

# 我国成年人年龄对体质指数与高血压发病风险的修饰效应

张冬冬 刘雪娇 王炳源 任永成 赵阳 刘飞燕 刘德臣 程诚 陈序 刘磊磊  
周琼桂 徐琦煊 熊一涵 刘佳立 游子扬 张明 胡东生

450001 郑州大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系(张冬冬、刘雪娇、王炳源、任永成、赵阳、刘德臣、程诚、陈序、刘磊磊、胡东生); 518060 深圳大学医学部预防医学系(刘飞燕、周琼桂、张明), 临床医学系(徐琦煊、熊一涵、刘佳立、游子扬)

通信作者: 胡东生, Email: hud@szu.edu.cn

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2018.06.014

**【摘要】** 目的 探讨中国成年人年龄对BMI与高血压发病风险的影响。方法 采用整群随机抽样方法, 选择河南省新安县 $\geq 18$ 岁20 194名农村常住居民为研究对象, 于2007—2008年开展基线调查, 2013—2014年随访。采用logistic回归模型分析基线BMI、年龄别BMI与高血压发病风险的关系。结果 共纳入9 768名研究对象, 在6年随访期内, 发生高血压1 950例, 其中男性784例, 女性1 166例, 相应的累积发病率分别为19.96%、20.51%和19.61%。以BMI $< 22$  kg/m<sup>2</sup>组为参照, 基线BMI为22~、24~、26~、 $\geq 28$  kg/m<sup>2</sup>的研究对象发生高血压的RR值(95%CI)分别为1.09(0.93~1.27)、1.17(1.01~1.37)、1.34(1.14~1.58)和1.31(1.09~1.56)。青中年人群随着BMI的升高, 高血压发病风险呈逐渐上升趋势( $P < 0.05$ ); 老年人群随着BMI的增加, 高血压发病风险则无显著变化趋势( $P > 0.05$ )。结论 BMI与高血压发病风险的关联受到年龄因素修饰的影响, 在青中年人群中干预BMI可更有效降低高血压发病风险。

**【关键词】** 体质指数; 高血压; 年龄; 修饰效应; 队列研究

基金项目: 国家自然科学基金(81373074, 81402752, 81673260)

**Age-related modification effect on the association between body mass index and the risk of hypertension: A Cohort Study on Chinese people living in the rural areas** Zhang Dongdong, Liu Xuejiao, Wang Bingyuan, Ren Yongcheng, Zhao Yang, Liu Feiyan, Liu Dechen, Cheng Cheng, Chen Xu, Liu Leilei, Zhou Qionggui, Xu Qihuan, Xiong Yihan, Liu Jiali, You Ziyang, Zhang Ming, Hu Dongsheng  
Department of Epidemiology and Health Statistics, College of Public Health, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China (Zhang DD, Liu XJ, Wang BY, Ren YC, Zhao Y, Liu DC, Cheng C, Chen X, Liu LL, Hu DS); Department of Preventive Medicine (Liu FY, Zhou QG, Zhang M), Department of Clinical Medicine (Xu QH, Xiong YH, Liu JL, You ZY), Shenzhen University Health Sciences Center, Shenzhen 518060, China

Corresponding author: Hu Dongsheng, Email: hud@szu.edu.cn

**【Abstract】 Objective** To study the modification effect of age on the association between body mass index and the risk of hypertension. **Methods** People age  $\geq 18$  years old were selected by clusters, from a rural area of Henan province. In total, 20 194 people were recruited at baseline during 2007 and 2008, and the follow-up study was completed from 2013 to 2014. Logistic regression model was used to assess the risk of incident hypertension by baseline BMI and age-specific BMI. **Results** During the 6-year follow-up period, 1 950 hypertensive persons were detected, including 784 men and 1 166 women, with cumulative incidence rates as 19.96%, 20.51%, and 19.61%, respectively. Compared with those whose BMI $< 22$  kg/m<sup>2</sup>, the RRs of hypertension were 1.09 (0.93–1.27), 1.17 (1.01–1.37), 1.34 (1.14–1.58) and 1.31 (1.09–1.56) for participants with BMI as 22–, 24–, 26– and  $\geq 28$  kg/m<sup>2</sup>, respectively. In young and middle-aged populations, the risk of hypertension gradually increased with the rise of BMI (trend  $P < 0.05$ ). However, in the elderly, the increasing trend on the risk of hypertension risk was not as significantly obvious (trend  $P > 0.05$ ). **Conclusion** The effect of BMI on the incidence of hypertension seemed to depend on age. Our findings suggested that a weight reduction program would be more effective on young or middle-aged populations, to prevent the

development of hypertension.

**【Key words】** Body mass index; Hypertension; Age; Modification; Cohort

**Fund programs:** National Natural Science Foundation of China (81373074, 81402752, 81673260)

高血压已成为影响全球疾病负担最主要的疾病<sup>[1]</sup>。研究表明,有效控制肥胖有助于预防高血压及心脑血管疾病的发生<sup>[2-4]</sup>。BMI是目前衡量肥胖的常用指标。然而在不同年龄组人群之间BMI对高血压发生风险的影响是否存在差异还存在争议<sup>[4-6]</sup>。为此本研究基于河南省农村队列人群数据,探讨年龄对BMI和高血压发病风险的修饰效应。

## 对象与方法

1. 研究对象:2007年7—8月和2008年7—8月选择河南省新安县磁涧镇和铁门镇作为研究现场,以自然村为单位,采用整群随机抽样方法,抽取具体的研究村庄,其中排除患严重残障、精神障碍、阿尔茨海默症、老年痴呆、肺结核、艾滋病或其他感染性疾病的人员后,所有 $\geq 18$ 周岁的农村常住居民即为本研究的目标人群,共计20 194人完成问卷调查、体格检查、FPG及脂质谱检测,2013年7—8月和2014年7—10月随访调查17 265人(随访率为85.5%)。排除基线高血压患者5 572人,BMI值缺失或BMI $< 18.5$  kg/m<sup>2</sup>者366人,心肌梗死者100人,中风144人,随访期间死亡468人,无法判定随访时是否患高血压847人,最终9 768人纳入研究。本研究通过郑州大学生命科学伦理审查委员会批准,研究对象均阅读并签署知情同意书。

2. 资料收集:问卷调查包括人口统计学特征、行为危险因素、体力活动、个人疾病史及用药史等信息。按常规方法测量身高和体重,重复测量2次,取均值,读数分别精确到0.5 cm和0.5 kg,并计算BMI(kg/m<sup>2</sup>)。使用电子血压计(欧姆龙HEM-770 AFuzzy)测量血压,重复测量3次,取均值<sup>[7]</sup>。FPG及血脂(TC、TG、HDL-C)测量均采用日立7060全自动生化分析仪。LDL-C水平用Friedewald公式(LDL-C=TC-HDL-C-TG/2.2)计算<sup>[8]</sup>。所有调查人员均接受培训并考核合格。

3. 定义及标准:高血压定义依据《中国高血压防治指南 2010》,即SBP $\geq 140$  mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)和(或)DBP $\geq 90$  mmHg,和/或2周内服用降压药物<sup>[9]</sup>。吸烟定义为研究对象一生至少吸过100支香烟;饮酒定义为过去12个月中,曾饮任何种类的酒(啤酒、白酒、葡萄酒、米酒或黄酒) $> 12$ 次;体力活动包括重度体力活动(从事人力搬运、建筑、

种地等活动)、中度体力活动(如货车驾驶、电工等活动)和轻度体力活动(静坐型或站立型工作)。

4. 统计学分析:采用Microsoft Access软件建立数据库,利用SAS 9.13软件进行统计学分析。连续变量经正态性检验均为非正态分布,采用中位数与四分位数间距描述,组间比较采用Kruskal-Wallis H秩和检验;分类变量组间比较采用 $\chi^2$ 检验。研究对象分为青年( $< 40$ 岁)、中年(40~岁)和老年( $\geq 60$ 岁)<sup>[10]</sup>;按照BMI值分成5组( $< 22$ 、22~、24~、26~、 $\geq 28$  kg/m<sup>2</sup>)<sup>[6]</sup>。采用累积发病率(cumulative incidence rate, CIR)表示各组人群的高血压发病情况。由于缺失高血压的发病时间,故采用logistic回归模型分析基线BMI、年龄别BMI与高血压发病风险的关系,分别计算OR值和95%CI,采用转换公式将OR值转换为RR值,即 $RR = OR / [(1 - P_0) + (P_0 \times OR)]$ ,其中 $P_0$ 为参照组发病率<sup>[11]</sup>,并作趋势性检验。采用似然比检验法检验年龄与BMI的交互作用对高血压发病风险的影响。检验水准为双侧 $\alpha = 0.05$ 。

## 结 果

1. 基线特征:9 768名研究对象中,男性3 822人,女性5 946人。不同BMI组的性别、婚姻状况、吸烟、体力活动、高血压家族史、BMI、SBP、DBP、FPG、TC、TG、HDL-C、LDL-C的差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),但是年龄、文化程度和饮酒的差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表1。

2. 高血压CIR及发病风险:随访期内共发生高血压1 950例,其中男性784例,女性1 166例。6年高血压CIR为19.96%,其中男性为20.51%,女性为19.61%,两者差异无统计学意义( $\chi^2 = 1.19, P = 0.276$ )。使用2010年全国人口普查数据进行年龄标化,6年总人口高血压CIR为17.34%。以BMI $< 22$  kg/m<sup>2</sup>组为参照,采用logistic回归分析22~、24~、26~、 $\geq 28$  kg/m<sup>2</sup>组显示,调整性别、年龄、婚姻状况、文化程度、吸烟、饮酒、体力活动、高血压家族史以及基线SBP、DBP、FPG、TC、TG、HDL-C、LDL-C后,高血压发病风险RR值(95%CI)分别为1.09(0.93~1.27)、1.17(1.01~1.37)、1.34(1.14~1.58)和1.31(1.09~1.56),发病风险呈显著上升趋势( $\chi^2 = 13.62, P < 0.01$ )。无论性别,高血压发病风

险也随BMI值的升高呈上升趋势(男性: $\chi^2=5.04$ ,  $P=0.025$ ;女性: $\chi^2=8.68$ ,  $P=0.003$ ),见表2。

3. 年龄对BMI与高血压发病风险的修饰效应:

将研究对象按照基线BMI和年龄分为15个亚组,以青年人群(<40岁)BMI<22 kg/m<sup>2</sup>组为参照,logistic回归分析显示,青年人群随着BMI水平的提高,高

表1 研究对象基线特征

| 特 征                     | BMI(kg/m <sup>2</sup> )分组 |                    |                    |                    |                    | P 值   |
|-------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                         | <22                       | 22~                | 24~                | 26~                | ≥28                |       |
| 男性                      | 1 357(46.58)              | 959(40.95)         | 786(37.68)         | 23(31.29)          | 297(27.63)         | <0.01 |
| 年龄(岁)                   | 48(38~58)                 | 48(39~57)          | 48(41~56)          | 46(40~55)          | 46(40~55)          | 0.132 |
| 婚姻状况                    |                           |                    |                    |                    |                    | <0.01 |
| 结婚/同居                   | 2 621(90.04)              | 2 190(93.51)       | 1 957(93.91)       | 1 295(95.78)       | 1 029(95.72)       |       |
| 丧偶/离婚/分居                | 172(5.91)                 | 118(5.04)          | 103(4.94)          | 47(3.48)           | 35(3.26)           |       |
| 未婚                      | 118(4.05)                 | 34(1.45)           | 24(1.15)           | 10(0.74)           | 11(1.02)           |       |
| 高中及以上文化程度               | 320(10.99)                | 281(12.00)         | 226(10.83)         | 144(10.65)         | 106(9.86)          | 0.403 |
| 吸烟                      | 1 019(34.98)              | 668(28.52)         | 570(27.33)         | 282(20.86)         | 203(18.88)         | <0.01 |
| 饮酒                      | 379(13.01)                | 285(12.17)         | 281(13.47)         | 159(11.76)         | 140(13.02)         | 0.537 |
| 体力活动                    |                           |                    |                    |                    |                    | <0.01 |
| 轻度                      | 1 569(53.86)              | 1 271(54.27)       | 1 105(52.97)       | 697(51.55)         | 468(43.53)         |       |
| 中度                      | 605(20.77)                | 498(21.26)         | 439(21.05)         | 307(22.71)         | 284(26.42)         |       |
| 重度                      | 739(25.37)                | 573(24.47)         | 542(25.98)         | 348(25.74)         | 323(30.05)         |       |
| 高血压家族史                  | 764(30.65)                | 708(34.55)         | 651(35.59)         | 429(35.75)         | 340(35.90)         | 0.001 |
| BMI(kg/m <sup>2</sup> ) | 20.66(19.83~21.35)        | 23.00(22.52~23.49) | 24.89(24.44~25.43) | 26.87(26.43~27.35) | 29.55(28.67~30.85) | <0.01 |
| SBP(mmHg)               | 113.0(105.0~121.7)        | 115.7(107.3~124.0) | 117.7(110.0~125.3) | 118.0(110.3~126.7) | 119.7(111.7~127.0) | <0.01 |
| DBP(mmHg)               | 71.0(66.0~76.0)           | 73.0(68.0~78.3)    | 75.0(70.0~80.0)    | 76.3(71.7~81.7)    | 78.3(73.0~82.7)    | <0.01 |
| FPG(mmol/L)             | 5.17(4.85~5.53)           | 5.24(4.93~5.61)    | 5.37(5.02~5.78)    | 5.41(5.09~5.86)    | 5.54(5.16~6.05)    | <0.01 |
| TC(mmol/L)              | 4.10(3.60~4.70)           | 4.24(3.71~4.88)    | 4.37(3.84~5.04)    | 4.52(3.93~5.13)    | 4.53(4.02~5.14)    | <0.01 |
| TG(mmol/L)              | 1.08(0.80~1.45)           | 1.24(0.89~1.75)    | 1.44(1.02~2.02)    | 1.57(1.09~2.36)    | 1.69(1.21~2.43)    | <0.01 |
| HDL-C(mmol/L)           | 1.19(1.03~1.38)           | 1.16(1.00~1.33)    | 1.11(0.97~1.29)    | 1.09(0.95~1.27)    | 1.07(0.94~1.24)    | <0.01 |
| LDL-C(mmol/L)           | 2.40(1.90~2.08)           | 2.40(2.00~2.90)    | 2.50(2.10~3.00)    | 2.60(2.10~3.10)    | 2.60(2.10~3.05)    | <0.01 |

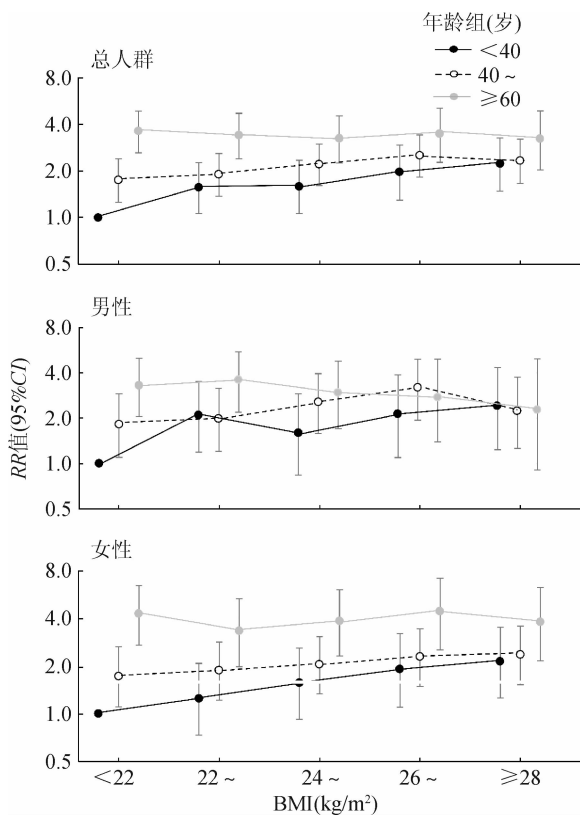
注:连续型变量经正态性检验均为非正态分布,采用M(P<sub>25</sub>~P<sub>75</sub>)描述,组间比较采用秩和检验;分类变量采用人数(百分比,%)描述,组间比较采用 $\chi^2$ 检验

表2 不同BMI组别的高血压发病风险

| BMI 分组 (kg/m <sup>2</sup> ) | 病例数   | 总人数   | CIR (%、95%CI)      | 模型1 RR值(95%CI)  | 模型2 RR值(95%CI)  | 模型3 RR值(95%CI)  | 趋势检验 P 值 |
|-----------------------------|-------|-------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|
| 总人口                         |       |       |                    |                 |                 |                 |          |
| 合计                          | 1 950 | 9 768 | 19.96(19.17~20.76) |                 |                 |                 | <0.010   |
| <22                         | 414   | 2 913 | 14.21(12.94~15.48) | 1.00            | 1.00            | 1.00            |          |
| 22~                         | 435   | 2 342 | 18.57(17.00~20.15) | 1.34(1.18~1.51) | 1.30(1.13~1.48) | 1.09(0.93~1.27) |          |
| 24~                         | 457   | 2 086 | 21.91(20.13~23.68) | 1.58(1.40~1.77) | 1.62(1.42~1.83) | 1.17(1.01~1.37) |          |
| 26~                         | 345   | 1 352 | 25.52(23.19~27.84) | 1.89(1.67~2.12) | 1.92(1.68~2.18) | 1.34(1.14~1.58) |          |
| ≥28                         | 299   | 1 075 | 27.81(25.14~30.49) | 2.10(1.85~2.36) | 2.15(1.88~2.44) | 1.31(1.09~1.56) |          |
| 男性                          |       |       |                    |                 |                 |                 |          |
| 合计                          | 784   | 3 822 | 20.51(19.23~21.79) |                 |                 |                 | 0.025    |
| <22                         | 195   | 1 357 | 14.37(12.50~16.24) | 1.00            | 1.00            | 1.00            |          |
| 22~                         | 203   | 959   | 21.17(18.58~23.75) | 1.51(1.27~1.79) | 1.41(1.15~1.71) | 1.19(0.95~1.48) |          |
| 24~                         | 184   | 786   | 23.41(20.45~26.37) | 1.69(1.41~1.99) | 1.72(1.42~2.06) | 1.24(0.98~1.55) |          |
| 26~                         | 120   | 423   | 28.37(24.07~32.66) | 2.09(1.73~2.50) | 2.19(1.78~2.65) | 1.48(1.13~1.91) |          |
| ≥28                         | 82    | 297   | 27.61(22.52~32.69) | 2.17(1.74~2.64) | 2.13(1.68~2.65) | 1.24(0.89~1.68) |          |
| 女性                          |       |       |                    |                 |                 |                 |          |
| 合计                          | 1 166 | 5 946 | 19.61(18.60~20.62) |                 |                 |                 | 0.003    |
| <22                         | 219   | 1 556 | 14.07(12.35~15.80) | 1.00            | 1.00            | 1.00            |          |
| 22~                         | 232   | 1 383 | 16.78(14.81~18.74) | 1.19(1.00~1.41) | 1.18(0.98~1.42) | 1.01(0.81~1.24) |          |
| 24~                         | 273   | 1 300 | 21.00(18.79~23.21) | 1.47(1.25~1.72) | 1.51(1.26~1.78) | 1.13(0.92~1.38) |          |
| 26~                         | 225   | 929   | 24.22(21.46~26.97) | 1.73(1.47~2.02) | 1.73(1.45~2.05) | 1.27(1.02~1.56) |          |
| ≥28                         | 217   | 778   | 27.89(24.74~31.04) | 1.98(1.69~2.31) | 2.07(1.74~2.43) | 1.31(1.04~1.62) |          |

注:模型1调整性别、年龄;模型2调整模型1中的变量加上婚姻状况、文化程度、吸烟、饮酒、体力活动、高血压家族史;模型3调整模型2中的变量加上基线SBP、DBP、FPG、TC、TG、HDL-C、LDL-C

血压发病风险逐渐上升(总人群:  $\chi^2=8.06, P=0.005$ ; 男性:  $\chi^2=4.39, P=0.036$ ; 女性:  $\chi^2=3.84, P=0.050$ ); 中年人群(40~岁)随着BMI水平的升高, 高血压发病风险也呈上升趋势(总人群:  $\chi^2=8.61, P=0.003$ ; 男性:  $\chi^2=4.11, P=0.043$ ; 女性:  $\chi^2=4.67, P=0.031$ ); 而老年人群( $\geq 60$ 岁)随着BMI水平增加, 高血压发病风险的变化趋势不显著(总人群:  $\chi^2=0.15, P=0.696$ ; 男性:  $\chi^2=0.38, P=0.536$ ; 女性:  $\chi^2=0.72, P=0.397$ )。经似然比检验, 年龄和BMI间存在交互作用(总人群:  $P<0.01$ ; 男性:  $P=0.002$ ; 女性:  $P<0.01$ ), 见图1。



注:RR值调整了年龄、性别、婚姻状况、文化程度、吸烟、饮酒、体力活动、高血压家族史及基线SBP、DBP、FPG、TC、TG、HDL-C、LDL-C

图1 年龄对BMI与高血压发病风险的修饰效应

### 讨论

本研究结果显示高血压在全人群中的年龄标化累积发病率达17.34%, 即平均年高血压发病率为2.89%。2009年中国居民健康与营养调查(CHNS)数据显示的高血压年平均发病率为3.98%<sup>[12]</sup>。从全国范围看, 近年来不同调查呈现的高血压发病率呈升高趋势<sup>[13]</sup>。本研究人群均为农村居民, 其慢性病发病风险低于一般人群<sup>[14]</sup>。因此本研究人群的高血

压发病率低于包括城市居民为研究人群的全国平均水平。

BMI是高血压发病的独立危险因素。2008年辽宁省农村人群高血压发病调查发现, 相对于BMI<25 kg/m<sup>2</sup>的人群, BMI $\geq$ 25 kg/m<sup>2</sup>的男性、女性人群发生高血压的HR值(95%CI)分别是1.28(1.17~1.40)和1.12(0.94~1.32)<sup>[15]</sup>。2015年深圳、珠海地区的一项横断面研究显示, 以体重正常组为参照, 超重和肥胖人群患高血压风险的OR值(95%CI)分别为1.77(1.53~2.05)和3.23(2.62~4.13)<sup>[16]</sup>。本研究与上述结果类似。

本研究进一步探讨了不同年龄组BMI水平与高血压发病风险的关系。结果显示中青年人群高血压发病风险随着BMI水平增长而逐渐增加, 同国内外报道相似<sup>[4-5, 17]</sup>。而老年人群随着BMI水平升高, 高血压发病风险变化趋势不显著, 表明BMI对高血压发病的影响在中青年和老年人群具有差异, 提示老年人群超重/肥胖不是高血压发病的决定性因素, 可能由于超重/肥胖老年人群接受较多治疗导致心血管疾病危险因素下降<sup>[18]</sup>。本研究与先前研究结果一致, 即BMI对高血压发病风险的影响依赖于年龄, 即在中青年人群的效应强于老年人群<sup>[4, 19]</sup>。

老年人是否可以通过BMI干预来降低高血压的发病风险还存在争议。意大利一项研究表明, 随着老年人群BMI的增加, 高血压的发病风险逐渐降低<sup>[10]</sup>。也有多项研究发现, 老年人减轻体重会加速肌肉损失, 影响骨骼肌质量, 不利于身体健康<sup>[20-21]</sup>。与此相反, 我国一项长达22年的随访研究显示, 高血压发病风险随着年龄和BMI水平的增加呈升高趋势, 年龄 $\geq 65$ 岁且26 kg/m<sup>2</sup> $\leq$ BMI<28 kg/m<sup>2</sup>的人群发生高血压的风险最高, 是18~34岁且BMI<22 kg/m<sup>2</sup>人群组的19.2倍<sup>[6]</sup>。一项长达18个月的干预试验结果也表明, 老年人群通过体育锻炼减轻体重有利于改善多种心血管代谢指标, 其中包括降低DBP水平<sup>[22]</sup>。鉴于此, 针对肥胖老年人是否应进行减肥干预, 建议应结合其体重变化及疾病史, 在个体化的基础上综合考虑。

综上所述, BMI与高血压发病风险的关联受到年龄因素的修饰影响。中青年人群BMI水平的增长可增加高血压的发病风险, 而老年人群BMI水平增加造成的高血压发病风险变化趋势不显著。因此, 相对于老年人群, 在中青年人群通过干预BMI以降低高血压发病风险将更为有效。

利益冲突 无

## 参 考 文 献

- [1] Lim SS, Vos T, Flaxman AD, et al. A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: A systematic analysis for the global burden of disease study 2010 [J]. *Lancet*, 2012, 380 (9859) : 2224–2260. DOI: 10.1016/s0140-6736(12)61766-8.
- [2] Poulter NR, Prabhakaran D, Caulfield M. Hypertension [J]. *Lancet*, 2015, 386 (9995) : 801–812. DOI: 10.1016/s0140-6736(14)61468-9.
- [3] Zaccardi F, Dhalwani NN, Papamargaritis D, et al. Nonlinear association of bmi with all-cause and cardiovascular mortality in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of 414 587 participants in prospective studies [J]. *Diabetologia*, 2017, 60(2):240–248. DOI: 10.1007/s00125-016-4162-6.
- [4] Zhang M, Zhao Y, Sun HH, et al. Effect of dynamic change in body mass index on the risk of hypertension: Results from the rural Chinese cohort study [J]. *Int J Cardiol*, 2017, 238: 117–122. DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.03.025.
- [5] Shihab HM, Meoni LA, Chu AY, et al. Body mass index and risk of incident hypertension over the life course: The Johns Hopkins Precursors Study [J]. *Circulation*, 2012, 126 (25) : 2983–2989. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.117333.
- [6] Qi SF, Zhang B, Wang HJ, et al. Joint effects of age and body mass index on the incidence of hypertension subtypes in the China health and nutrition survey: A cohort study over 22 years [J]. *Prev Med*, 2016, 89: 23–30. DOI: 10.1016/j.ypmed.2016.05.004.
- [7] Perloff D, Grim C, Flack J, et al. Human blood pressure determination by sphygmomanometry [J]. *Circulation*, 1993, 88 (5):2460–2470. DOI: 10.1161/01.CIR.88.5.2460.
- [8] Cantin B, Lamarche B, Després JP, et al. Does correction of the friedewald formula using lipoprotein (a) change our estimation of ischemic heart disease risk? The Quebec Cardiovascular Study [J]. *Atherosclerosis*, 2002, 163 (2) : 261–267. DOI: 10.1016/S0021-9150(02)00034-5.
- [9] 中国高血压防治指南修订委员会. 中国高血压防治指南2010 [J]. *中华心血管病杂志*, 2011, 39(7):579–616. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2011.07.002.
- Group of 2010 Chinese Guidelines for Management of Hypertension. 2010 Chinese guidelines for management of hypertension [J]. *Chin J Cardiol*, 2011, 39 (7) : 579–616. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2011.07.002.
- [10] Pikilidou MI, Scuteri A, Morrell C, et al. The burden of obesity on blood pressure is reduced in older persons: The Sardinia Study [J]. *Obesity*, 2013, 21(1):E10–13. DOI: 10.1002/oby.20010.
- [11] Zhang J, Yu KF. What's the relative risk? A method of correcting the odds ratio in cohort studies of common outcomes [J]. *JAMA*, 1998, 280(19) : 1690–1691. DOI: 10.1001/jama.280.19.1690.
- [12] Niu J, Seo DC. Central obesity and hypertension in Chinese adults: A 12-year longitudinal examination [J]. *Prev Med*, 2014, 62: 113–118. DOI: 10.1016/j.ypmed.2014.02.012.
- [13] Liang Y, Liu R, Du S, et al. Trends in incidence of hypertension in Chinese adults, 1991–2009: The China health and nutrition survey [J]. *Int J Cardiol*, 2014, 175(1) : 96–101. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.04.258.
- [14] WHO. A global brief on hypertension: Silent killer, global public health crisis [EB/OL]. (2013-04) [2017-10-10]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/en/2017>.
- [15] Sun Z, Zheng L, Detrano R, et al. Incidence and predictors of hypertension among rural Chinese adults: Results from Liaoning province [J]. *Ann Fam Med*, 2010, 8(1) : 19–24. DOI: 10.1370/afm.1018.
- [16] Li W, Wang D, Wu C, et al. The effect of body mass index and physical activity on hypertension among Chinese middle-aged and older population [J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1) : 10256. DOI: 10.1038/s41598-017-11037-y.
- [17] 冯宝玉, 陈纪春, 李莹, 等. 中国成年人超重和肥胖与高血压发病关系的随访研究 [J]. *中华流行病学杂志*, 2016, 37(5) : 606–611. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.05.004.
- Feng BY, Chen JC, Li Y, et al. Relationship between overweight/obesity and hypertension among adults in China: a prospective study [J]. *Chin J Epidemiol*, 2016, 37 (5) : 606–611. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.05.004.
- [18] Heiat A, Vaccarino V, Krumholz HM. An evidence-based assessment of federal guidelines for overweight and obesity as they apply to elderly persons [J]. *Arch Intern Med*, 2001, 161 (9) : 1194–1203. DOI: 10.1001/archinte.161.9.1194.
- [19] Chen Y, Rennie DC, Reeder BA. Age-related association between body mass index and blood pressure: The Humboldt study [J]. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 1995, 19(11) : 825–831.
- [20] Miller SL, Wolfe RR. The danger of weight loss in the elderly [J]. *J Nutr Health Aging*, 2008, 12(7) : 487–491. DOI: 10.1007/BF02982710.
- [21] Waters DL, Ward AL, Villareal DT. Weight loss in obese adults 65 years and older: A review of the controversy [J]. *Exp Gerontol*, 2013, 48(10) : 1054–1061. DOI: 10.1016/j.exger.2013.02.005.
- [22] Beavers KM, Beavers DP, Nesbit BA, et al. Effect of an 18-month physical activity and weight loss intervention on body composition in overweight and obese older adults [J]. *Obesity*, 2014, 22(2) : 325–331. DOI: 10.1002/oby.20607.

(收稿日期:2017-10-12)

(本文编辑:张林东)