



收缩压目标范围内时间与左心室增大的关系

王思雨, 王建姣, 桂满, 刘阳, 陈朔华, 吴寿岭, 黄玮

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2025-0221>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

父代收缩压与子代收缩压的相关性

中华高血压杂志. 2023, 31(2): 126–131 <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2023.02.007>

高血压老年人血压发展轨迹与心律失常的相关性

中华高血压杂志. 2024, 32(9): 845–851 <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2024.09.009>

不同年龄人群臂间收缩压差增大的影响因素

中华高血压杂志. 2023, 31(4): 353–359 <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2023.04.010>

慢性心力衰竭患者住院期间血压水平及变化对全因死亡的影响

中华高血压杂志. 2024, 32(1): 57–64 <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2024.01.012>

代谢综合征患者的臂间收缩压差与全因死亡的关系

中华高血压杂志. 2025, 33(8): 729–736 <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2025-0047>

单核细胞/高密度脂蛋白胆固醇比值与原发性高血压患者发生左心房增大的关系

中华高血压杂志. 2024, 32(11): 1043–1048 <https://doi.org/10.16439/j.issn.1673-7245.2024.11.009>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

收缩压目标范围内时间与左心室增大的关系

王思雨^{1,2}, 王建姣^{1,2}, 桂满³, 刘阳⁴, 陈朔华⁵, 吴寿岭⁵, 黄玮²

1. 河北北方学院研究生院, 河北 张家口 075000; 2. 开滦总医院超声医学科; 3. 华北理工大学护理与康复学院;

4. 北京大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系; 5. 开滦总医院心血管内科

摘要: 目的 评估收缩压目标范围内时间(SBP-TTR)与左心室增大的关系。**方法** 对来自开滦研究的33907名参与者进行分析,他们完成了2006—2020年度至少两次健康体检和末次体检后的超声心动图检查。使用线性插值法计算SBP-TTR,收缩压的目标范围分别设定为标准目标(120~140 mmHg)和强效目标(110~130 mmHg)。根据SBP-TTR的四分位数,将参与者分为四组。采用泊松回归模型评估SBP-TTR与左心室增大的关系。采用限制性立方样条可视化SBP-TTR与左心室增大风险的剂量-反应关系。**结果** 收缩压目标范围为标准目标时,SBP-TTR 0%~25%、>25%~50%、>50%~75%、>75%~100%组左心室增大比例分别为14.10%(1962/13916)、10.40%(683/6565)、9.38%(586/6250)、9.99%(717/7176),4组比较,差异有统计学意义($\chi^2 = 141.628$, $P < 0.001$)。校正混杂因素后,泊松回归分析显示:当收缩压的目标范围为标准目标时,与SBP-TTR为0~25%组相比,其他三组的左心室增大风险逐渐降低($P_{\text{趋势}} = 0.008$),RR(95%CI)值分别为0.99(0.90~1.08)、0.92(0.84~1.02)和0.89(0.82~0.98),SBP-TTR每增加一个标准差,左心室增大风险降低4%(RR = 0.96, 95%CI: 0.93~0.99)。当收缩压的目标范围为强效目标时,与SBP-TTR为0~25%组参与者相比,其他三组的左心室增大风险仍逐渐降低($P_{\text{趋势}} < 0.001$),RR(95%CI)值分别为0.95(0.86~1.05)、0.86(0.77~0.96)和0.72(0.65~0.80);SBP-TTR每增加一个标准差,左心室增大风险降低11%(RR = 0.89, 95%CI: 0.85~0.92)。校正基线收缩压和传统危险因素后,SBP-TTR与左心室增大的关联依然有统计学意义。**结论** SBP-TTR与左心室增大呈负相关,并且强效降压效果更显著。

关键词: 收缩压; 目标范围内时间; 左心室增大

Relationship between time in target range for systolic blood pressure and left ventricular enlargement

WANG Siyu^{1,2}, WANG Jianjiao^{1,2}, GUI Man³, LIU Yang⁴, CHEN Shuohua⁵, WU Shouling⁵, HUANG Wei²

1. Graduate School, Hebei North University, Zhangjiakou, Hebei 075000, China; 2. Department of Ultrasound, Kailuan General Hospital; 3. School of Nursing and Rehabilitation, North China University of Science and Technology;

4. Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Peking University;

5. Department of Cardiology, Kailuan General Hospital

Abstract: Objective To assess the association between time in target range for systolic blood pressure (SBP-TTR) and left ventricular enlargement. **Methods** A total of 33 907 participants from the Kailuan Study who completed at least two health check-ups between 2006 and 2020 and underwent echocardiography after their last check-up were analyzed. The SBP-TTR was calculated using the linear interpolation method, with the target ranges of systolic blood pressure (SBP) set as the standard target (120 to 140 mmHg) and the intensive target (110 to 130 mmHg), respectively. Participants were divided into four groups according to the quartiles of SBP-TTR. Poisson regression model was used to investigate the association between SBP-TTR and left ventricular enlargement. Restricted cubic splines were used to visualize the dose-response relationship between SBP-TTR and the risk of left ventricular enlargement. **Results** When the target range of SBP was the standard target, the proportions of left ventricular enlargement in the SBP-TTR 0% to 25%, > 25% to 50%, > 50% to 75%, and > 75% to 100% groups were 14.10% (1962/13916), 10.40% (683/6565), 9.38% (586/6250), and 9.99% (717/7176), respectively. A comparison among the four groups showed statistically significant differences ($\chi^2 = 141.628$, $P < 0.001$). After adjusting for confounding factors, Poisson regression analysis showed that when the target range of SBP was the standard target, compared with the group with SBP-TTR of 0 to 25%, the risk of left ventricular enlargement in the other three groups gradually decreased (P for trend = 0.008), with RR (95%CI) values of 0.99 (0.90 to 1.08), 0.92 (0.84 to 1.02),

and 0.89 (0.82 to 0.98), respectively. For every one standard deviation increase in SBP-TTR, the risk of left ventricular enlargement decreases by 4% ($RR = 0.96$, 95% CI : 0.93 to 0.99). When the target range of SBP was the intensive target, compared with the group with SBP-TTR of 0 to 25%, the risk of left ventricular enlargement in the other three groups gradually decreased (P for trend < 0.001), with RR (95% CI) values of 0.95 (0.86 to 1.05), 0.86 (0.77 to 0.96), and 0.72 (0.65 to 0.80), respectively. For every one standard deviation increase in SBP-TTR, the risk of left ventricular enlargement decreases by 11% ($RR = 0.89$, 95% CI : 0.85 to 0.92). After adjusted for baseline blood pressure and traditional risk factors, the association between SBP-TTR and left ventricular enlargement remained significant. **Conclusion** SBP-TTR is negatively correlated with left ventricular enlargement, and the effect of intensive blood pressure control is more significant.

Keywords: systolic blood pressure; time in target range; left ventricular enlargement

高血压是心血管疾病主要的可控危险因素之一。持续的高血压状态可导致包括心脏在内的靶器官损害,其中左心室向心性重构和扩张是常见的病理改变^[1-2]。这些结构变化可引发心脏血流动力学和心脏电生理的异常,严重者可出现心功能下降^[3]、心律失常,甚至发生心源性猝死^[4]。尽管如此,多项荟萃分析和随机对照研究均已证实,有效的血压控制能够延缓甚至逆转高血压所引起的左心室重构^[5-6]。传统判断血压是否得到有效控制的依据是单时点血压值是否达到靶目标水平。无论是观察性研究还是随机对照研究,通常以单时点的血压值作为衡量血压是否达标的依据^[7-8]。然而,血压处在一个长期的动态变化过程中,且血压水平受环境因素和个体行为因素的影响,存在不同程度的波动。因此,单时点或短时段血压值无法真实反映患者的长期血压控制情况。为克服这一局限性,2017年 Doumas 等^[9]提出了收缩压目标范围内时间(systolic blood pressure-time in target range, SBP-TTR)的概念,将其作为衡量长期血压达标水平的有效指标。该指标通过综合考虑多次血压测量值及其变异性,能够更准确反映血压的总体水平和长期波动特征。既往多项研究表明,高水平的 SBP-TTR 与左心室肥厚和心血管事件发生风险降低密切相关^[10-13]。然而,目前尚缺乏关于 SBP-TTR 与左心室增大关系的研究。基于上述背景,本研究假设高水平 SBP-TTR 可能与左心室增大发生风险的降低有关。为验证这一假设,本文使用开滦研究数据,分析了长程 SBP-TTR 与左心室增大的关系,并进一步探究了选取标准降压目标范围(120~140 mmHg, 1 mmHg=0.133 kPa)与强效降压目标范围(110~130 mmHg)的血压管理策略对左心室增大的影响是否不同。

1 对象与方法

1.1 对象 开滦研究(注册号 ChiCTR-TNC-11001489)是一项在中国唐山开展的前瞻性队列研究,研究对象为开滦集团在职和退休员工。在 2006 年 6 月至 2007 年

10 月间,该队列共招募年龄 18~98 岁成年人 101 510 名(81 110 名男性和 20 400 名女性)^[14-17]。研究对象定期在开滦集团旗下的 11 家附属医院接受每两年一次的健康检查,检查内容涵盖血压测量等体格检查指标以及实验室检查项目。这 11 家医院为开滦职工提供日常医疗服务,值得注意的是,心脏超声检查并非开滦研究项目的内容,本研究中所使用的超声心动图数据来源于开滦队列人群在开滦总医院及其下属林西医院接受日常诊疗时进行的心脏超声检查结果。

本研究纳入开滦研究中曾在开滦总医院及其下属林西医院接受心脏超声检查且超声检查前至少参加两次体检者 36 955 人。排除超声检查前虽参加两次体检但血压数据缺失者 2 912 人,排除虽然接受心脏超声检查但左心室内径数据缺失者 136 人,最终 33 907 人纳入分析。开滦研究遵照赫尔辛基宣言,并获得开滦总医院伦理委员会的批准[(2006)医伦字 5 号]。所有研究对象均同意参加研究。

1.2 血压测量和 SBP-TTR 定义 血压测量由参加过统一培训的医务人员进行操作并记录数据。参与者避免吸烟、饮酒、喝咖啡或茶,坐姿休息 5 min 之后,由参加过统一培训的医务人员使用经校正的标准水银血压计测量参与者右上臂血压并记录数值^[18],收缩压读数取柯氏音第一音,舒张压读取柯氏音第五音。收缩压和舒张压值四舍五入到最接近的整数。2014 年后随访时改为采用电子血压计(OMRON HBP-1300)测量血压。每间隔 5 min 测量一次,共测量两次,取两次测量的平均值用于进一步分析。如果两次测量值相差 5 mmHg 以上,则进行第三次测量,最后取三次测量的平均值用于数据分析^[19]。

SBP-TTR 定义为收缩压测量值在指定目标范围内的时间比例。用 Rosendaal 线性插值法计算 SBP-TTR,此方法假定两次收缩压测量值之间呈线性变化^[20]。本研究使用超声检查前至少两次收缩压测量值计算 SBP-TTR(本研究人群血压测量次数为 2~8 次不等,血压平均测量次数是 3.89 次,只有两次血压值的人占 21%)。基于欧洲高血压学会高血压管理指南^[21],

将收缩压目标范围定义为120~140 mmHg。随后,根据2017年美国心脏病学会(American College of Cardiology, ACC)/美国心脏协会(American Heart Association, AHA)高血压管理指南^[22],将收缩压目标范围重新设定为110~130 mmHg后,进行进一步分析。

1.3 左心室增大的确定 本研究由经过统一培训且具有5年以上工作经验的超声医生采用中华医学会超声医学分会指南推荐的方法对受检者进行超声心动图检查^[23]。采用 Philips 公司的 IE Elite、EPIQ 7C 和 IE33 等彩超诊断仪,使用 S5-1 探头,受检者取左侧卧位平静呼吸,在标准胸骨旁左心室长轴切面二尖瓣腱索水平,使用 M 型超声心动图测量左心室舒张末期内径(left ventricular internal diameter in diastole, LVIDd)和左心室收缩末期内径(left ventricular internal diameter in systole, LVIDs),以上数据均测量3个心动周期并取均值,单位均为 mm。如果满足以下标准则诊断为左心室增大:LVIDd>54.0 mm(男)、>49.7 mm(女)或 LVIDs>38.6 mm(男)、>35.4 mm(女)^[23]。结果由两名有5年以上超声工作经验的超声医生根据上述标准对超声心动图图像共同判断确认,并由不同的超声专科医师随机重复查看超声图像并确认数据结果。

1.4 协变量资料收集 由培训合格的医务人员对受检者进行面对面访谈,通过标准化问卷收集人口统计学特征(年龄、性别)、健康状况(是否高血压和高血压用药史)和生活方式(吸烟、饮酒)等信息。当前吸烟定义为平均每天至少吸1支烟,或戒烟不足1年。当前饮酒定义为平均饮酒量 ≥ 2 个标准量/d,持续时间 ≥ 1 年。采访者询问受检者是否被临床诊断为高血压。如果回答是肯定的,则进一步收集是否服用降压药。高血压定义为:诊室收缩压/舒张压 $\geq 140/90$ mmHg,或使用降压药,或曾被临床确诊为高血压^[24]。

在随访当天,受试者脱鞋、脱帽、穿轻便单衣,采用经校正的 RGZ-120 型体重秤测量,身高精确到0.1 cm,体重精确到0.1 kg。计算体重指数(body mass index, BMI): BMI = 体重(kg)/身高²(m²)。

受检者于体检前禁食8~12 h,于次日晨起体检时抽取5 mL空腹肘静脉血,采用全自动生化分析仪(Hitachi 747, Hitachi, Tokyo, Japan)在开滦总医院中心实验室测量血液生化指标(采用盲法),包括低密度脂蛋白胆固醇(low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、空腹血糖、甘油三酯、超敏C反应蛋白(high sensitivity C-reactive protein, hsCRP)。分析由专业检验医师严格按照操作手册进行操作并随批质控。心率测定:观察对象于体检当日上午进行心电图检查,检查前30 min内禁止饮酒、吸烟或剧烈运动,在安静环境下休息5 min后,使用日本光电公司生产的 ECG-9130P 型号

心电图机记录平卧位12导联心电图,观察静息卧位心率并记录。通过《国际疾病分类》第十次修订版代码来确诊心肌梗死和心力衰竭事件(心肌梗死为 I21;心力衰竭为 I50),诊断的数据库来自市社会保险机构和医院出院登记册并在研究期间每年更新^[16]。

1.5 统计学方法 按 SBP-TTR 分布(0~25%, >25%~50%, >50%~75%, >75%~100%)进行分组描述。对于缺失的协变量,使用多重插补法对缺失值进行填补。符合正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多组间比较采用单因素方差分析。不符合正态分布的计量资料采用中位数(P_{25} , P_{75})表示,多组间比较采用非参数秩和检验(Kruskal-Wallis 检验)。计数资料用例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用泊松(Poisson)回归分析 SBP-TTR 分组及 SBP-TTR 每增加一个标准差对左心室增大的影响。模型1校正年龄、性别;模型2在模型1的基础上校正吸烟、饮酒、BMI、静息卧位心率、LDL-C、甘油三酯、空腹血糖、hsCRP;模型3在模型2的基础上校正基线收缩压、收缩压测量次数。运用链接泊松回归确定三个节点(第30、60、90百分位数)的限制性立方样条,在调整协变量后,可视化 SBP-TTR 与左心室增大风险的剂量-反应关系。为检验 SBP-TTR 与左心室增大之间相关性的稳健性,进行5项敏感性分析:①对高血压人群进行泊松回归分析;②对至少参加过3次体检的人群进行泊松回归分析;③排除有心肌梗死和心力衰竭病史者后进行泊松回归分析;④使用未进行插补的原始协变量数据对主要结果进行泊松回归分析;⑤在模型3基础上校正降压药使用情况。将 SBP-TTR 范围重新设定为110~130 mmHg后,重新进行以上分析,探究强化血压管理在左心室增大中的潜在影响。使用 SAS9.4 (SAS Institute, Cary, North Carolina) 软件进行数据分析。双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本资料 本研究共纳入33 907名观察对象,平均年龄为(62.30 $\pm$ 11.16)岁,其中27 226人(80.30%)为男性。观察人群基线收缩压为(133.5 $\pm$ 21.2) mmHg,血压测量频率在2~8次之间,平均(3.89 $\pm$ 1.53)次,参与者平均 SBP-TTR 为(40.29 $\pm$ 35.37)%。SBP-TTR 四分位组的年龄、性别、吸烟、饮酒、BMI、静息卧位心率、甘油三酯、LDL-C、空腹血糖、hsCRP、收缩压和服用降压药等指标比较,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表1。

2.2 SBP-TTR 与左心室增大的关系 当收缩压控制目标设定为标准范围(120~140 mmHg)时, SBP-TTR

0%~25%、>25%~50%、>50%~75%、>75%~100% 组左心室增大比例分别为 14.10%、10.40%、9.38%、9.99% ($\chi^2 = 141.628, P < 0.001$), 见表 2。多因素泊松回归分析结果显示, SBP-TTR 与左心室增大风险存在负相关。SBP-TTR 每增加一个标准差, 左心室增大风险降低 4% ($RR = 0.96, 95\%CI: 0.93 \sim 0.99$)。将 SBP-TTR 分组后, 与 0~25% 组相比, >25%~50%、>50%~75%、>

75%~100% 组左心室增大风险降低, $RR(95\%CI)$ 分别为 0.99(0.90~1.08)、0.92(0.84~1.02)、0.89(0.82~0.98)。随达标时间增加, 左心室增大风险逐步降低($P_{趋势} = 0.008$), 见表 3。通过观察 SBP-TTR 与左心室增大风险的限制性立方样条发现, SBP-TTR 与左心室增大风险之间呈线性剂量-反应关系($P_{非线性} = 0.227$), 见图 1。

表 1 SBP-TTR 四分位组研究对象的基本特征
Table 1 The baseline characteristics of the subjects grouped by SBP-TTR

组别 Group	例数 <i>n</i>	年龄(岁) Age (years)	男性[n(%)] Male	吸烟[n(%)] Smoking	饮酒[n(%)] Drinking	BMI (kg/m ²)	静息卧位心率(次/min) HRrs (beats /min)
0%~25%	13 916	63.38±11.41	10 860 (78.04)	3 709 (26.65)	3 111 (22.36)	25.30±3.53	75.95±12.30
>25%~50%	6 565	62.65±10.66	5 196 (79.15)	1 845 (28.10)	1 418 (21.60)	25.21±3.35	75.79±12.05
>50%~75%	6 250	61.70±10.69	5 086 (81.38)	1 902 (30.43)	1 413 (22.61)	25.31±3.39	75.78±11.77
>75%~100%	7 176	60.38±11.22	6 084 (84.78)	2 294 (31.97)	1 848 (25.75)	25.40±3.44	75.27±11.28
总人群 Total	33 907	62.30±11.16	27 226 (80.30)	9 750 (28.76)	7 790 (22.97)	25.30±3.45	75.74±11.95
$\chi^2/F/H$ 值		124.466	146.165	76.112	41.796	3.493	5.240
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.015	0.001

组别 Group	甘油三酯(mmol/L) Triglyceride	LDL-C (mmol/L)	空腹血糖(mmol/L) FBG	hsCRP (mg/L)	收缩压(mmHg) SBP	SBP-TTR (%)	服用降压药[n(%)] Antihypertensive drugs
0%~25%	1.36 (0.95, 2.07)	2.86±1.03	6.29±2.67	1.30 (0.53, 3.20)	140.3±26.0	0 (0, 9.05)	7 253 (52.12)
>25%~50%	1.37 (0.96, 2.10)	2.92±1.07	6.36±3.13	1.20 (0.50, 2.80)	130.1±19.1	37.58 (31.55, 43.71)	2 932 (44.66)
>50%~75%	1.39 (0.98, 2.14)	2.89±0.99	6.22±2.37	1.20 (0.50, 2.70)	127.9±15.9	61.59 (55.10, 67.78)	2 456 (39.30)
>75%~100%	1.40 (0.96, 2.20)	2.85±0.90	6.16±2.51	1.20 (0.49, 2.89)	128.0±10.2	100.00 (85.36, 100.00)	2 513 (35.03)
总人群 Total	1.38 (0.96, 2.11)	2.88±1.01	6.26±2.68	1.20 (0.50, 3.00)	133.5±21.2	36.68 (0, 68.97)	15 154 (44.69)
$\chi^2/F/H$ 值	11.306	8.184	7.591	57.864	905.398	31 441.959	660.116
<i>P</i> 值	0.010	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注: 正态分布计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 非正态分布计量资料以中位数(P_{25}, P_{75})表示。SBP-TTR为收缩压目标范围内时间(收缩压目标范围为 120~140 mmHg); BMI为体重指数; LDL-C为低密度脂蛋白胆固醇; hsCRP为超敏C反应蛋白。

Quantitative data with normal distribution were expressed as ($\bar{x} \pm s$), quantitative data with non-normal distribution were expressed as median (P_{25}, P_{75}). Abbreviations: SBP-TTR, the time in the target range of systolic blood pressure (the target range is 120 to 140 mmHg); BMI, body mass index; HRrs, resting supine heart rate; LDL-C, low-density lipoprotein cholesterol; FBG, fasting blood glucose; hsCRP, high sensitivity C-reactive protein; SBP, systolic blood pressure.

当收缩压控制目标设定为强效降压范围(110~130 mmHg)时, SBP-TTR 0%~25%、>25%~50%、>50%~75%、>75%~100% 组左心室增大比例分别为 14.54%、9.70%、8.38%、7.46% ($\chi^2 = 317.907, P < 0.001$), 见表 4。多因素泊松回归分析结果显示, SBP-TTR 与左心室增大风险仍呈负相关。SBP-TTR 每增加一个标准差, 左心室增大的风险降低 11% ($RR = 0.89, 95\%CI: 0.85 \sim 0.92$)。随着达标时间的增加, 左心室增大的风险逐步降低($P_{趋势} < 0.001$)。将 SBP-TTR 分组后, 与 0~25% 组相比, 左心室增大风险仍随 SBP-TTR 增加而逐步降低。见表 5。SBP-TTR 与左心室增大风险的限制性立方样条曲线发现, SBP-TTR 与左心室增大风险间呈线性剂量-反应关系($P_{非线性} = 0.066$), 见图 2。

表 2 SBP-TTR 四分位组研究对象的左心室增大比例

Table 2 Left ventricular enlargement of the subjects in the SBP-TTR quartile group

组别 Group	例数 <i>n</i>	左心室增大[n(%)] Left ventricular enlargement
0%~25%	13 916	1 962 (14.10)
>25%~50%	6 565	683 (10.40)
>50%~75%	6 250	586 (9.38)
>75%~100%	7 176	717 (9.99)
χ^2 值		141.628
<i>P</i> 值		<0.001

注: SBP-TTR为收缩压目标范围内时间(目标范围为 120~140 mmHg)。

Abbreviation: SBP-TTR, the time in the target range of systolic blood pressure (the target range is 120 to 140 mmHg).

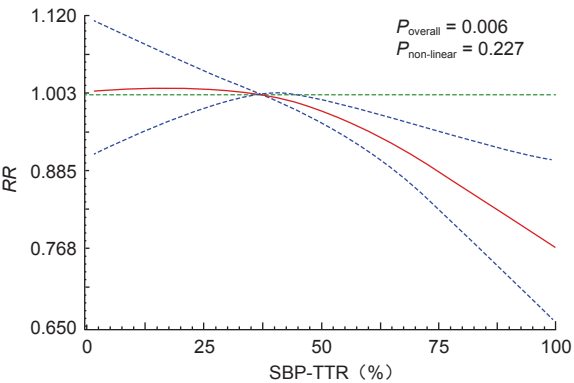
表 3 SBP-TTR 与左心室增大关系的多因素泊松回归分析($n = 33\,907$)

Table 3 Multivariate Poisson regression analysis of the relationship between SBP-TTR and left ventricular enlargement

模型 Model	自变量 Independent variable	<i>B</i>	<i>SE</i>	Wald χ^2 值	<i>P</i> 值	<i>RR</i> (95% <i>CI</i>)	<i>P</i> _{trend} 值
1	SBP-TTR分组 Group						
	0%~25%					1.00	
	>25%~50%	-0.294	0.044	43.640	<0.001	0.75 (0.68~0.81)	
	>50%~75%	-0.381	0.047	65.344	<0.001	0.68 (0.62~0.75)	
	>75%~100%	-0.294	0.044	44.857	<0.001	0.75 (0.68~0.81)	<0.001
2	SBP-TTR每增加一个标准差 Per 1-SD increase in SBP-TTR					0.86 (0.84~0.89)	
	SBP-TTR分组 Group						
	0%~25%					1.00	
	>25%~50%	-0.270	0.045	36.710	<0.001	0.76 (0.70~0.83)	
	>50%~75%	-0.367	0.047	60.459	<0.001	0.69 (0.63~0.76)	
3	>75%~100%	-0.292	0.044	44.111	<0.001	0.75 (0.68~0.81)	<0.001
	SBP-TTR每增加一个标准差 Per 1-SD increase in SBP-TTR					0.87 (0.84~0.90)	
	SBP-TTR分组 Group						
	0%~25%					1.00	
	>25%~50%	-0.011	0.046	0.058	0.810	0.99 (0.90~1.08)	
	>50%~75%	-0.081	0.050	2.680	0.102	0.92 (0.84~1.02)	
	>75%~100%	-0.113	0.046	5.968	0.015	0.89 (0.82~0.98)	0.008
	SBP-TTR每增加一个标准差 Per 1-SD increase in SBP-TTR					0.96 (0.93~0.99)	

注: SBP-TTR为收缩压目标范围内时间(目标范围为120~140 mmHg); P_{trend} 值为趋势 P 值。模型1校正年龄、性别; 模型2在模型1的基础上进一步校正吸烟、饮酒、体重指数、低密度脂蛋白胆固醇、甘油三酯、超敏C反应蛋白、静息卧位心率和空腹血糖; 模型3在模型2的基础上进一步校正基线收缩压和血压测量次数。

Abbreviations: SBP-TTR, the time in the target range of systolic blood pressure (the target range is 120 to 140 mmHg); SD, standard deviation. Model 1, adjusted for age and gender; Model 2, further adjusted for smoking, drinking, body mass index, low-density lipoprotein cholesterol, triglycerides, high-sensitivity C-reactive protein, resting lying heart rate and fasting blood glucose on the basis of Model 1; Model 3, further adjusted for the baseline systolic blood pressure and the number of blood pressure measurements based on Model 2.



注: SBP-TTR为收缩压目标范围内时间(收缩压目标范围为120~140 mmHg)。RR = 1时, SBP-TTR值为36%。 $P_{overall}$ 为总体检验 P 值; $P_{non-linear}$ 为非线性检验 P 值。

Abbreviation: SBP-TTR, the time in the target range of systolic blood pressure (the target range is 120 to 140 mmHg). The SBP-TTR corresponding to an RR of 1 is 36%.

图 1 SBP-TTR 与左心室增大关系的
限制性立方样条曲线($n = 33\,907$)

Figure 1 Restricted cubic spline for the relationship between
SBP-TTR and left ventricular enlargement

2.3 敏感性分析 进行了5项敏感性分析: 对高血压人群进行泊松回归分析; 对至少参加3次体检者进行

泊松回归分析; 排除心脏超声检查之前有心肌梗死和心力衰竭病史者; 使用未进行插补的原始协变量数据对主结果进行泊松回归分析; 在模型3基础上校正服用降压药后进行泊松回归分析。敏感性分析结果与主结果基本保持一致(表6、表7)。

表 4 SBP-TTR 四分位组研究对象的
左心室增大比例

Table 4 Left ventricular enlargement of the subjects in the
SBP-TTR quartile group

组别 Group	例数 <i>n</i>	左心室增大[<i>n</i> (%)] Left ventricular enlargement
0%~25%	17 741	2 580 (14.54)
>25%~50%	5 287	513 (9.70)
>50%~75%	4 727	396 (8.38)
>75%~100%	6 152	459 (7.46)
χ^2 值		317.907
<i>P</i> 值		<0.001

注: SBP-TTR为收缩压目标范围内时间(目标范围为110~130 mmHg)。

Abbreviation: SBP-TTR, the time in the target range of systolic blood pressure (the target range is 110 to 130 mmHg).

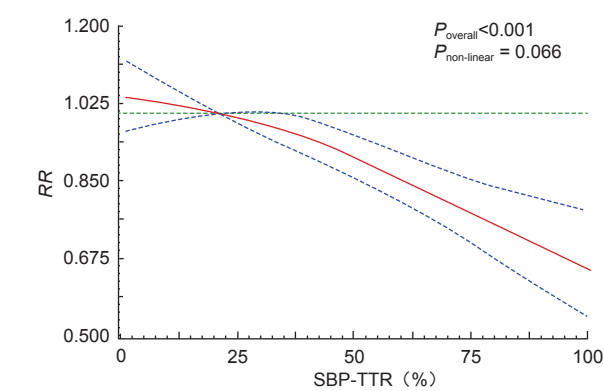
表 5 SBP-TTR 与左心室增大关系的多因素泊松回归分析 (n = 33 907)

Table 5 Multivariate Poisson regression analysis of the relationship between SBP-TTR and left ventricular enlargement

模型 Model	自变量 Independent variable	B	SE	Wald χ^2 值	P值	RR (95%CI)	P_{trend} 值
1	SBP-TTR分组 Group					1.00	
	0%~25%						
	>25%~50%	-0.399	0.049	67.142	<0.001	0.67 (0.61~0.74)	
	>50%~75%	-0.537	0.055	97.255	<0.001	0.58 (0.52~0.65)	
	>75%~100%	-0.632	0.052	150.521	<0.001	0.53 (0.48~0.59)	<0.001
	SBP-TTR每增加一个标准差 Per 1-SD increase in SBP-TTR	-0.291	0.019	244.981	<0.001	0.75 (0.72~0.78)	
2	SBP-TTR分组 Group					1.00	
	0%~25%						
	>25%~50%	-0.350	0.049	51.611	<0.001	0.71 (0.64~0.78)	
	>50%~75%	-0.471	0.055	73.950	<0.001	0.62 (0.56~0.69)	
	>75%~100%	-0.552	0.052	113.122	<0.001	0.58 (0.52~0.64)	<0.001
	SBP-TTR每增加一个标准差 Per 1-SD increase in SBP-TTR	-0.254	0.019	184.242	<0.001	0.78 (0.75~0.81)	
3	SBP-TTR分组 Group					1.00	
	0%~25%						
	>25%~50%	-0.051	0.052	0.975	0.324	0.95 (0.86~1.05)	
	>50%~75%	-0.150	0.058	6.602	0.010	0.86 (0.77~0.96)	
	>75%~100%	-0.328	0.056	33.778	<0.001	0.72 (0.65~0.80)	<0.001
	SBP-TTR每增加一个标准差 Per 1-SD increase in SBP-TTR	-0.120	0.021	34.193	<0.001	0.89 (0.85~0.92)	

注: SBP-TTR 为收缩压目标范围内时间(目标范围为 110~130 mmHg); P_{trend} 值为趋势 P 值。模型 1 校正年龄、性别; 模型 2 在模型 1 的基础上进一步校正吸烟、饮酒、体重指数、低密度脂蛋白胆固醇、甘油三酯、超敏 C 反应蛋白、静息卧位心率和空腹血糖; 模型 3 在模型 2 的基础上进一步校正基线收缩压和血压测量次数。

Abbreviations: SBP-TTR, the time in the target range of systolic blood pressure (the target range is 110 to 130 mmHg); SD, standard deviation. Model 1, adjusted for age and gender; Model 2, further adjusted for smoking, drinking, body mass index, low-density lipoprotein cholesterol, triglycerides, high-sensitivity C-reactive protein, resting lying heart rate and fasting blood glucose on the basis of Model 1; Model 3, further adjusted for the baseline systolic blood pressure and the number of blood pressure measurements based on Model 2.



注: SBP-TTR 为收缩压目标范围内时间(收缩压目标范围为 110~130 mmHg)。RR = 1 时, SBP-TTR 值为 21%。 P_{overall} 为总体检验 P 值; $P_{\text{non-linear}}$ 为非线性检验 P 值。

Abbreviation: SBP-TTR, the time in the target range of systolic blood pressure (the target range is 110 to 130 mmHg). The SBP-TTR corresponding to an RR of 1 is 21%.

图 2 SBP-TTR 与左心室增大关系的
限制性立方样条曲线 (n = 33 907)

Figure 2 Restricted cubic spline for the relationship between
SBP-TTR and left ventricular enlargement

3 讨论

本研究发现, SBP-TTR 与左心室增大风险呈负向关联, 这种关联呈剂量反应关系。另外, 在高血压个体中, 这种负向关联程度可能减轻, 可能需要更低的靶目标血压才能降低左心室增大的风险。

SBP-TTR 是一个新的评价血压控制效果的指标, 多项研究已经证实 SBP-TTR 与不良心血管事件(心肌梗死^[11]、心力衰竭^[25]、脑卒中^[10])、慢性肾脏病进展^[26]、颈动脉粥样硬化^[27] 的风险呈负向关联。而本研究首次揭示了 SBP-TTR 与左心室增大的风险也呈负向关联, 与 SBP-TTR 最低四分位组相比, SBP-TTR 最高四分位组发生左心室增大的风险下降 11%, SBP-TTR 每增加一个标准差, 左心室增大的风险下降 4%。限制性立方样条曲线也提示 SBP-TTR 与左心室增大风险呈线性关联。本研究进一步拓展了以往的研究结果, 证实了长期维持血压达标对心脏结构的保护作用。

高血压是左心室肥厚和扩张的主要可改变的危险因素, 有效控制血压可降低其发生风险^[28]。已经有研

究证实,高血压患者强化降压(目标收缩压 110~130 mmHg)可以降低左心室重构风险^[29]。本研究也发现高 SBP-TTR 确实降低了高血压患者的左心室增大风险,但降低程度可能略低于一般人群,在选取强效靶目标时,一般人群 SBP-TTR 每增加一个标准差,左心室增大风险降低 11%,而高血压人群仅降低 7%,风险

降低程度可能减轻。这也提示高血压患者左心室增大不仅与血压值有关,还涉及神经、内分泌激素等其他因素^[30]。因此,在高血压治疗中,除关注血压值外,还要遵循个体化原则,选择既能阻断神经内分泌途径的降压药,又能预防甚至逆转左心室增大的药物。

表 6 SBP-TTR 与左心室增大关系的多因素泊松回归分析(敏感性分析, SBP-TTR 为 120~140 mmHg)

Table 6 Multivariate Poisson regression analysis of the relationship between SBP-TTR and left ventricular enlargement (sensitivity analysis, target range 120–140 mmHg)

敏感性分析 Sensitivity analysis	例数 <i>n</i>	自变量 Independent variable	左心室增大例数/总人数 Left ventricular enlargement, <i>n/N</i>	<i>B</i>	<i>SE</i>	Wald χ^2 值	<i>P</i> 值	<i>RR</i> (95% <i>CI</i>)	<i>P</i> _{trend} 值
1	17 183	SBP-TTR 分组 Group							
		0%~25%	1 551/8 968					1.00	
		>25%~50%	385/2 961	-0.061	0.059	1.050	0.306	0.94 (0.84~1.06)	
		>50%~75%	311/2 517	-0.087	0.066	1.753	0.186	0.92 (0.81~1.04)	
		>75%~100%	349/2 737	-0.103	0.065	2.504	0.114	0.90 (0.79~1.02)	0.068
		SBP-TTR + 1-SD		-0.046	0.023	3.954	0.047	0.95 (0.91~0.99)	
2	26 820	SBP-TTR 分组 Group							
		0%~25%	1 316/10 199					1.00	
		>25%~50%	565/5 813	-0.022	0.052	0.172	0.679	0.98 (0.88~1.08)	
		>50%~75%	479/5 472	-0.082	0.056	2.156	0.142	0.92 (0.83~1.03)	
		>75%~100%	501/5 336	-0.078	0.056	1.958	0.162	0.93 (0.83~1.03)	<0.001
		SBP-TTR + 1-SD		-0.027	0.020	1.870	0.172	0.97 (0.94~1.01)	
3	31 727	SBP-TTR 分组 Group							
		0%~25%	1 535/12 857					1.00	
		>25%~50%	555/6 190	-0.004	0.052	0.007	0.934	0.99 (0.90~1.10)	
		>50%~75%	475/5 919	-0.087	0.055	2.531	0.116	0.92 (0.82~1.02)	
		>75%~100%	598/6 761	-0.080	0.051	2.452	0.117	0.92 (0.84~1.02)	0.059
		SBP-TTR + 1-SD		-0.029	0.019	2.295	0.130	0.97 (0.94~1.01)	
4	33 907	SBP-TTR 分组 Group							
		0%~25%	1 962/13 916					1.00	
		>25%~50%	683/6 565	-0.295	0.044	44.412	0.618	0.98 (0.89~1.07)	
		>50%~75%	586/6 250	-0.385	0.047	66.963	0.033	0.90 (0.81~0.99)	
		>75%~100%	717/7 176	-0.296	0.044	45.731	0.004	0.87 (0.80~0.96)	<0.001
		SBP-TTR + 1-SD		-0.148	0.017	79.728	0.006	0.95 (0.92~0.99)	
5	33 907	SBP-TTR 分组 Group							
		0%~25%	1 962/13 916					1.00	
		>25%~50%	683/6 565	-0.012	0.046	0.066	0.797	0.99 (0.90~1.08)	
		>50%~75%	586/6 250	-0.062	0.050	1.581	0.209	0.94 (0.85~1.04)	
		>75%~100%	717/7 176	-0.079	0.047	2.886	0.089	0.92 (0.84~1.01)	0.061
		SBP-TTR + 1-SD		-0.026	0.017	2.264	0.132	0.97 (0.94~1.00)	

注: SBP-TTR 为收缩压目标范围内时间; SD 为标准差; *P*_{trend} 值为趋势 *P* 值。敏感性分析 1 为高血压人群; 敏感性分析 2 为使用至少三次血压值计算 SBP-TTR; 敏感性分析 3 为排除有心肌梗死和心力衰竭病史者; 敏感性分析 4 为未插补协变量数据; 敏感性分析 5 为在模型 3 的基础上进一步校正服用降压药。敏感性分析 1、2、3 和 4 结果均为模型 3 结果, 即校正了年龄、性别、吸烟、饮酒、体重指数、低密度脂蛋白胆固醇、甘油三酯、超敏 C 反应蛋白、静息卧位心率、空腹血糖、基线收缩压和血压测量次数。详细的结果见网络版附表 S1~S4。

Abbreviations: SBP-TTR, the time in the target range of systolic blood pressure; SD, standard deviation. Sensitivity analysis 1 was performed in the hypertensive population. Sensitivity analysis 2 was performed using SBP-TTR calculated from at least three blood-pressure measurements. Sensitivity analysis 3 was performed after excluding individuals with a history of myocardial infarction or heart failure. Sensitivity analysis 4 was performed without imputing missing covariate data. Sensitivity analysis 5 was performed with additional adjustment for antihypertensive medication use based on Model 3. The results of sensitivity analyses 1, 2, 3, and 4 were all derived from Model 3, which adjusted for age, sex, smoking, drinking, body mass index, low-density lipoprotein cholesterol, triglycerides, high-sensitivity C-reactive protein, resting lying heart rate, fasting blood glucose, baseline systolic blood pressure and the number of blood pressure measurements. Detailed results are presented in Supplementary Tables S1–S4 online.

表 7 SBP-TTR 与左心室增大关系的多因素泊松回归分析(敏感性分析, SBP-TTR 为 110~130 mmHg)

Table 7 Multivariate Poisson regression analysis of the relationship between SBP-TTR and left ventricular enlargement (sensitivity analysis, target range 110–130 mmHg)

敏感性分析 Sensitivity analysis	例数 <i>n</i>	自变量 Independent variable	左心室增大例数/总人数 Left ventricular enlargement, <i>n</i> / <i>N</i>	<i>B</i>	<i>SE</i>	Wald χ^2 值	<i>P</i> 值	<i>RR</i> (95% <i>CI</i>)	<i>P</i> _{trend} 值
1	17 183	SBP-TTR 分组 Group							
		0%~25%	2 123/13 111					1.00	
		>25%~50%	253/1 935	-0.007	0.069	0.110	0.916	0.99 (0.87~1.14)	
		>50%~75%	125/1 200	-0.219	0.095	5.393	0.020	0.80 (0.67~0.97)	
		>75%~100%	95/937	-0.268	0.109	5.989	0.014	0.77 (0.62~0.95)	0.003
		SBP-TTR + 1-SD		-0.070	0.024	8.230	0.004	0.93 (0.89~0.98)	
2	26 820	SBP-TTR 分组 Group							
		0%~25%	1 815/13 426					1.00	
		>25%~50%	421/4 713	-0.074	0.058	1.639	0.200	0.93 (0.83~1.04)	
		>50%~75%	310/4 141	-0.190	0.066	8.231	0.004	0.83 (0.73~0.94)	
		>75%~100%	315/4 540	-0.283	0.068	17.571	<0.001	0.75 (0.66~0.86)	<0.001
		SBP-TTR + 1-SD		-0.105	0.024	18.955	<0.001	0.90 (0.86~0.94)	
3	31 727	SBP-TTR 分组 Group							
		0%~25%	2 019/16 320					1.00	
		>25%~50%	418/5 010	-0.063	0.058	1.181	0.277	0.94 (0.84~1.05)	
		>50%~75%	334/4 501	-0.133	0.064	4.307	0.038	0.88 (0.77~0.99)	
		>75%~100%	392/5 896	-0.310	0.062	25.338	<0.001	0.73 (0.65~0.83)	<0.001
		SBP-TTR + 1-SD		-0.115	0.023	25.411	<0.001	0.89 (0.85~0.93)	
4	33 907	SBP-TTR 分组 Group							
		0%~25%	2 580/17 741					1.00	
		>25%~50%	513/5 287	-0.070	0.053	1.727	0.189	0.93 (0.84~1.03)	
		>50%~75%	396/4 727	-0.152	0.060	6.415	0.011	0.86 (0.76~0.97)	
		>75%~100%	459/6 152	-0.335	0.059	32.370	<0.001	0.72 (0.64~0.80)	<0.001
		SBP-TTR + 1-SD		-0.122	0.022	32.223	<0.001	0.89 (0.85~0.92)	
5	33 907	SBP-TTR 分组 Group							
		0%~25%	2 580/17 741					1.00	
		>25%~50%	513/5 287	-0.008	0.052	0.02	0.878	0.99 (0.90~1.10)	
		>50%~75%	396/4 727	-0.077	0.059	1.74	0.187	0.93 (0.82~1.04)	
		>75%~100%	459/6 152	-0.225	0.057	15.48	<0.001	0.80 (0.71~0.89)	<0.001
		SBP-TTR + 1-SD		-0.120	0.021	34.193	<0.001	0.89 (0.85~0.92)	

注: SBP-TTR 为收缩压目标范围内时间; SD 为标准差; P_{trend} 值为趋势 P 值。敏感性分析 1 为高血压人群; 敏感性分析 2 为使用至少三次血压值计算 SBP-TTR; 敏感性分析 3 为排除有心肌梗死和心力衰竭病史者; 敏感性分析 4 为未插补协变量数据; 敏感性分析 5 为在模型 3 的基础上进一步校正服用降压药。敏感性分析 1、2、3 和 4 结果均为模型 3 结果, 即校正了年龄、性别、吸烟、饮酒、体重指数、低密度脂蛋白胆固醇、甘油三酯、超敏 C 反应蛋白、静息卧位心率、空腹血糖、基线收缩压和血压测量次数。详细的结果见网络版附表 S1~S4。

Abbreviations: SBP-TTR, the time in the target range of systolic blood pressure; SD, standard deviation. Sensitivity analysis 1 was performed in the hypertensive population. Sensitivity analysis 2 was performed using SBP-TTR calculated from at least three blood-pressure measurements. Sensitivity analysis 3 was performed after excluding individuals with a history of myocardial infarction or heart failure. Sensitivity analysis 4 was performed without imputing missing covariate data. Sensitivity analysis 5 was performed with additional adjustment for antihypertensive medication use based on Model 3. The results of sensitivity analyses 1, 2, 3, and 4 were all derived from Model 3, which adjusted for age, sex, smoking, drinking, body mass index, low-density lipoprotein cholesterol, triglycerides, high-sensitivity C-reactive protein, resting lying heart rate, fasting blood glucose, baseline systolic blood pressure and the number of blood pressure measurements. Detailed results are presented in Supplementary Tables S1–S4 online.

尽管不同指南高血压诊断标准目标血压值存在一些差异, 如 2017 年 ACC/AHA 指南^[22]、2024 年中国高血压防治指南^[31]、2024 年欧洲心脏病学会血压升高和高血压管理指南^[32] 和 2025 年加拿大成人高血压诊断与治疗基层指南^[33], 但从趋势上看, 高血压诊断标准呈下降趋势。收缩压干预试验 (systolic blood pressure intervention trial, SPRINT) 和老年高血压患者血压干

预策略 (the strategy of blood pressure intervention in the elderly hypertensive patients, STEP) 研究也证实了强化降压的益处^[5, 29]。本研究结果也支持强化降压的益处。具体而言, 当以 120~140 mmHg 为收缩压靶目标时, SBP-TTR 每增加一个标准差, 左心室增大风险降低 4%, 而将靶目标血压降至 110~130 mmHg 时, SBP-TTR 每增加一个标准差, 左心室增大风险降低 11%。

高水平 SBP-TTR 降低左心室增大风险的机制仍未阐明,可能与持续低 SBP-TTR 可导致心肌纤维化和心脏血管结构受损等有关。血压升高使心脏前负荷和后负荷增加,心肌细胞代偿性地做功增加,长期刺激可引起心肌纤维化组织的积聚以及胶原蛋白和心肌细胞的重新排列,进而导致正常心脏结构受损(如左心室扩张等几何形态改变)^[34]。此外,血压波动增加同样可对心室造成刺激,血压反复波动使动脉壁的机械应力增加,导致动脉硬化^[35]、内皮功能障碍^[36]和炎症^[37],这些使心脏微血管进入病理状态,易引起心脏结构的改变^[38]。因此,SBP-TTR 同时评估了多次血压值和血压变异性,可作为未来预测左心室增大的有效指标。

局限性和优势:本研究有几个优势。首先,研究首次证实了在一般人群中 SBP-TTR 和左心室增大的负相关性,这表明在日常血压测量中获得 SBP-TTR 有助于识别高危人群,使其从早期干预中受益;其次,本研究具有人群规模大、血压测量标准化和随访时间相对较长的优势;最后,研究调整了许多协变量,以尽可能减少混杂因素的影响。本研究的临床意义:在血压管理中,长期维持高水平血压有助于预防心室结构改变,为未来使用血压评估方法和降压策略保护心脏结构提供了流行病学依据。然而,本研究也存在一些局限性。第一,本研究的参与者均为因就医而纳入研究的高风险患者,可能会产生选择偏倚,未来应在未筛选的人群中进行验证;第二,本数据来源于真实世界,可能存在测量误差,为减少误差,本研究的左心室内径数据为3次测量取均值获得,并且由两名具有5年以上工作经验的超声医师依据指南共同评估超声图像,并由第3位超声专科医师复查确认,结果良好;第三,本研究人群中男性占比大,可能给结果带来偏倚,研究结果有待在全国人群中进一步验证;第四,本研究未关注使用不同降压药的高血压患者的 SBP-TTR 对其左心室结构产生的影响是否不同,未来需进一步探究;第五,本研究主要关注收缩压控制质量,未对舒张压目标范围内时间及其与左心室结构的关系进行探讨,未来需开展相关研究,以全面评估血压管理对心脏靶器官的保护作用;第六,本研究进行了多组比较和多个敏感性分析,虽然结果稳健,但依然需要以慎重的态度解读结果;第七,本研究纳入人群未能排除基线左心室增大者,可能影响结果的准确性,但笔者认为即使没有排除基线左心室增大者,本结果仍具有重要研究意义;最后,本研究是一项观察性和探索性研究,无法确定 SBP-TTR 与左心室增大之间的因果关系。

结论: 本研究发现,长期维持高水平 SBP-TTR 可降低左心室增大风险,并推荐将收缩压大部分时间控制在 110~130 mmHg 范围内。高血压人群可能需要更严格控制 SBP-TTR。长程 SBP-TTR 可能是血压管理的有效指标,并可作为未来预测心脏结构健康的潜在依据。

利益冲突声明 本文无利益冲突

作者贡献声明 吴寿岭、刘阳、陈朔华提出研究思路 and 方案,并对论文修订提供重要指导;王思雨、王建姣、桂满负责数据的采集、整理、统计学分析和论文撰写工作;黄玮提供研究经费支持,承担全文的质量控制及审校工作,对文章整体负责

本主题国内外已有的结论

• 血压 TTR 考虑了血压随时间的变化以及目标范围,是一种新的评估血压控制情况的指标。国内外研究已经证实,血压 TTR 增加与高血压患者的全因死亡、不良心血管事件(缺血性心肌病、心绞痛、心力衰竭、心肌梗死、心源性死亡、脑卒中)和心房颤动风险降低有关。

本文特色与见解

• SBP-TTR 与左心室增大呈负向关联,且该关联可能在高血压人群中减轻。强效靶目标(收缩压 110~130 mmHg)时 SBP-TTR 对左心室结构的保护作用可能更强。

参考文献

- [1] Yildiz M, Oktay AA, Stewart MH, et al. Left ventricular hypertrophy and hypertension[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2020, 63(1): 10-21.
- [2] Vasan RS, Song RJ, Xanthakis V, et al. Hypertension-mediated organ damage: prevalence, correlates, and prognosis in the community[J]. Hypertension, 2022, 79(3): 505-515.
- [3] Bluemke DA, Kronmal RA, Lima JA, et al. The relationship of left ventricular mass and geometry to incident cardiovascular events: the MESA (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis) study[J]. J Am Coll Cardiol, 2008, 52(25): 2148-2155.
- [4] Stewart MH, Lavie CJ, Shah S, et al. Prognostic implications of left ventricular hypertrophy[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2018, 61(5/6): 446-455.
- [5] Soliman EZ, Ambrosius WT, Cushman WC, et al. Effect of intensive blood pressure lowering on left ventricular hypertrophy in patients with hypertension: SPRINT (systolic blood pressure intervention trial)[J]. Circulation, 2017, 136(5): 440-450.
- [6] Pierdomenico SD, Cuccurullo F. Risk reduction after regression of echocardiographic left ventricular hypertrophy in hypertension: a meta-analysis[J]. Am J Hypertens, 2010, 23(8): 876-881.
- [7] Blood Pressure Lowering Treatment Trialists' Collaboration. Pharmacological blood pressure lowering for primary and secondary prevention of cardiovascular disease across different levels of blood pressure: an individual participant-level data meta-analysis[J]. Lancet, 2021, 397(10285): 1625-1636.
- [8] Brown DW, Giles WH, Greenlund KJ. Blood pressure parameters and risk of fatal stroke, NHANES II mortality study[J]. Am J Hypertens, 2007, 20(3): 338-341.
- [9] Doumas M, Tsioufis C, Fletcher R, et al. Time in therapeutic range, as a determinant of all-cause mortality in patients with hypertension[J]. J

- Am Heart Assoc, 2017, 6(11): e007131.
- [10] Lin Z, Xiao Z, Chen W, et al. Association of long-term time in target range for systolic blood pressure with cardiovascular risk in the elderly: a Chinese veteran cohort study[J]. Eur J Prev Cardiol, 2023, 30(10): 969-977.
- [11] Fatani N, Dixon DL, Van Tassell BW, et al. Systolic blood pressure time in target range and cardiovascular outcomes in patients with hypertension[J]. J Am Coll Cardiol, 2021, 77(10): 1290-1299.
- [12] Wang J, Li W, Gui M, et al. The impact of time-in-target range for systolic blood pressure on left ventricular hypertrophy[J]. Am J Hypertens, 2025, 38(12): 1068-1075.
- [13] 帅文亮, 张航诚, 林子昕, 等. 血压目标范围内时间在临床应用中的研究进展[J]. 中华高血压杂志(中英文), 2025, 33(8): 709-713.
- [14] Wang C, Yuan Y, Zheng M, et al. Association of age of onset of hypertension with cardiovascular diseases and mortality[J]. J Am Coll Cardiol, 2020, 75(23): 2921-2930.
- [15] Wu S, Jin C, Li S, et al. Aging, arterial stiffness, and blood pressure association in Chinese adults[J]. Hypertension, 2019, 73(4): 893-899.
- [16] Zhou YF, Chen S, Wang G, et al. Effectiveness of a workplace-based, multicomponent hypertension management program in real-world practice: a propensity-matched analysis[J]. Hypertension, 2022, 79(1): 230-240.
- [17] Wu S, Huang Z, Yang X, et al. Prevalence of ideal cardiovascular health and its relationship with the 4-year cardiovascular events in a northern Chinese industrial city[J]. Circ Cardiovasc Qual Outcomes, 2012, 5(4): 487-493.
- [18] Wu Z, Jin C, Vaidya A, et al. Longitudinal patterns of blood pressure, incident cardiovascular events, and all-cause mortality in normotensive diabetic people[J]. Hypertension, 2016, 68(1): 71-77.
- [19] Sun ZJ, Wang JW, Chang DY, et al. Unstably controlled systolic blood pressure trajectories are associated with markers for kidney damage in prediabetic population: results from the INDEED cohort study[J]. J Transl Med, 2020, 18(1): 194.
- [20] Liu M, Xu X, Chen X, et al. Body weight time in target range and cardiovascular outcomes in adults with overweight/obesity and type 2 diabetes[J]. Eur J Prev Cardiol, 2023, 30(12): 1263-1271.
- [21] Mancia G, Kreutz R, Brunström M, et al. 2023 ESH guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA)[J]. J Hypertens, 2023, 41(12): 1874-2071.
- [22] 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]. Hypertension, 2018, 71(6): 1269-1324.
- [23] 中华医学会超声医学分会超声心动图学组. 中国成年人超声心动图检查测量指南[J]. 中华超声影像学杂志, 2016, 25(8): 645-666.
- [24] Kim HC, Ihm SH, Kim GH, et al. 2018 Korean Society of Hypertension guidelines for the management of hypertension: part I - epidemiology of hypertension[J]. Clin Hypertens, 2019, 25: 16.
- [25] Tian X, Zhang Y, Chen S, et al. Systolic blood pressure time in target range within 24 hours and incident heart failure: insights from the real-world setting[J]. Hypertens Res, 2025, 48(1): 223-232.
- [26] Park CH, Kim HW, Joo YS, et al. Findings from the KNOW-CKD study indicate that higher systolic blood pressure time in target range is associated with a lower risk of chronic kidney disease progression[J]. Kidney Int, 2024, 105(4): 835-843.
- [27] Li W, Liu Z, Zhao J, et al. Association of systolic blood pressure time in target range with carotid atherosclerotic plaque and carotid intima-media thickness in hypertensive patients[J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 17347.
- [28] Cuspidi C, Lonati L, Sampieri L, et al. Impact of blood pressure control on prevalence of left ventricular hypertrophy in treated hypertensive patients[J]. Cardiology, 2000, 93(3): 149-154.
- [29] Deng Y, Liu W, Yang X, et al. Intensive blood pressure lowering improves left ventricular hypertrophy in older patients with hypertension: the STEP trial[J]. Hypertension, 2023, 80(9): 1834-1842.
- [30] Lorell BH, Carabello BA. Left ventricular hypertrophy: pathogenesis, detection, and prognosis[J]. Circulation, 2000, 102(4): 470-479.
- [31] 中华医学会心血管病学分会, 海峡两岸医药卫生交流协会高血压专业委员会, 中国康复医学会心血管疾病预防与康复专业委员会. 中国高血压临床实践指南[J]. 中华心血管病杂志, 2024, 52(9): 985-1032.
- [32] Mcevoy JW, McCarthy CP, Bruno RM, et al. 2024 ESC guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension[J]. Eur Heart J, 2024, 45(38): 3912-4018.
- [33] Goupil R, Tsuyuki RT, Santesso N, et al. Hypertension Canada guideline for the diagnosis and treatment of hypertension in adults in primary care[J]. Can Fam Physician, 2025, 71(7/8): 467-482.
- [34] Nwabuo CC, Vasan RS. Pathophysiology of hypertensive heart disease: beyond left ventricular hypertrophy[J]. Curr Hypertens Rep, 2020, 22(2): 11.
- [35] Zhou TL, Henry R, Stehouwer C, et al. Blood pressure variability, arterial stiffness, and arterial remodeling[J]. Hypertension, 2018, 72(4): 1002-1010.
- [36] Angeli F, Reboli G, Verdecchia P. Blood pressure variability and risk of stroke in chronic kidney disease[J]. J Hypertens, 2020, 38(4): 599-602.
- [37] Kim KI, Lee JH, Chang HJ, et al. Association between blood pressure variability and inflammatory marker in hypertensive patients[J]. Circ J, 2008, 72(2): 293-298.
- [38] Wu S, Tian X, Xu Q, et al. Visit-to-visit blood pressure variability and the risk of cardiovascular disease: a prospective cohort analysis[J]. Hypertens Res, 2023, 46(12): 2622-2634.

收稿日期: 2025-07-19

修回日期: 2025-10-12

录用日期: 2025-11-07

责任编辑: 张刘锋