

计算机程序控制的双臂血压测量: 依据首次血压和多次血压均值认定的参考臂及计算的臂间血压差

柯小云¹, 夏灵林², 曾宁¹, 熊宁¹, 苏海³

1. 鹰潭市人民医院心内科, 江西鹰潭 335000; 2. 南昌大学软件学院; 3. 南昌大学第二附属医院心内科

摘要: **目的** 在一次流行病学调查中, 使用计算机程序控制的血压测量装置(CCBPM)进行双臂同步血压测量, 比较依据首次血压和2~3次测量血压均值认定的参考臂和臂间血压差(IAD)的差异。**方法** 纳入2024年4—6月在江西农村进行健康体检的居民3 094名。使用CCBPM进行双臂同步血压测量。分别用首次血压和2次或3次血压(依据中国高血压防治指南要求进行测量)均值认定参考臂, 并计算各自的IAD。IAD \geq 10 mmHg为异常。**结果** 依据首次收缩压, 参考臂为右臂者占44.6%(1 379/3 094), 为左臂者占46.1%(1 425/3 094), 两臂收缩压相等占9.4%(290/3 094)。依据收缩压均值, 参考臂为右臂者占45.6%(1 410/3 094), 为左臂者占44.8%(1 387/3 094), 两臂收缩压相等占9.6%(297/3 094)。依据收缩压均值认定的参考臂, 其收缩压/舒张压为(133.3 \pm 18.3)/(80.9 \pm 9.9)mmHg。依据首次血压计算的臂间收缩压差 \geq 10 mmHg的比例高于依据血压均值计算的数据(9.3%比5.7%, $\chi^2=29.342$, $P<0.001$), 依据首次血压计算的臂间舒张压差 \geq 10 mmHg的比例也高于依据血压均值计算的数据(4.4%比2.2%, $\chi^2=24.838$, $P<0.001$)。**结论** 使用CCBPM进行双臂同步血压测量, 依据首次血压和依据血压均值认定的参考臂无显著差异, 但依据首次血压计算的异常IAD的比例高于依据血压均值计算的数据。

关键词: 血压测量; 参考臂; 臂间血压差

许多国家的高血压指南建议同步测量双臂血压^[1-3], 以血压读数较高的一侧作为血压测量的参考臂^[3]。双臂血压测量还可以获得一个重要的参数: 臂间血压差(inter-arm blood difference, IAD)。业已证实, 健康人的左、右臂血压基本相似或IAD $<$ 10 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa), 如IAD \geq 10 mmHg则定义为异常, 提示非对称性锁骨下动脉狭窄和心血管疾病风险增加^[4-6]。在使用水银血压计的年代, 多采用序贯的血压测量方法来评价IAD, 但该法往往高估IAD。一项研究表明, 序贯法确定IAD \geq 10 mmHg的概率为同步法的2.9倍^[4]。中国高血压指南要求血压测量前休息5 min, 主要目的是真正测量到安静时的血压。现有的大型流行病学调查很少涉及双臂血压测量, 即使涉及, 也是用常规的2台同型号电子血压计同时测量双臂血压, 但这种方式会因不规范操作导致血压数据误差, 如血压测量前参与者休息时间不足, 2次血压测量的时间间隔不足1 min等。为此, 我国自行研制了一种计算机程序控制的血压测量装置(computer controlled blood pressure meter, CCBPM)^[7]。该仪器严格依据《中国高血压防治指南(2018年修订版)》的血压测量要求设

计。如血压测量前有3 min休息时间, 2次血压测量间隔1 min; 同时设备具有高度程序化、自动化特点, 程序不能因使用者的意愿变更, 保证了血压的规范化测量。本研究在江西一农村社区开展居民健康体检时, 使用CCBPM测量该社区人群的血压。本文分析依据首次血压与2~3次血压均值认定的参考臂和IAD异常率的差别。

1 对象与方法

1.1 对象 2024年4—6月于江西南昌县塘南镇进行居民健康体检。选择符合条件并自愿参加体检者, 排除心房颤动和频发早搏的患者。本研究对3 094名资料完整的参与者的数据进行分析, 对参与者的利益无损害。研究对象平均年龄为(67.82 \pm 9.74)岁。其中女性1 717名, 年龄为(67.58 \pm 9.57)岁; 男性1 377名, 年龄为(68.12 \pm 9.94)岁。该研究经南昌大学第二附属医院伦理委员会批准(2024-02号)。

1.2 方法 所有参与者均在上午07:00—11:00空腹状态下完成血压测量, 使用的CCBPM来自江西长冈医疗科技有限公司。该仪器严格依据《中国高血压防治指南(2018年修订版)》的血压测量要求设计, 内置两台血压计(Omron, U30)。CCBPM工作原理见图1。血压测量过程中, 保证了测量前有3 min休息时间, 前后

2次血压测量间隔1 min,如前2次测量的收缩压或舒张压读数相差>5 mmHg则测量第3次。依据测量血压的次数,分别使用2次或3次血压数据的平均值为

最终血压值。本研究依据CCBPM的首次血压或2~3次血压均值确定参考臂,并以左右臂血压差值的绝对值计算IAD。

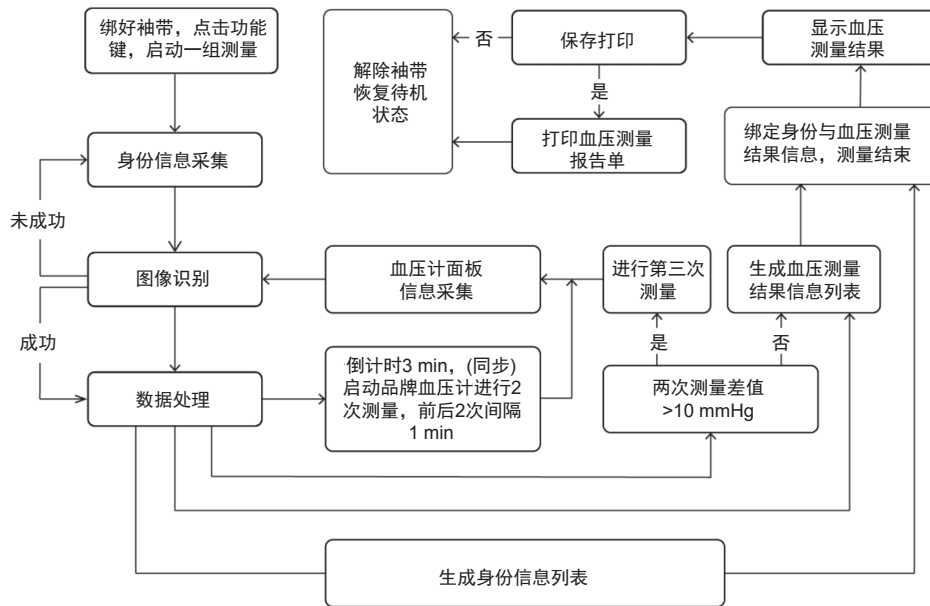


图1 计算机程序控制的血压测量装置(CCBPM)的工作原理示意图

1.3 统计学方法 使用 Excel 2019 和 SPSS 26.0 统计软件对数据进行处理和分析。计量资料首先采用 Shapiro-Wilk 检验进行正态性检验。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示;非正态分布的计量资料以中位数(P_{25}, P_{75})[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,两组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。计数资料以例(%)表示,两组间比较采用卡方检验或配对卡方检验(McNemar 检验),多组间比较采用配对卡方检验(McNemar-Bowker 检验),组间两两比较时以 Bonferroni 法对检验水准 α 进行校正(校正后的检验水准为 0.017)。Kappa 检验用于比较两种血压测值认定的参考臂选择的一致性。Kappa 值 0~0.20 为轻微一致性, >0.20~0.40 为一致性较低, >0.40~0.60 为一致性中等, >0.60~0.80 为一致性较好, >0.80~1.00 为一致性非常好^[8]。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 依据首次血压与血压均值认定的参考臂比较 依据首次收缩压数据,1 379 名(44.6%)参与者的参考臂为右臂,1 425 名(46.1%)参与者的参考臂为左臂,另有 290 名(9.4%)参与者的两臂收缩压相等;依据首次舒张压数据,参考臂为右臂者有 1 348 名(43.6%),参考臂为左臂者有 1 401 名(45.3%),有 345 名(11.2%)参与者的两臂舒张压相等。如将收缩压和舒张压合并考虑,有 44 名(1.4%)不能确定参考臂。依据收缩压均值数据,1 410 名(45.6%)参与者的参考臂为右臂,1 387

名(44.8%)参与者的参考臂为左臂,另有 297 名(9.6%)参与者的两臂收缩压相等;依据舒张压均值,参考臂为右臂者有 1 311 名(42.4%),为左臂者有 1 384 名(44.7%),有 399 名(12.9%)参与者两臂的舒张压相等。如综合考虑收缩压和舒张压,有 54 名(1.75%)不能确定参考臂。

配对卡方检验(McNemar-Bowker 检验)结果表明,以首次收缩压认定和以收缩压均值认定的参考臂为左臂、右臂的分布大致相同,差异无统计学意义($\chi^2=3.138, P=0.371$)。以首次舒张压或舒张压均值认定的参考臂的结果也大致相同,差异无统计学意义($\chi^2=6.606, P=0.086$)。依据首次收缩压或收缩压均值认定的参考臂的 Kappa 值为 0.598,依据首次舒张压或舒张压均值认定的参考臂的 Kappa 值为 0.602,提示一致性中等/较好(表 1 和表 2)。

2.2 参考臂、左臂及右臂的首次血压和多次血压均值 以收缩压均值认定的参考臂的首次收缩压/舒张压为(134.4±20.1)/(81.6±10.9) mmHg,收缩压/舒张压均值为(133.3±18.3)/(80.9±9.9) mmHg。见表 3。

使用参考臂收缩压诊断的高血压检出率(34.8%)比用右臂(31.4%)或左臂数据诊断的高血压检出率(30.6%)分别高 3.4、4.2 个百分点,见表 4。

2.3 依据首次血压与血压均值计算的 IAD 的差别 依据首次血压计算的异常臂间收缩压差异(≥ 10 mmHg)的比例高于依据血压均值计算的数据(9.3%比 5.7%, $\chi^2=29.342, P < 0.001$),依据首次血压计算的臂间舒张

压差异 ≥ 10 mmHg 的比例也高于依据血压均值计算的数据(4.4%比2.2%, $\chi^2=24.838, P<0.001$), 见表5、表6。

表 1 3 094 名参与者依据首次收缩压和收缩压均值认定的参考臂 [例(%)]

收缩压均值认定的参考臂	首次收缩压认定的参考臂			合计
	右臂	左臂	不能认定	
右臂	1 148(37.1)	154(5.0)	108(3.5)	1 410(45.6)
左臂	131(4.2)	1 148(37.1)	108(3.5)	1 387(44.8)
不能认定	100(3.2)	123(4.0)	74(2.4)	297(9.6)
合计	1 379(44.6)	1 425(46.1)	290(9.4)	3 094(100.0)

注: 配对卡方检验(McNemar-Bowker检验), $\chi^2=3.138, P=0.371$; 一致性检验, Kappa=0.598, $P<0.001$ 。

表 2 3 094 名参与者依据首次舒张压和舒张压均值认定的参考臂 [例(%)]

舒张压均值认定的参考臂	首次舒张压认定的参考臂			合计
	右臂	左臂	不能认定	
右臂	1 091(35.3)	117(3.8)	103(3.3)	1 311(42.4)
左臂	118(3.8)	1 145(37.0)	121(3.9)	1 384(44.7)
不能认定	139(4.5)	139(4.5)	121(3.9)	399(12.9)
合计	1 348(43.6)	1 401(45.3)	345(11.2)	3 094(100.0)

注: 配对卡方检验(McNemar-Bowker检验), $\chi^2=6.606, P=0.086$; 一致性检验, Kappa=0.602, $P<0.001$ 。

表 3 以收缩压均值认定的参考臂、左臂、右臂的收缩压和舒张压($\bar{x} \pm s, n=3 094$) (mmHg)

上臂	首次收缩压	收缩压均值	首次舒张压	舒张压均值
参考臂	134.4 \pm 20.1	133.3 \pm 18.3	81.6 \pm 10.9	80.9 \pm 9.9
右臂	132.8 \pm 19.5	131.5 \pm 18.2	81.0 \pm 10.6	80.2 \pm 10.0
左臂	132.7 \pm 19.6	131.4 \pm 18.3	81.1 \pm 10.5	80.3 \pm 9.9

表 4 以收缩压均值认定的参考臂、左臂、右臂的血压增高比例($n=3 094$) [例(%)]

上臂	首次收缩压 ≥ 140 mmHg	首次舒张压 ≥ 90 mmHg	收缩压均值 ≥ 140 mmHg	舒张压均值 ≥ 90 mmHg
参考臂	1 138(36.8)	679(21.9)	1 076(34.8)	568(18.4)
右臂	1 050(33.9)	622(20.1)	973(31.4) ^a	529(17.1)
左臂	1 028(33.2) ^a	646(20.8)	946(30.6) ^a	519(16.8)
χ^2 值	9.672	3.194	13.920	3.014
P值	0.008	0.203	0.001	0.222

注: 与参考臂相比较, ^a $P<0.05$ 。

3 讨论

本研究首次在社区居民健康体检中使用CCBPM来认定参考臂。所用的CCBPM内有两台同一型号的血压计, 基于《中国高血压防治指南(2018年修订版)》的血压测量要求进行程序控制, 如此的血压测量更符合相关规定, 评价的IAD得到学者重视^[9-10]。

依据收缩压均值数据, 1 410名(45.6%)参与者参考臂为右臂, 1 387名(44.8%)参与者参考臂为左臂, 297名(9.6%)参与者两臂收缩压相等; 依据首次收缩压数据, 1 379名(44.6%)参与者的参考臂为右臂, 1 425名(46.1%)参与者参考臂为左臂, 290名(9.4%)参与者两臂收缩压相等; 依据首次血压和血压均值认定参考臂为左臂或右臂的分布比例很接近, 虽然比例相似, 但具体到个人仍有一定差别, 即个体差异较大。这些数据表明, 参考臂只有通过双臂血压测量才能准确认定。本研究中参考臂的收缩压/舒张压比右臂或左臂的收缩压/舒张压高, 依据参考臂的高血压检出率比依据右臂或左臂的高血压检出率高出3.4或4.2个百分点, 因此, 依据参考臂的数据可以减少部分高血压患者的漏诊。在临床工作中应当使用参考臂的均值来评价IAD^[11]。

异常增加的IAD(≥ 10 mmHg)不仅能提示锁骨下动脉狭窄, 还可预测心脑血管疾病的预后^[6, 12-13]。本研究表明, 即使采用同步双臂血压测量的方法, 依据首次血压测值计算的臂间收缩压差和臂间舒张压差均高于依据血压均值计算的数据, 在临床工作中应多次血压测量, 采用其均值来计算IAD。依据中国高血压防治指南的要求, 一次血压测量需要获得2~3次血压数据, 取其平均值作为最终的血压值。因为依据首次收缩压确定的异常IAD检出率高于依据均值确定的IAD检出率, 因此临床应使用多次血压测量的均值来确定异常IAD的检出率, 以减少假阳性。

表 5 依据首次血压和血压均值计算的臂间收缩压差的异常检出率 [例(%)]

依据血压均值计算的臂间收缩压差	依据首次血压计算的臂间收缩压差		合计
	≥ 10 mmHg	< 10 mmHg	
≥ 10 mmHg	116(3.7)	59(1.9)	175(5.7)
< 10 mmHg	171(5.5)	2 748(88.8)	2 919(94.3)
合计	287(9.3)	2 807(90.7)	3 094(100.0)

注: ≥ 10 mmHg为异常。配对卡方检验, $\chi^2=29.342, P<0.001$ 。

表 6 依据首次血压和血压均值计算的臂间舒张压差的异常检出率 [例(%)]

依据血压均值计算的臂间舒张压差	依据首次血压计算的臂间舒张压差		合计
	≥ 10 mmHg	< 10 mmHg	
≥ 10 mmHg	44(1.4)	23(0.7)	67(2.2)
< 10 mmHg	93(3.0)	2 934(94.8)	3 027(97.8)
合计	137(4.4)	2 957(95.6)	3 094(100.0)

注: ≥ 10 mmHg为异常。配对卡方检验, $\chi^2=24.838, P<0.001$ 。

不足之处: 研究人群为中国南方农村社区人群, 样本量不是很大, 需要在更大样本量、不同地区人群中进一步积累资料。

结论:使用CCBPM进行双臂同步血压测量,依据首次血压和血压均值认定的参考臂无明显差异,但依据首次血压计算的异常IAD的比例高于依据血压均值计算的数据。

参考文献

[1] 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, 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.

[2] Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 ESC/ESH guidelines for the management of arterial hypertension[J]. Eur Heart J, 2018, 39(33): 3021-3104.

[3] Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines[J]. J Am Soc Hypertens, 2018, 12(8): 579 e1-579 e73.

[4] Clark CE, Warren FC, Boddy K, et al. Associations between systolic interarm differences in blood pressure and cardiovascular disease outcomes and mortality: individual participant data meta-analysis, development and validation of a prognostic algorithm: the INTERPRESS-IPD Collaboration[J]. Hypertension, 2021, 77(2): 650-661.

[5] Clark CE, Taylor RS, Shore AC, et al. Prevalence of systolic inter-arm

differences in blood pressure for different primary care populations: systematic review and meta-analysis[J]. Br J Gen Pract, 2016, 66(652): e838-e847.

[6] Sheng CS, Liu M, Zeng WF, et al. Four-limb blood pressure as predictors of mortality in elderly Chinese[J]. Hypertension, 2013, 61(6): 1155-1160.

[7] 夏灵林, 苏海. 计算机控制的标准化诊室血压测量[J]. 中华高血压杂志, 2022, 30(9): 886-887.

[8] Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research[J]. J Chiropr Med, 2016, 15(2): 155-163.

[9] Yu S, Zhou Y, Wu K, et al. Association of inter-arm blood pressure difference with cardio-cerebral vascular disease: a community-based, cross-sectional study[J]. J Clin Hypertens (Greenwich), 2019, 21(8): 1115-1123.

[10] Yu Y, Liu L, Lo K, et al. Prevalence and associated factors of inter-arm blood pressure difference in Chinese community hypertensive population[J]. Postgrad Med, 2021, 133(2): 188-194.

[11] Grossman A, Prokupetz A, Gordon B, et al. Inter-arm blood pressure differences in young, healthy patients[J]. J Clin Hypertens (Greenwich), 2013, 15(8): 575-578.

[12] Peng HP, Tao L, Tang M, et al. Inter-arm blood pressure difference in post-stroke patients with hemiparesis[J]. J Hum Hypertens, 2024, 38(3): 228-231.

[13] 苏海, 郭子宏. 血压精准测量的出路: 合规范、全流程控制的自动血压测量[J]. 中华高血压杂志, 2024, 32(4): 301-303.

收稿日期: 2024-08-15 责任编辑: 张刘锋



· 简 讯 ·

妊娠期高血压、子痫前期和子痫与未来神经系统疾病

Friis T, Bergman L, Hesselman S, Lindström L, Junus K, Cluver C, Escudero C, Wikström AK. Gestational hypertension, preeclampsia, and eclampsia and future neurological disorders. *JAMA Neurol*, 2025, 82(2):142-151.

妊娠期高血压、子痫前期、子痫是晚年卒中和痴呆的明确危险因素。本文探究这些妊娠并发症是否与产后数月甚至数年内新发偏头痛、头痛、癫痫、睡眠障碍或精神疲劳有关。研究人员基于注册队列研究,通过查询2005—2018年的瑞典医疗出生登记系统确认暴露人群。使用国家患者登记系统进行随访,该系统包含专科住院和门诊诊断。随访从分娩后42天开始,持续至首次事件、死亡、移民或随访期结束(2019年)。采用Cox回归分析计算校正风险比(adjusted hazard ratio, aHR)和95%CI。通过瑞典医疗出生登记系统确定了2005—2018年初单胎妊娠女性659 188例,排除慢性高血压(n=4 271)或孕前神经系统疾病(n=6 532)的女性患者,最终纳入648 385例。数据分析于2023年完成。主要结局为偏头痛、头痛、癫痫、睡眠障碍或精神疲劳的复合神经系统结局。

结果:研究包括648 385例女性,首次妊娠平均年龄(28.5±5.0)岁。与正常血压的女性相比,患有妊娠期高血压(n=11 133)、子痫前期(n=11 133)和子痫(n=625)的女性新发神经系统疾病的风险更高。妊娠期高血压、子痫前期和子痫的aHR分别为1.27(95%CI 1.12~1.45)、1.32(95%CI 1.22~1.42)和1.70(95%CI 1.16~2.50)。探究个体结局,子痫女性癫痫风险升高约5倍(aHR=5.31, 95%CI 2.85~9.89)。结论:本研究中,妊娠期高血压、先兆子痫和子痫与产后数月甚至数年内新发偏头痛、头痛、癫痫、睡眠障碍或精神疲劳的风险增加相关。指南建议对妊娠期高血压和先兆子痫妇女进行产后随访,以评估其心血管疾病风险增加的情况。在这些随访中,医护人员还应关注持续新发的神经系统症状。

袁源(译), 郑武洪(审校)