

静息心率与代谢综合征关系的队列研究

韩成义 罗新萍 张明 张璐 任永成 王炳源 张红艳 杨香玉 周俊梅 赵阳
刘雪娇 张冬冬 李琳琳 王重建 尹磊 庞超 冯天平 赵景志 胡东生
450001 郑州大学公共卫生学院流行病与卫生统计学系(韩成义、张璐、任永成、王炳源、张红艳、杨香玉、赵阳、刘雪娇、张冬冬、李琳琳、王重建、胡东生); 518060 深圳大学医学部预防医学系(罗新萍、张明、周俊梅); 450003 郑州, 河南省军区医院预防保健科(尹磊、庞超、冯天平、赵景志)

通信作者: 胡东生, Email: dongsheng-hu@zzu.edu.cn

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.12.019

【摘要】 目的 探讨静息心率(RHR)与MS发病的关系。方法 采用整群抽样方法,选择河南省某农村地区 ≥ 18 岁常住居民为研究对象。2007年7—8月和2008年7—8月进行问卷调查、体格检查、血糖及脂质谱检测。2013年7—8月和2014年7—10月进行与基线相同内容的随访。结果 在平均6年的随访期间,MS累积患病率为21.89%(1 933/8 829),其中男性为16.78%(664/3 957),女性为26.05%(1 269/4 872);控制潜在的混杂因素后,以基线RHR < 60 次/min组为参照,RHR 60~69、70~79、80~89和 ≥ 90 次/min组发生MS的OR值(95%CI)分别为1.24(0.95~1.60)、1.42(1.10~1.84)、1.63(1.24~2.15)和1.62(1.16~2.27),其中男性分别为1.12(0.81~1.55)、1.23(0.88~1.71)、1.42(0.97~2.07)和1.84(1.09~3.11),女性分别为1.46(0.93~2.29)、1.70(1.09~2.65)、1.99(1.25~3.16)和1.78(1.06~2.98)。结论 女性MS发病风险高于男性且升高的RHR增加MS发病风险。应制定针对RHR升高的成年人群尤其是女性的MS综合干预策略和措施。

【关键词】 静息心率; 代谢综合征; 队列研究

基金项目: 国家自然科学基金(81373074, 81402752)

Association between resting heart rate and metabolic syndrome: a cohort study Han Chengyi, Luo Xinping, Zhang Ming, Zhang Lu, Ren Yongcheng, Wang Bingyuan, Zhang Hongyan, Yang Xiangyu, Zhou Junmei, Zhao Yang, Liu Xuejiao, Zhang Dongdong, Li Linlin, Wang Chongjian, Yin Lei, Pang Chao, Feng Tianping, Zhao Jingzhi, Hu Dongsheng

Department of Epidemiology and Health Statistics, College of Public Health, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China (Han CY, Zhang L, Ren YC, Wang BY, Zhang HY, Yang XY, Zhao Y, Liu XJ, Zhang DD, Li LL, Wang CJ, Hu DS); Department of Preventive Medicine, Shenzhen University Health Sciences Center, Shenzhen 518060, China (Luo XP, Zhang M, Zhou JM); Department of Prevention and Health Care, Military Hospital of Henan Province, Zhengzhou 450003, China (Yin L, Pang C, Feng TP, Zhao JZ)

Corresponding author: Hu Dongsheng, Email: dongsheng-hu@zzu.edu.cn

【Abstract】 **Objective** To investigate the association between resting heart rate (RHR) and subsequent metabolic syndrome (MS). **Methods** Under a cluster design, participants age ≥ 18 years old were selected from a rural area of Henan province in China. Interview through questionnaire, physical examination, fasting blood glucose, and lipid profile measurements were done from July to August of 2007 and July to August of 2008. Same methods were implemented in the follow-up examination, during July to August of 2013 and July to October of 2014. **Results** During the 6-year follow-up period, cumulative incidence rates of MS for overall, male, and female participants appeared as 21.89%(1 933/8 829), 16.78%(664/3 957) and 26.05%(1 269/4 872), respectively. After controlling for potential confounders and compared with the groups of RHR < 60 bpm, 60–69, 70–79, 80–89 and ≥ 90 bpm, the ORs (95% CIs) of MS for overall, male, and female participants became 1.24(0.95–1.60), 1.42(1.10–1.84), 1.63(1.24–2.15) and 1.62(1.16–2.27); 1.12(0.81–1.55), 1.23(0.88–1.71), 1.42(0.97–2.07) and 1.84(1.09–3.11); 1.46(0.93–2.29), 1.70(1.09–2.65), 1.99(1.25–3.16) and 1.78(1.06–2.98); respectively. **Conclusions** The risk on MS appeared higher in females than in males while the risk for MS increased with the elevation of RHR. Intensive intervention programs that targeted adult

participants with elevated RHR, especially in females, should be formulated and implemented.

【Key words】 Resting heart rate; Metabolic syndrome; Cohort study

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

MS 是多个心血管疾病危险因素的综合体^[1]。Meta 分析显示 MS 患者发生心血管疾病和心血管疾病死亡的风险分别是非 MS 人群的 1.93 倍和 2.91 倍^[2]。MS 的发生与年龄、种族、遗传、不良生活方式等因素有关^[3-8]。静息心率(RHR)是最易精确测量和快速获得的指标,也是评估心血管状态最有效的指标之一^[9]。近年来,国外研究发现升高的 RHR 显著增加 MS 的发病风险^[10-12];国内的 2 个队列研究也发现了同样的关系,但其中一项研究基于职业人群^[13],另一研究仅有 590 人(年龄 35~56 岁)^[14],两者均不能很好地代表一般人群。因此,本研究基于河南省某农村人群探讨 RHR 与 MS 发病的关系。

对象与方法

1. 研究对象:选择河南省某县 2 个乡镇(镇)为研究现场,以自然村为单位,采用整群抽样的方法,于 2007 年 7—8 月和 2008 年 7—8 月对 18 岁以上的 20 194 名农村常住居民进行问卷调查、体格检查、FPG 及脂质谱检测,排除 MS 患者 7 745 人,无法判断 MS 状况 22 人,RHR 缺失 83 人,心肌梗死 121 人,脑卒中 213 人,最终 12 010 人进入队列。2013 年 7—8 月和 2014 年 7—10 月进行与基线相同内容的随访,共随访到 10 089 名队列成员,排除随访期间死亡 548 人,无法判断 MS 状况 712 人,最终 8 829 人用于探讨 RHR 与 MS 发病的关系。本研究得到郑州大学生命科学伦理审查委员会批准,所有研究对象均签署知情同意书。

2. 调查内容和方法: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。体格检查包括身高、体重、腰围(WC)、血压和 RHR 的测量。测量身高和体重时,要求被检者脱鞋、帽,穿轻质衣物,取 2 次测量均值,读数分别精确到 0.5 cm 和 0.5 kg。测量 WC 时,在肚脐上 1 cm 水平测量 2 次,取平均值,读数精确到 0.5 cm。被检者静坐休息 >5 min,取坐位、肘部与心脏同一水平,用欧姆龙 HEM-770AFuzzy(基线)/HEM-7071 电子血压计(随访)测量血压和 RHR 3 次,间隔时间 >30 s,取 3 次测量均值。清晨抽取被检者外周空腹静脉血 5 ml 进行抗凝、分离处理,然后贮存于 -70 °C 低温冰箱待检。基线和随访的血脂(TC、TG、HDL-C)和 FPG 水平均采用日立 7060 全自动生化分析仪检

测。LDL-C 用 Friedewald 公式 ($LDL-C = TC - HDL-C - TG/2.2$) 计算。

3. 变量定义及诊断标准:①吸烟:一生吸烟 >100 支。②饮酒:过去 12 个月中,曾饮酒(白酒、啤酒、葡萄酒、米酒或黄酒) >12 次。③体力活动:从事人力搬运、建筑、采矿、种地、炼钢等活动 >2 h/d 为重体力活动;从事重体力活动 <2 h/d 且从事中体力活动如货车驾驶、电工、钳工、木工等 >3 h/d 为中体力活动;其他为轻体力活动。④BMI:体重(kg)与身高²(m²)的比值。⑤RHR 变化量(CRHR):随访与基线 RHR 的差值。⑥高血压:根据 2010 年《中国高血压防治指南》修订标准^[15],即 SBP ≥ 140 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 或 DBP ≥ 90 mmHg 或既往确诊的高血压患者。⑦血脂异常:根据 2007 年《中国成人血脂异常防治指南》标准^[16],TC ≥ 5.18 mmol/L 或 TG ≥ 1.70 mmol/L 或 HDL-C < 1.04 mmol/L 或 LDL-C ≥ 3.37 mmol/L 或既往确诊的血脂异常患者。⑧糖尿病:根据 1999 年 WHO 的糖尿病标准^[17],FPG ≥ 7.0 mmol/L 或既往确诊的糖尿病患者。⑨MS:根据 2005 年美国国家胆固醇教育计划成人治疗方案第三次报告(NCEP-ATP III)修订标准^[1],具备以下任意 3 项及以上的异常,即 WC > 90 cm(男)或 WC > 80 cm(女);TG ≥ 1.70 mmol/L;HDL-C < 1.04 mmol/L(男)或 HDL-C < 1.30 mmol/L(女);SBP ≥ 130 mmHg 或 DBP ≥ 85 mmHg 或有高血压史;FPG > 5.6 mmol/L 或有糖尿病史。

4. 统计学分析:应用 Microsoft Access 软件建立数据库,双人双机独立录入,一致性检验后用 SAS 9.13 (SAS Institute, Cary, NC, USA) 进行统计学分析。正态性检验显示,所有连续型变量均不符合正态分布,组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。分类变量组间比较采用 χ^2 检验;RHR 组间 MS 发病率差异的比较采用趋势性 χ^2 检验。应用 logistic 回归模型分析基线 RHR 与 MS 发病的关系。检验水准为双侧 $\alpha = 0.05$ 。

结 果

1. 基线特征:在 8 829 名研究对象中,男性 3 957 人,女性 4 872 人,平均随访 6 年。随访研究结束时发生 MS 1 933 人,非 MS 6 896 人。不同 RHR 组研究对象的性别、年龄、吸烟、饮酒、BMI、WC、RHR、CRHR、

SBP、DBP、TC、HDL-C、LDL-C、FPG、疾病史(血脂异常、糖尿病)及高血压用药史的差异均有统计学意义($P < 0.05$),但是TG、高血压及血脂异常和糖尿病的用药史的差异无统计学意义($P > 0.05$),见表1。

2. 各RHR组MS患病率:在平均6年的随访期间,MS的累计患病率为21.89%,女性患病率(26.05%)高于男性(16.78%),差异有统计学意义($\chi^2 = 109.64, P < 0.01$)。RHR < 60、60~69、70~79、80~89和 ≥ 90 次/min组研究对象MS的累积患病率:合计(16.26%、20.41%、23.14%、23.85%和20.76%);男性(14.19%、15.97%、17.51%、18.24%和18.27%);女性(22.96%、25.56%、27.06%、26.87%和21.81%)。随着RHR的增快,合计和男性MS的累计患病率呈显著上升趋势($Z = -3.09, P = 0.002$; $Z = -2.02, P = 0.043$),但女性无显著的趋势关系($Z = 0.52, P = 0.607$),见图1。

3. 各RHR组MS发病风险:将研究对象按基线RHR分为<60、60~69、70~79、80~89和 ≥ 90 次/min 5组,以RHR < 60次/min组为参照,logistic回归分析结果显示,RHR其他4组MS发病的OR值(95%CI)分别为总体:1.32(1.04~1.68)、1.55(1.22~1.96)、

1.61(1.26~2.06)和1.35(1.01~1.80);男性:1.15(0.85~1.56)、1.28(0.95~1.74)、1.35(0.97~1.89)和1.35(0.86~2.12);女性:1.15(0.76~1.76)、1.25(0.82~1.88)、1.23(0.81~1.88)和0.94(0.59~1.48)。调整研究对象CRHR和基线的性别、年龄、吸烟、饮酒、体力活动、BMI、疾病史(高血压、血脂异常、糖尿病)及其用药史后,logistic回归分析结果显示,RHR其他4组MS发病的OR值(95%CI)分别为总体:1.24(0.95~1.60)、1.42(1.10~1.84)、1.63(1.24~2.15)和1.62(1.16~2.27);男性:1.12(0.81~1.55)、1.23(0.88~1.71)、1.42(0.97~2.07)和1.84(1.09~3.11);女性:1.46(0.93~2.29)、1.70(1.09~2.65)、1.99(1.25~3.16)和1.78(1.06~2.98)(图1)。

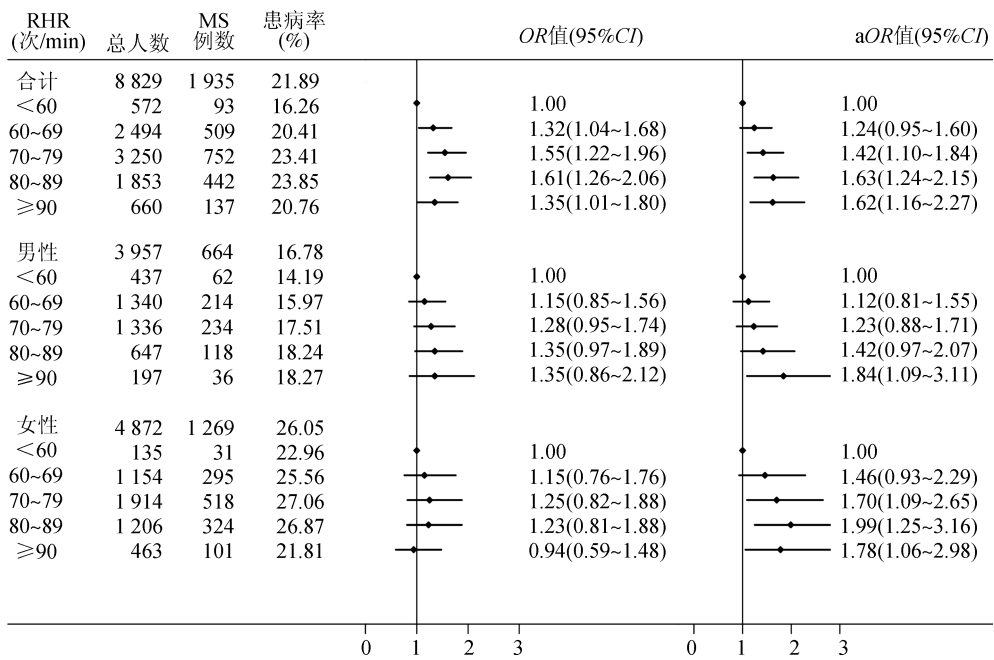
讨 论

本研究基于NCEP-ATP III修订的MS诊断标准^[1],显示女性MS累计患病率为26.05%,高于男性的16.78%。基于相同标准的成都市1997—2002年的队列研究显示^[14],女性MS累计患病率为30.8%,也高于男性的17.6%。这种差异的可能解释是由于男性和女性的脂肪分布、激素水平等不同所致^[18],但具

表1 研究对象基线特征

变量	RHR					P值
	<60(次/min) (n=572)	60~69(次/min) (n=2 494)	70~79(次/min) (n=3 250)	80~89(次/min) (n=1 853)	≥ 90 (次/min) (n=660)	
男性	437(76.40)	1 340(53.73)	1 336(41.11)	647(34.92)	197(29.85)	<0.01
年龄组(岁)	54(44~62)	51(41~59)	48(40~57)	45(37~56)	44(36~55)	<0.01
吸烟	322(56.29)	936(37.53)	959(29.51)	453(24.45)	140(21.21)	<0.01
饮酒	111(19.41)	392(15.72)	385(11.85)	203(10.96)	52(7.88)	<0.01
体力活动						<0.01
轻度	364(63.64)	1 376(55.17)	1 673(51.48)	951(51.32)	312(47.27)	
中度	105(18.36)	524(21.01)	697(21.45)	370(19.97)	135(20.45)	
重度	103(18.01)	594(23.82)	880(27.08)	532(28.71)	213(32.27)	
BMI(kg/m ²)	22.31(20.73~24.42)	22.70(20.93~24.61)	22.86(20.96~24.88)	22.71(20.77~24.71)	22.05(20.04~24.06)	<0.01
WC(cm)	78.25(72.83~84.00)	78.05(72.75~84.00)	78.00(72.25~84.40)	77.05(71.50~83.25)	75.00(70.00~80.43)	<0.01
CRHR(次/min)	6(1~12)	2(-3~8)	-1(-7~4)	-6(-12~0)	-14(-21~-6)	<0.01
SBP(mmHg)	118.33(109.67~130.17)	117.67(109.00~128.33)	116.33(107.67~126.67)	115.67(107.33~125.67)	115.33(107.00~127.00)	<0.01
DBP(mmHg)	72.17(66.00~78.33)	73.00(67.33~79.33)	74.00(68.33~80.67)	75.00(69.67~81.00)	76.17(70.67~82.67)	<0.01
TC(mmol/L)	4.22(3.73~4.80)	4.23(3.72~4.84)	4.26(3.73~4.86)	4.17(3.67~4.77)	4.19(3.68~4.83)	0.016
TG(mmol/L)	1.10(0.85~1.46)	1.12(0.84~1.47)	1.13(0.85~1.46)	1.11(0.84~1.48)	1.11(0.82~1.45)	0.684
HDL-C(mmol/L)	1.19(1.04~1.37)	1.19(1.04~1.37)	1.21(1.05~1.39)	1.22(1.06~1.40)	1.27(1.08~1.45)	<0.01
LDL-C(mmol/L)	2.50(2.10~3.00)	2.50(2.10~3.00)	2.50(2.00~3.00)	2.40(2.00~2.90)	2.40(2.00~2.90)	<0.01
FPG(mmol/L)	5.17(4.85~5.44)	5.16(4.86~5.45)	5.19(4.90~5.47)	5.21(4.90~5.51)	5.30(4.99~5.66)	<0.01
高血压	112(19.58)	427(17.12)	487(14.98)	249(13.44)	131(19.85)	0.061
血脂异常	171(29.95)	746(29.94)	941(28.97)	505(27.33)	166(25.19)	0.089
糖尿病	9(1.57)	47(1.89)	77(2.37)	66(3.56)	47(7.13)	<0.01
高血压用药史	53(9.27)	165(6.62)	156(4.80)	95(5.13)	39(5.91)	0.002
血脂异常用药史	22(3.85)	80(3.21)	100(3.08)	69(3.72)	17(2.58)	0.520
糖尿病用药史	2(0.35)	23(0.92)	26(0.80)	22(1.19)	12(1.82)	0.055

注:连续型变量经正态检验均为非正态分布,采用M(Q25~Q75)表示;分类变量用频数(构成比,%)表示



注: aOR 值为调整 CRHR 和基线的性别、年龄、吸烟、饮酒、体力活动、BMI、疾病史(高血压、血脂异常、糖尿病)及其用药史的 OR 值

图1 各RHR组MS发病风险分析

体的机制尚不清楚,有待进一步探讨。

本研究显示,男性 RHR 与 MS 的累计患病率呈显著正相关,但在女性中不存在这样的联系;以 RHR < 60 次/min 组为对照, RHR 升高的男性和女性与 MS 发生均无关,但是调整其基线的性别、年龄、吸烟、饮酒、体力活动等因素后, RHR 升高的男性和女性 MS 发病风险均显著增加。说明对于女性 RHR 与 MS 累计患病率无显著联系及未调整时男性和女性 RHR 与 MS 发生无关的现象,是这些未调整协变量的潜在混杂所致。成都市某城市社区年龄 35 ~ 56 岁 590 人小样本队列研究显示,女性升高的 RHR 是 MS 发生的独立危险因素 (OR = 1.23, 95% CI: 1.06 ~ 1.43), 男性中 RHR 与 MS 无显著关联 (OR = 1.08, 95% CI: 0.96 ~ 1.22)^[14]。开滦队列研究显示升高的 RHR 是 MS 独立的危险因素^[12]。也有研究显示升高的 RHR 与高血压^[19-20]、血脂异常^[21]、糖尿病^[22] 的发生密切相关,进一步说明了 RHR 与 MS 发生的密切关系。Meta 分析显示 MS 显著增加未来心血管疾病和全因死亡的风险^[2], 并且升高的 RHR 也显著增加未来心血管疾病和全因死亡的风险^[23]。据此可以认为 MS 不仅能够增加心血管疾病和全因死亡风险,也可能在升高的 RHR 引起心血管疾病和全因死亡的过程中同样发挥重要作用。RHR 由多个机制(交感和副交感神经系统、内分泌系统及生活方式和环境因素)共同调节,在心血管系统中发挥重要作用,且是一个测量简单、快速和廉价的指标^[9]。因

此,在未来建立 MS 预测预警模型及开展 MS 筛检和预后评估时,应给予充分的考虑。同时,为了有效应对 MS 和心血管疾病的快速流行趋势,针对 RHR 升高人群应制定并实施综合干预策略。

随访期间 RHR 发生改变,可能影响 RHR 对 MS 的预测,但分析中调整了 CRHR,因此 CRHR 对 RHR 与 MS 发病关系的影响可能有限;RHR 的影响因素较多^[9],本研究未能收集齐全,故不能完全排除其他因素影响;研究中存在一定比例的失访,可能有失访偏倚;目前尚未见国内其他基于农村人群探讨 RHR 与 MS 发病关系的研究数据,本研究结果在与城市人群数据对比时存在可比性不佳的缺陷;由于本研究缺失 MS 的发病时间,不能采用 Cox 回归分析,故采用 logistic 回归模型分析 RHR 与 MS 发病的关系,对于不能判定结局发生具体时间的队列研究,文献中大多报告 OR 值而非 RR 值。

综上所述,本研究结果显示女性 MS 发病风险高于男性,且升高的 RHR 增加 MS 发病风险。因此,针对 RHR 升高的成年人群尤其是女性,应制定并及时实施干预措施。

利益冲突 无

参 考 文 献

[1] Grundy SM, Cleeman JI, Daniels SR, et al. Diagnosis and management of the metabolic syndrome: an American Heart Association/National Heart, Lung and Blood Institute Scientific Statement [J]. Circulation, 2005, 112 (17) : 2735-2752. DOI:

- 10.1161/circulationaha.105.169404.
- [2] Mottillo S, Filion KB, Genest J, et al. The metabolic syndrome and cardiovascular risk; a systematic review and meta-analysis [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 56(14): 1113–1132. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.05.034.
- [3] Gu DF, Reynolds K, Wu XG, et al. Prevalence of the metabolic syndrome and overweight among adults in China [J]. *Lancet*, 2005, 365 (9468): 1398–1405. DOI: 10.1016/s0140-6736(05)66375-1.
- [4] Song QB, Zhao Y, Liu YQ, et al. Sex difference in the prevalence of metabolic syndrome and cardiovascular-related risk factors in urban adults from 33 communities of China: the CHPSNE Study [J]. *Diab Vasc Dis Res*, 2015, 12(3): 189–198. DOI: 10.1177/1479164114562410.
- [5] Butte NF, Comuzzie AG, Cole SA, et al. Quantitative genetic analysis of the metabolic syndrome in Hispanic children [J]. *Pediatr Res*, 2005, 58(6): 1243–1248. DOI: 10.1203/01.pdr.0000185272.46705.18.
- [6] Noshad S, Abbasi M, Etamad K, et al. Prevalence of metabolic syndrome in Iran: a 2011 update [J]. *J Diabetes*, 2016. DOI: 10.1111/1753-0407.12438.
- [7] Kim YJ, Lee YH, Lee YJ, et al. Prevalence of metabolic syndrome and its related factors among North Korean refugees in South Korea: a cross-sectional study [J]. *BMJ Open*, 2016, 6(6): e010849. DOI: 10.1136/bmjopen-2015-010849.
- [8] Jiang BR, Li B, Wang YB, et al. The nine-year changes of the incidence and characteristics of metabolic syndrome in China: longitudinal comparisons of the two cross-sectional surveys in a newly formed urban community [J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2016, 15(1): 84. DOI: 10.1186/s12933-016-0402-9.
- [9] Valentini M, Parati G. Variables influencing heart rate [J]. *Prog Cardiovasc Dis*, 2009, 52(1): 11–19. DOI: 10.1016/j.pcad.2009.05.004.
- [10] Oda E, Aizawa Y. Resting heart rate predicts metabolic syndrome in apparently healthy non-obese Japanese men [J]. *Acta Diabetol*, 2014, 51(1): 85–90. DOI: 10.1007/s00592-013-0503-9.
- [11] Tomiyama H, Yamada J, Koji Y, et al. Heart rate elevation precedes the development of metabolic syndrome in Japanese men: a prospective study [J]. *Hypertens Res*, 2007, 30(5): 417–426. DOI: 10.1291/hyres.30.417.
- [12] Inoue T, Iseki K, Iseki C, et al. Effect of heart rate on the risk of developing metabolic syndrome [J]. *Hypertens Res*, 2009, 32(9): 801–806. DOI: 10.1038/hr.2009.109.
- [13] Jiang XJ, Liu XX, Wu SL, et al. Metabolic syndrome is associated with and predicted by resting heart rate: a cross-sectional and longitudinal study [J]. *Heart*, 2015, 101(1): 44–49. DOI: 10.1136/heartjnl-2014-305685.
- [14] Wang S, Liu K, Zhang X, et al. Elevated resting heart rate predisposes metabolic syndrome in women rather than in men: a 15-year prospective study [J]. *BMC Cardiovasc Dis*, 2015, 15(1): 110. DOI: 10.1186/s12872-015-0104-3.
- [15] 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.
- Writing Group of 2010 Chinese Guidelines for the Management of Hypertension. 2010 Chinese guidelines for the management of hypertension [J]. *Chin J Cardiol*, 2011, 39(7): 579–616. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2011.07.002.
- [16] 中国成人血脂异常防治指南制订联合委员会. 中国成人血脂异常防治指南 [J]. *中华心血管病杂志*, 2007, 35(5): 390–419. DOI: 10.3760/j.issn.0253-3758.2007.05.003.
- China Adult Dyslipidemia Prevention Committee. China adult dyslipidemia prevention guide [J]. *Chin J Cardiol*, 2007, 35(5): 390–419. DOI: 10.3760/j.issn.0253-3758.2007.05.003.
- [17] WHO. Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications. Part 1: diagnosis and classification of diabetes mellitus [R]. Geneva: WHO, 1999. https://www.staff.ncl.ac.uk/philip.home/who_dmc.htm.
- [18] Pradhan AD. Sex differences in the metabolic syndrome: implications for cardiovascular health in women [J]. *Clin Chem*, 2014, 60(1): 44–52. DOI: 10.1373/clinchem.2013.202549.
- [19] Inoue T, Iseki K, Iseki C, et al. Higher heart rate predicts the risk of developing hypertension in a normotensive screened cohort [J]. *Circ J*, 2007, 71(11): 1755–1760. DOI: 10.1253/circj.71.1755.
- [20] Wang AX, Liu XX, Guo XH, et al. Resting heart rate and risk of hypertension: results of the Kailuan cohort study [J]. *J Hypertens*, 2014, 32(8): 1600–1605. DOI: 10.1097/hjh.0000000000000230.
- [21] Sun JC, Huang XL, Deng XR, et al. Elevated resting heart rate is associated with dyslipidemia in middle-aged and elderly Chinese [J]. *Biomed Environ Sci*, 2014, 27(8): 601–605. DOI: 10.3967/bes.2014.092.
- [22] Aune D, Hartaigh BÓ, Vatten LJ. Resting heart rate and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies [J]. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2015, 25(6): 526–534. DOI: 10.1016/j.numecd.2015.02.008.
- [23] Zhang DF, Shen XL, Qi XL. Resting heart rate and all-cause and cardiovascular mortality in the general population: a meta-analysis [J]. *CMAJ*, 2016, 188(3): E53–63. DOI: 10.1503/cmaj.150535.

(收稿日期:2016-06-21)

(本文编辑:张林东)