独立危险因素^[16],是影响血管弹性和外周阻力的重要因素,随着增龄,血管硬化、弹性下降^[17]。其中血清尿酸、血清肌酐、尿素氮、胱抑素C是肾功能常规检查,是近年来能够反映高血压早期肾损害的指标^[18],已有研究表明高血压病人肾损害的进程加速与其血同型半胱氨酸水平增高有关,且与同型半胱氨酸和动脉硬化程度和早期肾损害具有相关性^[19]。值得注意的是,本研究中高血压肾损害组目前舒张压显著低于无肾损害组,差异有统计学意义,国外已有研究认为低舒张压和慢性肾脏疾病与死亡率增加有关^[20],在慢性肾病成人患者中,以低于理想舒张压为代价获得理想收缩压可能并不有利^[21],将血压降低到当前目标以下可能提供额外的心血管益处,但可能对肾脏有害^[22]。这些研究结果提示临床高血压肾损害的预防和治疗有必要关注到舒张压。本研究结果提示舒张压与原发高血压患者伴肾损害呈负相关,并最终纳入预测模型,可为临床预警和学者研究提供参考。

课题组前期研究发现原发性高血压不同靶器官损害患者脉图参数能反映其动脉粥样硬化、外周阻力增大的特点^[23],脉图参数对原发性高血压合并不同程度靶器官损害患者的分类识别有一定的参考价值^[24],为识别靶器官早期损害的研究奠定基础。本研究通过对脉图参数的分析,筛选出脉图参数H4/H1、T1/T4、W1/T可作为高血压肾损害独立危险因素纳入预测模型。脉图参数H4/H1的回归系数为负值且有统计学意义,提示低H4/H1可能是高血压合并肾损害的危险因素。这可能是由于主动脉瓣闭锁不全,引起血液返流,脉压增大导致的。另外,当血容量急剧下降时,心脏需要加快搏动以维持正常的血液循环。在这种情况下,H4/H1的比值可能会变小。在中医证型中的血虚证、气虚证中多见^[25]。Fesler等^[26]对129位未经治

疗的原发性高血压患者进行6年半的治疗和随访发现,脉压和原发性高血压患者肾功能下降有独立相关性。高血压病程久会致肝肾气血阴阳失调,久病则气血受损,肾络失养,最终导致肾主水、司开阖等重要功能失常甚至完全丧失^[27]。黄琳等^[28]认为肾气不足为高血压病早期肾损害发生和发展的根本,脾虚失运为其发展和转化的因素。脉图参数T1/T4、W1/T回归系数为正值且具有统计学意义,说明T1/T4、W1/T升高有增加高血压合并肾损害的发生风险。T1/T4表示左心室快速射血期占左心室收缩期的时间比值,比值变大说明左心室收缩功能减退,射血速率减少。左心室功能能够预测心血管风险^[29],李杨春等^[30]研究超声心动图检查联合多项检测对高血压早期肾损害的诊断价值时,发现高血压组的射血分数明显低于对照组,表明高血压早期肾损害可能和心脏收缩功能相关。脉图参数W1/T是主波上1/3宽度与脉动周期的比值,与重搏前波的出现时间有关,反映外周阻力大小,W1/T增大表示动脉弹性较差,外周阻力增加,因此重搏前波会较早出现,与主波接近或叠加。已有研究提示脉图能一定程度上反映原发性高血压患者的血管功能状态^[31],高血压会导致血管内压力升高,对血管壁造成持续的压力和损伤,从而引发动脉粥样硬化^[32]。随着时间的推移,这种损伤会导致血管壁变硬、失去弹性,进而影响肾脏的血液流动。当肾动脉发生硬化时,血管的弹性下降,肾脏的有效循环血量减少,导致肾脏灌注不足。这种情况会进一步加重肾脏的负担,使其更容易受到损伤。肾动脉阻力指数(Renal resistive index, RRI)是评估肾脏血液流动的一个重要指标,增大的RRI意味着肾动脉阻力增加,肾脏的有效循环血量降低,这会加速高血压患者发生肾损害^[33]。李小生等^[34]研究发现,踝臂指数可较早地反映高血压肾损害的情况,有利于对高血压肾损害的早期诊断。这些研究证明了血管功能可以一定程度反映高血压患者肾损害情况。本研究结果提示,原发性高血压伴肾损害的发生,和脉压增大、心脏收缩功能减退、射血功能障碍、外周阻力增加等病理改变相关。

高血压肾损害起病隐匿,早期症状不典型,易被忽略^[35]。迄今为止,监测或诊断高血压肾损害过程主要依赖蛋白尿结合血清或尿肌酐。但是这些生物标记物只在已确定的肾损害患者中发生变化,不适合早期的检测,而早发现早治疗对有效预防和治疗肾损害至

关重要。最近,已有学者依据高血压病患者合并慢性肾脏病发生的相关风险因素构建了列线图模型,作为临床辅助可视化评价工具^[36-37],但大多数相关研究都是依据临床指标,与采集血液等其他临床样本相比,使用脉图参数作为诊断预测工具的优点包括其非侵入性采集、相对快速和经济效益。本研究在前期研究^[9]基础上,将列线图模型中的脉图参数分值分度进一步处理,使模型更加细致化、个体化,为基于脉图参数的原发性高血压合并靶器官损害识别奠定基础,但

是本模型仍然是内部验证,今后可考虑对模型进行外部验证并有望将脉图参数合并新的预测参数纳入模型。

综上,本研究基于年龄、目前舒张压和脉图参数H4/H1、T1/T4、W1/T的五项危险因素,构建预测原发性高血压患者伴肾损害发生风险的列线图模型,具有良好的区分度、校准度与准确度,为临床提供一种非侵入性诊断预测辅助工具,对原发性高血压肾损害进行早期预警。

参考文献

- 1 《中国高血压防治指南》修订委员会. 中国高血压防治指南2018年修订版. 心脑血管病防治, 2019, 19(1):1-44.
- 2 蔡广研, 寇佳, 陈香美. 高血压肾损害诊治新认识. 中国实用内科杂志, 2013, 33(3):173-175.
- 3 索斌斌. 高血压肾损害临床治疗新进展. 中外医学研究, 2021, 19(3):194-196.
- 4 朱文锋. 中医诊断学. 上海: 上海科学技术出版社, 1995:77-78.
- 5 颜建军, 孙钰晨, 燕海霞, 等. 基于血压标定的中医脉图信号分析识别研究. 辽宁中医杂志, 2020, 47(8):13-17.
- 6 费兆馥. 现代中医脉诊学. 北京: 人民卫生出版社, 2003:438.
- 7 赵倩倩, 李媛媛, 钱鹏, 等. 原发性高血压病人脉图参数与肾功能指标的相关性. 中西医结合心脑血管病杂志, 2020, 18(24):4116-4120.
- 8 中国高血压防治指南(2018年修订版). 中国心血管杂志, 2019, 24(1):24-56.
- 9 张梦楚, 赵倩倩, 解天晓, 等. 基于脉图参数构建原发性高血压患者伴左心室肥厚的风险预测列线图模型. 中国中医药信息杂志, 2022, 29(8):116-122.
- 10 Griffin K A. Hypertensive kidney injury and the progression of chronic kidney disease. *Hypertension*, 2017, 70(4):687-694.
- 11 Go A S, Chertow G M, Fan D, et al. Chronic kidney disease and the risks of death, cardiovascular events, and hospitalization. *N Engl J Med*, 2004, 351(13):1296-1305.
- 12 龙霖梓, 褚剑锋, 沈阿灵, 等. 中医药通过抗氧化途径防治高血压肾损害的研究进展. 中西医结合心脑血管病杂志, 2021, 19(5):765-769.
- 13 Ritz E. Hypertension and kidney disease. *Clin Nephrol*, 2010, 74(1):S39-S43.
- 14 高薇, 刘开翔, 占志朋, 等. 高血压肾损害诊治新进展. 中国中西医结合肾病杂志, 2018, 19(12):1116-1118.
- 15 刘瑶, 李伟. 高血压肾损害中医证候要素特征研究. 山东中医杂志, 2022, 41(2):157-160.
- 16 李伟, 胡洪贞. 高血压肾损害的危险因素及防治策略. 肾脏病与透析肾移植杂志, 2010, 19(2):172-179.
- 17 马兰, 徐晓, 张建平, 等. 原发性高血压患者动态血压、年龄与靶器官损害的关系. 中华老年医学杂志, 2006, 3:183-185.
- 18 郝永哲, 程文俊. 高血压早期肾损害的研究进展. 中国医药导报, 2017, 14(27):56-61.
- 19 李露, 李佳, 王玉玲, 等. 同型半胱氨酸及动态动脉硬化指数对高血压病人早期肾损害的影响. 中西医结合心脑血管病杂志, 2021, 19(11):1864-1867.
- 20 Mitka M. Low diastolic blood pressure and chronic kidney disease are associated with increased mortality. *JAMA*, 2013, 310(12):1215-1216.
- 21 Kovesdy C P, Bleyer A J, Molnar M Z, et al. Blood pressure and mortality in U.S. veterans with chronic kidney disease: a cohort study. *Ann Intern Med*, 2013, 159(4):233-242.
- 22 Stompór T, Perkowska-Ptasińska A. Hypertensive kidney disease: a true epidemic or rare disease?. *Pol Arch Intern Med*, 2020, 130(2):130-139.
- 23 尚倩倩, 王蕾, 陈兆善, 等. 159例原发性高血压病合并靶器官损害患者脉图参数分析. 世界科学技术-中医药现代化, 2016, 18(6):1033-1039.
- 24 赵倩倩, 解天晓, 李媛媛, 等. 基于脉图参数的原发性高血压合并不同程度靶器官损害患者判别分析. 世界科学技术-中医药现代化, 2021, 23(11):3941-3947.
- 25 姜付泉. 中医药干预对代偿期乙型肝炎肝硬化患者脉图参数的影响. 北京: 北京中医药大学硕士学位论文, 2015.
- 26 Fesler P, Safar ME, du Cailar G, et al. Pulse pressure is an independent determinant of renal function decline during treatment of essential hypertension. *J Hypertens*, 2007, 25(9):1915-1920.
- 27 张蓓蓓, 方媛, 王晗. 浅述高血压肾损害的病机及中医药治疗的临床研究进展. 中医药临床杂志, 2021, 33(5):1003-1007.
- 28 黄琳, 王清海, 丁大珍, 等. 动态血压与高血压肾损害的关系及中药干预的作用. 中国中医药信息杂志, 2010, 17(9):13-16.
- 29 张玲玉, 叶鹏, de Simone G, 等. 在动脉性高血压患者中, 是否心脏收缩和舒张功能信息有助于预测由左心室肥大而造成的心血管事件?. 中华高血压杂志, 2010, 18(10):969.
- 30 李杨春, 杨长峰. 超声心动图检查联合多项检测对高血压早期肾损害的诊断价值. 中国基层医药, 2018, 25(6):787-789.
- 31 解天晓, 赵倩倩, 杨晶东, 等. 435例原发性高血压患者脉图参数与心血管危险分层的相关性分析. 世界科学技术-中医药现代化, 2022, 24(6):2443-2449.

- 32 王利民. 银丹胶囊治疗高血压颈动脉粥样硬化斑块的疗效观察. 中国中医药现代远程教育, 2012, 10(11):11-12.
- 33 林晶如, 徐瑞. 原发性高血压肾损害危险因素的研究进展. 山东医药, 2018, 58(14):101-103.
- 34 李小生, 唐杨, 汤显湖, 等. 踝臂指数在高血压肾损害早期诊断中的临床价值. 中国当代医药, 2013, 20(36):38-40.
- 35 康亮, 李荣. 基于积证理论探讨高血压早期肾损害的防治. 辽宁中医杂志, 2021, 48(8):65-67.
- 36 杨继, 张垚, 高晟玮, 等. 预测高血压病患者合并慢性肾脏病风险的列线图模型构建. 天津中医药, 2022, 39(3):295-302.
- 37 侯新月, 胡松, 费春晓, 等. 预测糖尿病患者并发糖尿病肾病风险的列线图模型的建立. 临床肾脏病杂志, 2020, 20(3):207-212.

Risk Prediction Nomogram Model for Essential Hypertension Patients with Renal Damage Based on Pulse Diagram Parameters

ZHANG Mengchu, ZHAO Qianqian, XIE Tianxiao, GUO Rui, WANG Yiqin, YAN Haixia
(Shanghai Key Laboratory of Health Identification and Assessment, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China)

Abstract: Objective To construct a nomograph model for predicting the risk of renal damage in patients with essential hypertension based on pulse parameters. Methods 518 patients with essential hypertension who were hospitalized in Shuguang Hospital affiliated to Shanghai University of Traditional Chinese Medicine and Cardiology Department of Shanghai Integrated Hospital of Traditional Chinese and Western Medicine from August 2018 to June 2021 were selected, and were divided into hypertension without renal damage group and hypertension with renal damage group according to the evaluation criteria of essential hypertension with renal damage. The general data and blood biochemical indexes of the patients were collected, and the pulse parameters were detected by SMART-I digital pulse analyzer of traditional Chinese medicine, and the differences between the two groups were compared. Single factor and multi factor logistic regression were used to analyze the related parameters; The nomogram model was constructed by R Studio, and the model was evaluated by the ROC curve, calibration curve, and Hosmer Lemeshow goodness of fit test. Results The age, serum uric acid, serum creatinine, urea nitrogen, cystatin C and homocysteine in the group of primary hypertension with renal damage were significantly higher than those in the group without renal damage ($P < 0.05$). The pulse parameters H4, H3/H1, H4/H1, H5/H1, T1/T4, W1/T in patients with primary hypertension and renal injury were significantly lower than those in patients without renal injury ($P < 0.01$), and As/Ad was significantly higher than those in patients without renal injury ($P < 0.01$). Age, current diastolic blood pressure, H4/H1, T1/T4, W1/T were independent risk factors of renal damage in patients with essential hypertension. The nomogram model was established based on the above independent risk factors, and the model was tested. The area under the ROC curve was 0.703 (95% CI: 0.625-0.781), and the calibration curve was well fitted with the ideal curve. The Hosmer Lemeshow goodness of fit test showed that the nomogram model had good calibration. Conclusion The nomogram model based on pulse parameters can accurately predict the risk of renal damage in patients with essential hypertension, and can provide a reference for clinical prediction of the risk of renal damage in patients with essential hypertension.

Keywords: Hypertension, Renal damage, Pulse parameters, Nomogram model

(责任编辑: 李青)