

## · 论著 ·

## 数字疗法用于中国成人高血压患者进行自我管理的评估

何霖云<sup>1</sup> 赵丽明<sup>2</sup> 刘凯<sup>3</sup>

(1. 成都市第一人民医院心内科, 四川 成都 610041; 2. 四川大学华西医院西藏成办分院心内科, 四川 成都 610041; 3. 四川大学华西医院心内科, 四川 成都 610041)

**【摘要】目的** 探讨数字疗法用于中国成人高血压患者自我管理的可行性及效果评估。**方法** 纳入 2021 年 5 月 1 日—12 月 31 日使用数字疗法进行自我管理的高血压患者进行回顾性分析。根据基线收缩压(SBP)值将受试者分为正常血压组(SBP < 130 mm Hg)、正常高值血压组(SBP 130 ~ 139 mm Hg)、1 级高血压组(SBP 140 ~ 159 mm Hg)和 2 级高血压组(SBP 160 ~ 179 mm Hg),采用混合效应模型分析血压管理效果。**结果** 队列共纳入 1 131 例,最终数据可用于分析者 514 例,年龄中位数(四分位间距)是 51 岁(42 ~ 60 岁)。正常血压组共 237 例(46.1%),正常高值血压组共 118 例(23.0%),1 级高血压组共 96 例(18.6%),2 级高血压组共 63 例(12.3%),各组受试者在 26 周时 SBP 降幅(均数标准误)分别为 2.9(0.9)、14.2(1.5)、25.9(2.1)、35.3(3.2) mm Hg。基线 SBP > 140 mm Hg 者共 159 例(30.9%),在 26 周时血压控制率为 87.4%。校正了年龄、性别、体重指数、腰围、吸烟、焦虑、高脂血症、糖尿病、冠心病、卒中、心房颤动、慢性心力衰竭、慢性肾脏病、动脉粥样硬化性心血管疾病风险和是否服用抗高血压药,数字疗法参与度更高与 SBP 降幅更大相关( $P < 0.001$ )。有 57 例患者在随访过程中出现血压异常升高(SBP  $\geq 160$  mm Hg),参与度更高与更少出现血压异常升高相关( $P < 0.001$ )。**结论** 使用数字疗法进行高血压自我管理可改善高血压的控制率,且能及时发现血压异常升高的情况并及时干预。

**【关键词】** 高血压;自我管理;数字疗法;控制率;参与度**【DOI】**10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2023.03.018

## Assessment of Digital Therapeutics-Based Self-Management in Chinese Hypertensive Patients

HE Jiyun<sup>1</sup>, ZHAO Liming<sup>2</sup>, LIU Kai<sup>3</sup>

(1. Department of Cardiology, Chengdu First People's Hospital, Chengdu 610041, Sichuan, China; 2. Department of Cardiology, Chengdu Office Hospital of Tibet Autonomous Region People's Government, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan; 3. Department of Cardiology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, Sichuan)

**【Abstract】Objective** To explore the feasibility and efficacy of digital therapeutics for self-management in Chinese adult hypertension patients. **Methods** A retrospective analysis was carried out on hypertension patients who used digital therapeutics for self-management from May 1 to December 31, 2021. Subjects were divided into normal blood pressure group (SBP < 130 mm Hg), high-normal blood pressure group (SBP 130 ~ 139 mm Hg), grade 1 hypertension group (SBP 140 ~ 159 mm Hg), and grade 2 hypertension group (SBP 160 ~ 179 mm Hg) according to the baseline SBP. A mixed model was used to analyze the effect of blood pressure management. **Results** A total of 1 131 subjects were included in the cohort, and the final data were available for analysis in 514 subjects with a median age (inter-quartile range, IQR) of 51 years (42 to 60 years). There are 237 patients (46.1%) in the normal blood pressure group, 118 patients (23.0%) in the high-normal blood pressure group, 96 patients (18.6%) in the grade 1 hypertension group, and 63 patients (12.3%) in the grade 2 hypertension group. The SBP decrease (standard error of mean) of each group at week 26 was 2.9 (0.9), 14.2 (1.5), 25.9 (2.1) and 35.3 (3.2) mm Hg, respectively. The blood pressure control rate in 159 (30.9%) subjects with baseline SBP > 140 mm Hg achieved 87.4% at 26 weeks. After adjusting for age, sex, body mass index, waist circumference, smoking, anxiety, hyperlipidemia, diabetes, coronary heart disease, stroke, atrial fibrillation, chronic heart failure, chronic kidney disease, atherosclerotic cardiovascular disease risk, and whether to take antihypertensive drugs, higher engagement of digital therapeutics was associated with a greater reduction in SBP ( $P < 0.001$ ). 57 patients were observed to have abnormally elevated blood pressure (SBP  $\geq 160$  mm Hg) during follow-up, and higher engagement was associated with fewer abnormally elevated blood

基金项目:四川省科技厅重点研发项目(2022YFS0356)

通信作者:刘凯, E-mail:37322581@qq.com

pressure ( $P < 0.001$ ). **Conclusion** Using digital therapeutics for self-management may help to improve the control rate of hypertension, and can timely detect and intervene the abnormal elevated blood pressure.

**【Key words】** Hypertension; Self-management; Digital therapeutics; Control rate; Engagement

《中国心血管健康与疾病报告 2021 概要》<sup>[1]</sup>显示中国成人高血压患者人数为 2.45 亿,正常高值血压人数为 4.35 亿,高血压的控制率为 16.8%。血压自我监测是一种较好的帮助控制血压的手段<sup>[2]</sup>。但既往研究<sup>[3]</sup>显示单纯的血压自我监测还不足以实现更好的降压,还需结合生活方式干预和适时咨询等。数字疗法是基于智能手机,由软件程序驱动,以循证医学为基础的干预方案,用以治疗、管理或预防疾病。用于高血压的数字疗法综合了血压自我监测以及生活方式干预等手段,可单独使用,也可与药物、医疗器械或其他疗法配合使用<sup>[4]</sup>。既往报道<sup>[5-8]</sup>显示智能手机能用于促进血压自我监测及辅助改善生活方式,且可帮助降低血压。但这些研究存在异质性,且在国内临床实践中还缺乏验证。本研究采用一款心血管慢病管理小程序进行高血压数字疗法干预,探讨在常规治疗基础上加用数字疗法的管理效果。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

纳入研究的对象为于 2021 年 5 月 1 日—12 月 31 日,在四川大学华西医院、成都市第一人民医院和四川大学华西医院西藏成都分院门诊就诊的高血压患者。纳入标准(全部满足):(1)年龄 $\geq 18$ 岁;(2)原发性高血压且已接受常规治疗;(3)收缩压(systolic blood pressure, SBP) $< 180$  mm Hg(1 mm Hg = 0.133 3 kPa);(4)有合格的上臂式电子血压计且能正确进行家庭血压监测;(5)自愿参加本研究,并签署知情同意书;(6)至少有任意 2 周的平均血压值。排除标准(满足其一):(1)继发性高血压;(2)不会使用智能手机。本研究已通过四川大学华西医院临床试验与生物医学伦理专委会审查。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 分组

根据基线血压值,分为正常血压组(SBP  $< 130$  mm Hg)、正常高值血压组(SBP 130 ~ 139 mm Hg)、1 级高血压组(SBP 140 ~ 159 mm Hg)和 2 级高血压组(SBP 160 ~ 179 mm Hg)<sup>[9]</sup>。观察过程中任何 SBP $\geq 160$  mm Hg 视为血压异常升高。根据受试者对小程序的使用频率划分参与度,分为 3 组:低参与度组、中参与度组和高参与度组。

#### 1.2.2 数据收集

血压的采集使用通过国际标准方案认证(ESH、

BHS 和 AAMI)的上臂式医用电子血压计(认证结果可在以下网站查询: <http://www.dablededucational.org> 和 <http://www.bhsoc.org/default.stm>),带物联网功能的血压计测量后可自动上传数据,不带物联网功能的血压计需手动录入血压值。小程序整合了血压自我监测、动脉粥样硬化性心血管疾病(atherosclerotic cardiovascular disease, ASCVD)风险评估、个体化目标值设定、用药提醒、自动化生活方式指导和适时医学咨询等为一体,并基于指南推荐的非药物干预措施及个体化特征进行自动化生活方式指导。数据收集通过自我报告的形式录入,包括人口学资料、患病情况和核心指标等。体育锻炼也以自我报告的形式进行反馈,定性记录每周有氧运动的情况(有氧运动 $\geq 5$ 次/周视为体育锻炼达标)。该小程序的内容设计参照了国内外权威心血管疾病指南<sup>[9-13]</sup>,具备易使用、易理解和人工智能的特点,见图 1。

计算不同随访时间点的血压值中位数来评估血压随时间变化的情况:记录的第一个血压值为第 1 周基线血压值,随后依次为第 2 周、第 4 周、第 6 周、第 12 周和第 26 周的血压值。ASCVD 风险评估采用《中国心血管病一级预防指南》<sup>[13]</sup>推荐的算法。

### 1.3 统计学方法

使用 R 4.1.1 进行统计分析和作图。使用 K-means 聚类分析划分参与度。分类变量组间比较采用 Fisher 确切概率法或卡方检验,连续变量组间比较采用方差分析或 Wilcoxon 检验。使用混合效应模型分析血压随时间变化的情况,参与度与血压降低、参与度与血压异常升高以及体重变化与血压降低之间的关系。使用中介效应分析评估体重、体育锻炼与血压降低之间有无介导关系。本研究无受试者层面的随机效果。对缺失值通过建模使用多重填补法进行迭代输入。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 基线特征与参与度

符合纳入标准的 514 例受试者中,年龄中位数[四分位数间距(inter-quartile range, IQR)]为 51 岁(42 ~ 60 岁),女性 193 例(37.5%),男性 321 例(62.5%),基线时 SBP 和舒张压(diastolic blood pressure, DBP)的中位数(IQR)分别为 127.2 mm Hg(119.4 ~ 136.2 mm Hg)和 81.1 mm Hg(75.3 ~ 88.0 mm Hg),各组的基线特征见表 1。参与度的聚类

分析见图 2。相较于年龄大于中位数的受试者,年龄小于中位数的受试者参与度更高( $P<0.001$ ),见表 2。



注:PWV,脉搏波传导速度;ABI,踝肱指数。

图1 数字疗法小程序界面截图

表1 受试者基线资料

项目	正常血压组 (n=237)	正常高值血压组 (n=118)	1级高血压组 (n=96)	2级高血压组 (n=63)	$F/\chi^2/W$ 值	P 值
年龄/岁	51.0(41.0~60.0)	52.5(44.2~60.0)	52.0(40.7~61.0)	56.5(49.0~60.2)	1.948	0.583
男性/[n(%)]	154(65.0)	70(59.3)	55(57.2)	42(66.7)	1.773	0.263
BMI/( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ )	25.7 $\pm$ 6.0	26.1 $\pm$ 4.0	28.6 $\pm$ 10.0	26.6 $\pm$ 5.6	4.638	0.003
腰围/cm	81.1 $\pm$ 20.8	92.3 $\pm$ 19.5	85.8 $\pm$ 27.2	84.7 $\pm$ 14.3	5.942	0.022
吸烟/[n(%)]	36(15.2)	16(13.6)	16(16.7)	9(14.3)	5.219	0.156
焦虑/[n(%)]	9(3.8)	13(11.0)	19(19.8)	16(25.4)	11.227	<0.001
高脂血症/[n(%)]	10(4.2)	23(19.5)	25(26.0)	25(39.7)	9.637	<0.001
糖尿病/[n(%)]	10(4.2)	11(9.3)	9(9.4)	7(11.1)	8.379	0.018
卒中/[n(%)]	3(1.3)	22(1.7)	7(7.3)	8(12.7)	—	0.033
心房颤动/[n(%)]	0(0)	0(0)	1(1.0)	0(0)	—	1.000
慢性心力衰竭/[n(%)]	1(0.4)	2(1.7)	4(4.2)	4(6.3)	—	0.604
慢性肾脏病/[n(%)]	0(0.0)	1(0.8)	2(2.0)	4(6.3)	—	0.129
ASCVD 风险/[n(%)]						
低危	177(74.7)	58(49.2)	50(52.1)	5(7.9)	10.117	<0.001
中危	36(15.2)	33(28.0)	28(29.2)	8(12.7)	6.437	0.352
高危	17(7.2)	24(20.3)	12(12.5)	50(79.4)	11.779	<0.001
极高危	7(3.0)	3(2.5)	6(6.2)	0(0.0)	5.837	0.318
冠心病/[n(%)]	35(14.8)	12(10.2)	13(13.5)	8(12.7)	5.785	0.123
SBP/mm Hg	121.6(114.2~125.7)	134.1(132.4~136.8)	146.3(141.5~150.6)	165.5(162.7~172.2)	111.223	<0.001
DBP/mm Hg	76.1(68.3~78.4)	84.6(79.4~88.9)	86.5(80.3~90.7)	98.3(91.8~104.4)	103.036	<0.001
服用抗高血压药/[n(%)]	229(96.6)	112(94.9)	91(94.8)	60(95.2)	1.984	0.723

注: BMI, 体重指数。

表 2 参与度与年龄的关系

组别	小程序使用周数/[中位数(IQR)]	每周使用次数/[中位数(IQR)]
年龄小于中位数( $n=322$ )	10(5~17)	4.8(3.6~6.3)
年龄大于中位数( $n=192$ )	5(2~15)	2.9(1.7~4.2)
W 值	16.736	10.372
P 值	<0.001	<0.001

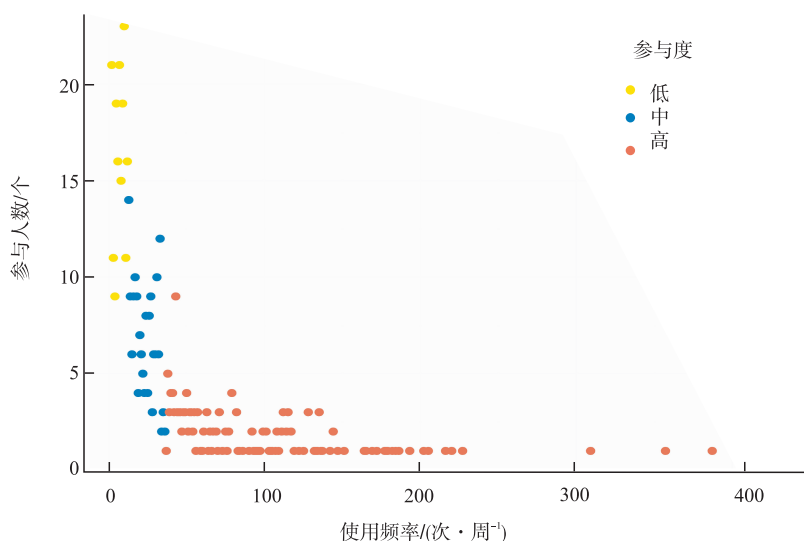


图 2 参与度聚类分析结果

## 2.2 血压随时间变化情况

各组血压随时间的变化情况见图 3。基线正常高值血压组共 118 例(23.0%),第 2 周有可用血压数据的人数有 93 例,其中 69 例(74.2%)SBP 开始降低;基线 1 级高血压组共 96 例(18.6%),第 2 周有可用血压数据的人数有 68 例,其中 61 例(89.7%)SBP 开始降低;基线 2 级高血压组共 63 例(12.3%),第 2 周有可用血压数据的人数有 42 例,其中 37 例(88.1%)SBP 开始降低;详见表 3。基线正常血压组共 237 例,整个随访期间始终 SBP < 130 mm Hg。与基线相比,正常高值血压组、1 级高血压组和 2 级高血压组的 SBP 均值[均数标准误(standard error of mean, SEM)]分别降低了 14.2(1.1)、25.9(1.7)、35.3(2.2) mm Hg。基线 SBP > 140 mm Hg 者共 159 例(30.9%);第 12 周时,SBP < 140 mm Hg 者共 102 例(64.2%);第 26 周时,SBP < 140 mm Hg 者共 139 例(87.4%)。敏感性分析纳入在第 1 周至少记录了 4 个血压值的受试者,并将血压值的均值按照基线分组标准分组后依然得到了类似的结果。

## 2.3 参与度与血压变化的关系

小程序每周使用频率见表 4。混合效应模型分析显示参与度越高则 SBP 越低,随着时间的推移,高参与度组的 SBP 低于中参与度组或低参与度组(高参与度组:127.2 mm Hg, 95% CI 120.5~138.8;中参与度组:129.8 mm Hg, 95% CI 118.2~139.2;低参与度组:

133.3 mm Hg, 95% CI 117.8~141.3)( $P < 0.01$ )。同样,参与度越高则 DBP 越低,随着时间的推移,高参与度组的 DBP 低于中参与度组或低参与度组(高参与度组:77.3 mm Hg, 95% CI 70.5~88.2;中参与度组:78.8 mm Hg, 95% CI 71.3~91.1;低参与度组:80.1 mm Hg, 95% CI 74.6~94.9)( $P < 0.01$ )。这些差异在校正了年龄、性别、体重指数(body mass index, BMI)、腰围、吸烟、焦虑、高脂血症、糖尿病、冠心病、卒中、心房颤动、慢性心力衰竭、慢性肾脏病、ASCVD 风险、是否服用抗高血压药后仍存在,见表 5。把参与度作为一个连续变量分析时,参与度每增加 1 个单位,SBP 降低 0.94 mm Hg(95% CI 0.83~1.06,  $P < 0.001$ ),DBP 降低 0.72 mm Hg(95% CI 0.66~0.80,  $P < 0.01$ )。

## 2.4 血压异常升高情况分析

分析随访期间 SBP < 160 mm Hg 之后的数据,发现有 57 例受试者出现了 145 次血压异常升高。与中参与度组(0.89%, 95% CI 0.76~0.94,  $P < 0.001$ )和高参与度组(0.66%, 95% CI 0.52~0.77,  $P < 0.001$ )相比,低参与度组出现血压异常升高的概率更大(2.75%, 95% CI 2.56~2.88)。在校正了年龄、性别、BMI、腰围、吸烟、焦虑、高脂血症、糖尿病、冠心病、卒中、心房颤动、慢性心力衰竭、慢性肾脏病、ASCVD 风险以及是否服用抗高血压药后,这个关联仍具有统计学意义。出现血压异常升高且在前后 30 d 内至少有 1 个血压值的情况共 136 次,这些受试者在血压异常

升高前 30 d 内 SBP 逐渐升高, 血压异常升高后 30 d 内 SBP 迅速下降, 见图 4。

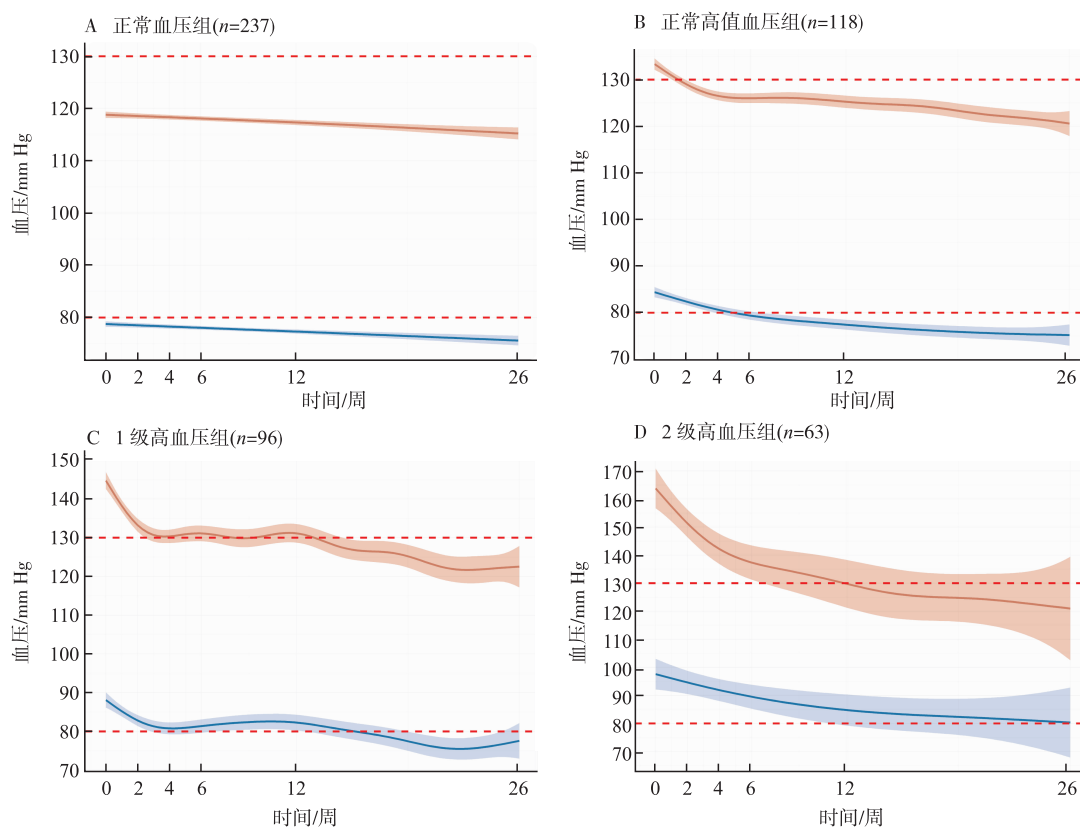


图 3 不同分组血压随时间的变化情况

表 3 各组在随访期间的血压降幅

时间	人数/ $n^*$	SBP 降低人数/ $[n(\%)]$	SBP 降幅均值 (SEM)/mm Hg	DBP 降幅均值 (SEM)/mm Hg
正常血压组				
第 2 周	209	106 (50.7)	-0.3 (0.7)	-1.0 (0.6)
第 4 周	164	96 (58.5)	-1.0 (0.7)	-1.5 (0.8)
第 6 周	127	73 (57.4)	-1.1 (0.7)	-1.9 (0.8)
第 12 周	76	42 (55.2)	-0.6 (0.9)	-2.8 (0.8)
第 26 周	31	19 (61.3)	-2.9 (1.0)	-1.5 (0.9)
正常高值血压组				
第 2 周	93	69 (74.2)	-5.8 (0.7)	-2.6 (0.8)
第 4 周	67	53 (79.1)	-8.1 (0.8)	-4.0 (0.8)
第 6 周	51	42 (82.3)	-9.2 (1.0)	-4.4 (0.9)
第 12 周	32	26 (81.2)	-10.2 (0.9)	-4.7 (1.0)
第 26 周	18	17 (94.4)	-14.2 (1.1)	-4.9 (0.9)
1 级高血压组				
第 2 周	68	61 (89.7)	-14.2 (0.9)	-8.1 (1.0)
第 4 周	51	46 (90.2)	-15.4 (1.0)	-8.4 (0.8)
第 6 周	40	38 (95.0)	-17.0 (1.1)	-9.7 (1.0)
第 12 周	27	23 (85.2)	-12.3 (1.5)	-8.5 (0.8)
第 26 周	12	11 (91.2)	-25.9 (1.7)	-12.1 (0.9)
2 级高血压组				
第 2 周	42	37 (88.1)	-14.0 (1.7)	-6.1 (0.9)
第 4 周	36	30 (83.3)	-21.8 (1.9)	-11.7 (0.7)
第 6 周	30	26 (86.7)	-25.3 (1.9)	-13.3 (0.8)
第 12 周	21	18 (85.7)	-32.1 (2.0)	-16.2 (0.8)
第 26 周	17	14 (82.4)	-35.3 (2.2)	-17.5 (1.0)

注: \* 表示随访时间点有可用血压数据的人数。

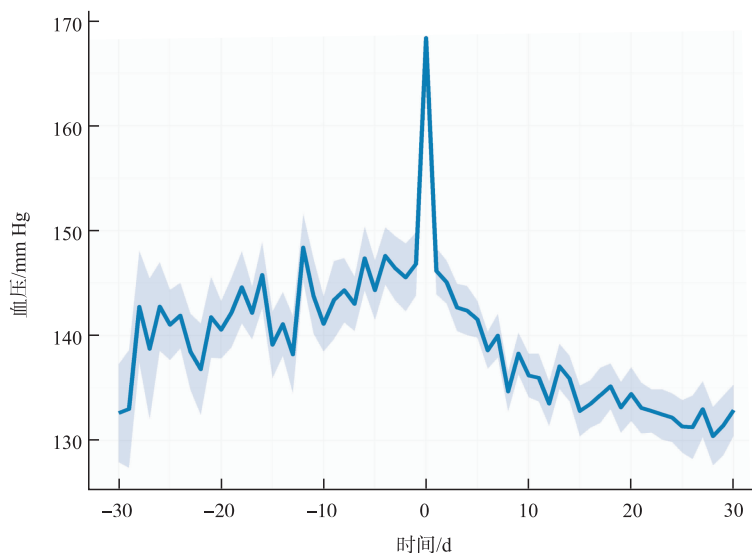
表 4 小程序使用情况

组别	小程序使用周数/[中位数(IQR)]	每周使用次数/[中位数(IQR)]
低参与度组( $n=181$ )	3(2~4)	2.3(1.5~3.0)
中参与度组( $n=162$ )	6(4~8)	3.5(2.7~4.8)
高参与度组( $n=171$ )	17(11~25)	5.1(4.2~6.0)
W 值	14.763	11.736
P 值	<0.001	<0.001

表 5 血压变化与参与度和时间之间的关系

组别	SBP 均值差 (95% CI)/mm Hg	校正后 SBP 均值差 (95% CI)/mm Hg	DBP 均值差 (95% CI)/mm Hg	校正后 DBP 均值差 (95% CI)/mm Hg
中参与度组 vs 低参与度组	2.4(2.1~2.6)	2.3(2.0~2.5)	1.2(0.8~1.5)	1.1(0.6~1.3)
高参与度组 vs 低参与度组	6.1(5.7~6.4)	6.1(5.8~6.6)	2.6(2.0~3.3)	2.5(2.2~2.7)
高参与度组 vs 中参与度组	2.6(2.0~3.2)	2.5(1.9~2.9)	1.5(1.5~2.3)	1.4(1.0~2.1)
时间模型系数*(95% CI)	16.5(14.4~17.7)	16.0(13.9~17.4)	9.8(8.1~11.2)	9.3(7.7~11.8)
P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

注:\*表示模拟以 mm Hg 为单位计算血压值变化,时间以周为单位。



注:蓝色实线为 SBP,阴影部分为 95% CI。

图 4 发生血压异常升高前后 30 d 内血压的变化情况

## 2.5 血压与 BMI 和体育锻炼之间的关系

252 例受试者记录了间隔超过 1 个月的体重数值。混合效应分析显示,BMI 每降低 1 个单位,SBP 降低 0.92 mm Hg (95% CI 0.26~2.48),DBP 降低 0.73 mm Hg (95% CI 0.13~1.55)。与正常体重或超重者相比,肥胖者的 SBP 和 DBP 下降幅度最大(交互  $P<0.001$ )。此外,参与度越高,BMI 降低越多( $P<0.01$ )。中介效应分析显示,BMI 部分介导了参与度与血压降低之间的关系(中介比例 21%, $P=0.035$ ),有氧运动 $\geq 5$ 次/周对于参与度与血压降低关系的中介效应显著(中介比例 44%, $P<0.01$ ),有氧运动 $<5$ 次/周对于参与度与血压降低关系的中介效应不显著(中介比例 16%, $P=0.382$ )。

## 3 讨论

在常规治疗的基础上加用数字疗法管理 26 周后,患者血压明显降低,且与参与度相关。以 SBP $<140$  mm Hg 为目标值,血压控制率为 87.4%,同时能监测预警血压异常升高的情况。体育锻炼及体重变化在一定程度上介导了参与度和降压之间的关系,这表明自动化的生活方式督导可能通过鼓励受试者进行体育锻炼和减重来实现降压。这有助于理解自动化生活方式指导与血压控制之间的潜在机制。

既往研究<sup>[5-8]</sup>发现智能手机用于血压自我管理 with 降压有显著的相关性。本研究显示数字疗法参与度与降压之间的关系与上述研究结果一致。据笔者所知,这是国内第一个报道高血压数字疗法应用经验的

研究,具有十分重要的临床意义。国内有一项通过微信进行高血压随访管理的小型研究<sup>[14]</sup>,但距离数字疗法还有一定差距,同时受限于样本量和统计效力,在血压控制方面无显著差异,仅在体育锻炼上有改善。当然,除体重变化与体育锻炼外,可能还有其他因素,如药物依从性、钠摄入、压力、情绪、气温和熬夜等,影响了参与度和血压之间的关系。这些因素也是本研究中数字疗法推荐并鼓励受试者去改善的。目前也缺乏血压异常值预警处理的研究证据,笔者的研究发现数字疗法可降低血压异常升高的风险,即使对参与度低的患者也同样适用。

高血压是一种非常常见的疾病,会导致严重的心血管不良结局。常规治疗策略无法实现理想的血压控制<sup>[1-2]</sup>。新的有效管理策略需求十分迫切。本研究表明,数字疗法可对常规疗法进行补充强化,明显提高了血压控制率,降低了血压异常升高的风险。此外,笔者发现参与度可作为评估数字疗法管理效果的一个良好指标。因此,数字疗法有望成为国内高血压患者的一种新的有效管理手段,未来也需开展前瞻性研究以进一步验证。

#### 参 考 文 献

- [1] 中国心血管健康与疾病报告编写组. 中国心血管健康与疾病报告 2021 概要[J]. 中国循环杂志, 2022, 37(6): 553-578.
- [2] 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: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 71(19): e127-e248.
- [3] Tucker KL, Sheppard JP, Stevens R, et al. Self-monitoring of blood pressure in hypertension: a systematic review and individual patient data meta-analysis [J]. *PLoS Med*, 2017, 14(9): e1002389.
- [4] Kario K, Harada N, Okura A. Digital therapeutics in hypertension: evidence and perspectives [J]. *Hypertension*, 2022, 79(10): 2148-2158.
- [5] Alessa T, Abdi S, Hawley MS, et al. Mobile apps to support the self-management of hypertension: systematic review of effectiveness, usability, and user satisfaction [J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2018, 6(7): e10723.
- [6] Lu X, Yang H, Xia X, et al. Interactive mobile health intervention and blood pressure management in adults [J]. *Hypertension*, 2019, 74(3): 697-704.
- [7] Liu K, Xie Z, Or CK. Effectiveness of mobile app-assisted self-care interventions for improving patient outcomes in type 2 diabetes and/or hypertension: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *JMIR Mhealth Uhealth*, 2020, 8(8): e15779.
- [8] Kaplan AL, Cohen ER, Zimlichman E. Improving patient engagement in self-measured blood pressure monitoring using a mobile health technology [J]. *Health Inf Sci Syst*, 2017, 5(1): 4.
- [9] Unger T, Borghi C, Charchar F, et al. 2020 International Society of Hypertension global hypertension practice guidelines [J]. *J Hypertens*, 2020, 38(6): 982-1004.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 中国高血压联盟《家庭血压监测指南》委员会. 2019 中国家庭血压监测指南 [J]. 中华高血压杂志, 2019, 27(8): 708-711.
- [13] 中华医学会心血管病学分会, 中国康复医学会心脏预防与康复专业委员会, 中国老年学和老年医学会心脏专业委员会, 等. 中国心血管病一级预防指南 [J]. 中华心血管病杂志, 2020, 48(12): 1000-1038.
- [14] 张洁, 马青, 李蓉琼, 等. 手机微信软件在原发性高血压患者出院随访中的应用 [J]. 华西医学, 2017, 32(1): 42-45.

收稿日期: 2022-09-13