

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2019.06.024
文章编号: 1005-8982 (2019) 06-0105-07

静息心率对代谢综合征的影响

付晓荣, 张明, 郝翠翠, 董清, 刘涛

(聊城市第二人民医院 内分泌科, 山东 聊城 252600)

摘要: 目的 探讨静息心率(RHR)对不同性别健康人群进展为代谢综合征(MS)的影响。**方法** 选取2011年1月—2012年12月聊城市第二人民医院的健康体检者作为研究对象,并进行5年的随访。采用Logistic回归分析不同RHR水平与MS发病率的关系。**结果** 随访5年后,男性组和女性组MS发病率随着RHR的增快而升高($P < 0.05$)。对于总人群,随着RHR每增加1个单位,MS的发病风险显著增加,经过年龄、BMI、健康相关行为及预先存在的MS组分校正后差异仍有统计学意义 [$\hat{OR}=1.320$, (95% CI: 1.201, 1.451), $P=0.000$];经性别分层后差异仍有统计学意义 [男性组: $\hat{OR}=1.192$, (95% CI: 1.040, 1.367), $P=0.012$;女性组: $\hat{OR}=1.409$, (95% CI: 1.235, 1.608), $P=0.000$]。对于总人群,以RHR $< 70/\text{min}$ 为参照组,其余3组的MS发病风险均显著增加,且OR呈递增趋势;经过年龄、BMI、健康相关行为及预先存在的MS组分校正后差异仍有统计学意义 [RHR $\geq 90/\text{min}$ 组: $\hat{OR}=2.327$, (95% CI: 1.784, 3.037), $P=0.000$]。经性别分层后差异仍有统计学意义 [RHR $\geq 90/\text{min}$ 组中男性组: $\hat{OR}=1.644$, (95% CI: 1.148, 2.355), $P=0.007$];女性组: $\hat{OR}=3.375$, (95% CI: 2.214, 5.146), $P=0.000$]。**结论** RHR与MS有着密切的关联性,随着RHR的加快,MS风险逐渐升高,这种影响是独立的,且在女性人群中更为显著。

关键词: 代谢综合征/综合征;静息心率/心率;Logistic模型;发病率;高血压

中图分类号: R589

文献标识码: A

Effect of resting heart rate on metabolic syndrome in healthy population

Xiao-rong Fu, Ming Zhang, Cui-cui Hao, Qing Dong, Tao Liu

(Department of Endocrinology, the Second People's Hospital of Liaocheng,
Liaocheng, Shandong 252600, China)

Abstract: Objective To study the effects of resting heart rate (RHR) on metabolic syndrome (MS) in healthy population. **Methods** The health examinees of our hospital from January 2011 to December 2012 were selected as the research subjects and followed up for 5 years. Logistic regression was used to analyze the relationship between different RHR levels and the incidence of MS. **Results** After 5-year follow-up, the incidence of MS in both male and female groups increased with the increase of RHR (χ^2 male=10.039, $P=0.002$; χ^2 female=48.437, $P=0.000$). For the total population, the risk of MS increased significantly with the increase of RHR by 1 unit, and the difference was still statistically significant after adjusting for age, BMI, health-related behavior and pre-existing MS components [$\hat{OR}=1.320$ (95% CI=1.201, 1.451); $P=0.000$]. There was still significant difference after sex stratification [male group: $\hat{OR}=1.192$ (95% CI=1.040, 1.367), $P=0.012$; female group: $\hat{OR}=1.409$ (95% CI=1.235, 1.608), $P < 0.001$]. For the total population, RHR $< 70/\text{min}$ as the control group, the risk of MS in the remaining three groups were significantly increased, and OR showed an increasing trend; after correction of age, BMI, health-related behavior and pre-existing MS component, there was still significant significance [RHR $< 90/\text{min}$ group: $\hat{OR}=2.327$

(95% CI=1.784, 3.037), $P = 0.000$]. There was still significant difference after sex stratification [[RHR>90/min group: male group: \hat{OR} =1.644 (95% CI=1.148, 2.355), $P = 0.007$; female group: \hat{OR} =3.375 (95% CI=2.214, 5.146), $P < 0.05$]. **Conclusions** In conclusion, an increase in resting heart rate was an independent and significant predictor of MS in all people, especially in women.

Keywords: metabolic syndrome/ syndrome; resting heart rate / heart rate; Logistic models; incidence; hypertension

代谢综合征 (metabolic syndrome, MS) 是复杂的代谢紊乱征候群, 是一种涉及到多种代谢成分异常聚集的病理状态, 其患病率逐年增高^[1-2]。静息心率 (resting heart rate, RHR) 是指在清醒并安静的状态下, 心脏每分钟搏动的次数, 可反映交感神经活性、自主神经平衡和代谢率水平, 与高血压、冠状动脉粥样硬化性心脏病及 MS 相关^[3-6]。目前 MS 的患病率存在性别差异, 绝经后女性发病率高于同年龄层的男性, 其发病机制尚未明确^[7-9]。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2011 年 1 月—2012 年 12 月聊城市第二人民医院健康体检者 3 985 例作为研究对象。其中, 男性 2 455 例, 女性 1 530 例。进行 5 年随访, 随访期间每年对研究对象进行健康体检。排除标准: ①非窦性心律; ②根据基线资料诊断为 MS; ③有心肌梗死或卒中病史; ④使用降压降糖及调脂药物治疗; ⑤恶性肿瘤; ⑥ MS 相关资料缺失; ⑦未签署知情同意书。⑧随访期间发生以下情况: 发生心肌梗死及卒中者; 各种原因导致死亡者; 未完成随访者。最终共有 1 054 例男性及 806 例女性完成本研究。本研究最终纳入 1 860 例研究对象作为总体组, 其中男性 1 054 例作为男性组, 女性 806 例作为女性组。

1.2 资料收集

使用统一制定的流行病学调查问卷, 内容包括: 个人信息、病史信息、药物服用情况、家族史、饮食及生活习惯等。查体资料包括身高、体重、腰围、血压及体重指数 (body mass index, BMI) 等, 均由受过相关培训的医护人员进行严格测量。心率测量: 研究对象在安静环境下休息 5 min 后, 使用平卧位十二导联心电图, 以平均呼吸频率计算 RHR。生化指标的检测: 体检均于每日上午 7:00~9:00 进行, 抽取空腹 (禁食 >8 h) 静脉血进行空腹血糖 (fasting blood glucose, FBG)、甘油三酯 (Triglyceride, TG)、总胆固醇 (total cholesterol, TC)、高密度脂蛋白胆固醇 (high

density lipoprotein cholesterol, HDL-C) 及低密度脂蛋白胆固醇 (low density lipoprotein cholesterol, LDL-C) 等指标的监测。吸烟指每天吸烟 ≥ 1 支, 持续 ≥ 1 年; 饮酒指每周平均摄入酒精量 ≥ 50 g, 持续 ≥ 1 年; 体育锻炼 ≥ 1 次/周, 每次持续时间 ≥ 20 min。

1.3 诊断标准

MS 定义采用 2009 年联合暂行共识标准, 由国际糖尿病联盟、美国心、肺、血液研究所 / 美国心脏协会、世界心脏联盟、国际动脉粥样硬化协会和国际肥胖研究协会共同提出, 笔者使用其针对亚洲人群的标准^[10]。满足以下组分中任意 ≥ 3 个者定义为 MS: ①腹型肥胖, 男性腰围 ≥ 90 cm, 女性腰围 ≥ 80 cm; ② TG 升高, TG ≥ 1.69 mmol/L 或正在使用降脂药物; ③血压升高, 收缩压 (systolic blood pressure, SBP) ≥ 130 mmHg, 舒张压 (diastolic blood pressure, DBP) ≥ 85 mmHg 或正在使用降压药物; ④ FBG 升高, FBG ≥ 5.6 mmol/L 或正在使用降糖药物; ⑤ HDL-C 降低, HDL-C 男性 < 1.04 mmol/L, 女性 < 1.29 mmol/L。

高血压病诊断标准根据中国高血压防治指南 (2010 版): SBP ≥ 140 mmHg 和 / 或 DBP ≥ 90 mmHg^[11]; 或正在服用降压药者。糖尿病诊断根据 1999 年世界卫生组织的诊断标准: 糖尿病症状加随机血糖 ≥ 11.1 mmol/L 或 FBG ≥ 7.0 mmol/L 或 75 g 葡萄糖负荷后 2 h 血糖 ≥ 11.1 mmol/L^[12]。

1.4 统计学方法

数据分析采用 SPSS 21.0 统计软件。计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 比较用 t 检验; 计数资料以例 (%) 表示, 比较用 χ^2 检验; 采用 Logistic 回归模型分析不同 RHR 水平与 MS 发病率的关系, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较

两组患者 BMI、腰围、SBP、TG、LDL-C、RHR、HDL-C、高血压、腹型肥胖、高 TG、吸烟、饮酒及体育锻炼者比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 1。

表1 两组患者一般资料比较

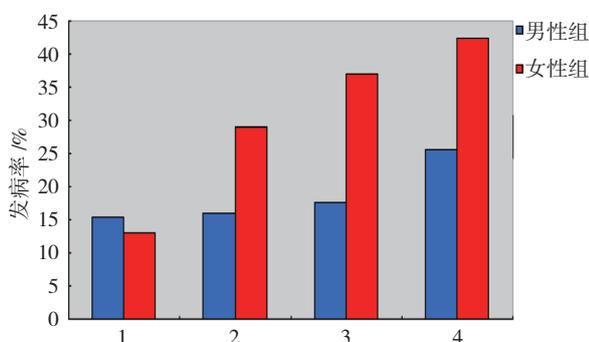
组别	<i>n</i>	年龄 / (岁, $\bar{x} \pm s$)	RHR / (次 / min, $\bar{x} \pm s$)	BMI / (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	腰围 / (cm, $\bar{x} \pm s$)	SBP / (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	DBP / (mmHg, $\bar{x} \pm s$)
男性组	1 054	45.95 ± 16.30	78.85 ± 14.21	24.09 ± 2.28	84.11 ± 8.52	123.86 ± 14.73	79.31 ± 11.24
女性组	806	45.65 ± 16.30	81.46 ± 13.89	23.21 ± 2.72	79.62 ± 11.44	121.63 ± 15.93	79.76 ± 11.57
<i>t</i> / χ^2 值		0.399	-3.966	7.468	9.336	3.091	-0.844
<i>P</i> 值		0.690	0.000	0.000	0.000	0.002	0.399

组别	<i>n</i>	TC / (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	TG / (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	HDL-C / (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	LDL-C / (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	FBG / (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	高血压例 (%)
男性组	1 054	4.40 ± 0.91	1.91 ± 0.40	1.19 ± 0.23	2.29 ± 0.41	5.43 ± 0.89	226 (21.4)
女性组	806	4.41 ± 0.94	1.85 ± 0.37	1.22 ± 0.25	2.36 ± 0.43	5.47 ± 0.88	72 (9.0)
<i>t</i> / χ^2 值		-0.226	3.511	-2.685	-3.705	-0.870	53.118
<i>P</i> 值		0.821	0.001	0.007	0.000	0.384	0.000

组别	<i>n</i>	高血糖例 (%)	腹型肥胖例 (%)	高 TG 例 (%)	低 HDL-C 例 (%)	吸烟例 (%)	饮酒例 (%)	体育锻炼例 (%)
男性组	1 054	153 (14.5)	122 (11.6)	183 (17.4)	62 (5.9)	467 (44.3)	554 (52.6)	369 (35.0)
女性组	806	96 (11.9)	318 (39.5)	30 (3.7)	36 (4.5)	47 (5.8)	21 (2.6)	162 (20.1)
<i>t</i> / χ^2 值		2.674	199.51	83.804	1.834	338.114	533.699	49.778
<i>P</i> 值		0.102	0.000	0.000	0.176	0.000	0.000	0.000

2.2 两组患者 MS 发病率比较

按 RHR 的测量值将患者划分为 RHR < 70 次 / min、70 ~ < 80 次 / min、80 ~ < 90 次 / min 及 RHR ≥ 90 次 / min 4 组。随访 5 年后, 男性组患者根据上述划分标准的 MS 发病率分别为 15.4% (50/324)、16.1% (37/231)、17.4% (36/205) 和 25.5% (75/294), 女性组分别为 13.0% (27/208)、28.9% (46/159)、37.0% (61/165) 和 42.3% (116/274)。男、女性组的 MS 发病率比较, 经 χ^2 趋势检验, 差异有统计学意义 ($\chi^2=10.039$ 和 48.437, $P=0.002$ 和 0.000), 均随着 RHR 的增快而升高。见附图。



1: RHR < 70 次 / min; 2: RHR 70 ~ < 80 次 / min; 3: RHR 80 ~ < 90 次 / min; 4: RHR ≥ 90 次 / min

附图 两组患者 MS 发病率比较

2.3 RHR 每增加 1 个单位的 Logistic 回归分析

经年龄、BMI 校正作为模型 1; 经年龄、BMI、健康相关行为 (吸烟、饮酒、体育锻炼) 校正作为模型 2; 经年龄、BMI、健康相关行为 (吸烟、饮酒、体育锻炼) 及预先存在的 MS 组分校正作为模型 3。总体组患者随着 RHR 每增加 1 个单位, MS 的发病风险增加。男女性组经校正后, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 2。

2.4 RHR 分组的 Logistic 回归分析

总体组患者 MS 发病风险亦随着 RHR 增快呈递增趋势, 经年龄、BMI、健康相关行为及预先存在的 MS 组分校正后, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。按性别分层后, 男性组经年龄、BMI、健康相关行为及预先存在的 MS 组分校正后, RHR ≥ 90 次 / min 的差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。女性组 MS 发病风险亦随着 RHR 增快呈递增趋势, 经年龄、BMI、健康相关行为及预先存在的 MS 组分校正后, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。见表 3。

2.5 RHR 每增加 1 个单位后各疾病与 MS 分组的 Logistic 回归分析

本研究进一步分析不同 RHR 与 MS 组分之间的关系。经年龄、BMI、健康相关行为及预先存在的 MS 组

分校正后, RHR 与高血压发生风险相关 ($P < 0.05$)。患者中随着 RHR 每增加 1 个单位, 高血压发病风险亦增加。经性别分层后, 男女性组差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。没有发现 RHR 与其他 MS 组分之间的关系。见表 4。

表 2 Logistic 回归分析参数

模型	总体组				男性组				女性组			
	\hat{OR}	95% CI		P 值	\hat{OR}	95% CI		P 值	\hat{OR}	95% CI		P 值
		下限	上限			下限	上限			下限	上限	
模型 1	1.333	1.213	1.464	0.000	1.201	1.048	1.376	0.008	1.410	1.238	1.607	0.000
模型 2	1.321	1.203	1.452	0.000	1.203	1.050	1.379	0.008	1.404	1.231	1.600	0.000
模型 3	1.320	1.201	1.451	0.000	1.192	1.040	1.367	0.012	1.409	1.235	1.608	0.000

表 3 RHR 分组的 Logistic 回归分析参数

组别	模型 1				模型 2				模型 3			
	\hat{OR}	95% CI		P 值	\hat{OR}	95% CI		P 值	\hat{OR}	95% CI		P 值
		下限	上限			下限	上限			下限	上限	
总体组												
RHR < 70 次 / min	1.000				1.000				1.000			
70 次 / min ≤ RHR < 80 次 / min	1.649	1.209	2.248	0.002	1.602	1.173	2.187	0.003	1.600	1.171	2.185	0.003
80 次 / min ≤ RHR < 90 次 / min	2.050	1.520	2.766	0.000	2.012	1.491	2.716	0.000	2.023	1.498	2.731	0.000
RHR ≥ 90 次 / min	2.384	1.829	3.107	0.000	2.328	1.785	3.035	0.000	2.327	1.784	3.037	0.000
男性组												
RHR < 70 次 / min	1.000				1.000				1.000			
70 次 / min ≤ RHR < 80 次 / min	1.182	0.773	1.809	0.440	1.179	0.769	1.808	0.449	1.170	0.763	1.796	0.472
80 次 / min ≤ RHR < 90 次 / min	1.356	0.883	2.083	0.164	1.374	0.895	2.112	0.147	1.367	0.888	2.105	0.155
RHR ≥ 90 次 / min	1.683	1.177	2.407	0.004	1.680	1.175	2.404	0.004	1.644	1.148	2.355	0.007
女性组												
RHR < 70 次 / min	1.000				1.000				1.000			
70 次 / min ≤ RHR < 80 次 / min	2.441	1.517	3.927	0.000	2.382	1.478	3.839	0.000	2.396	1.486	3.865	0.000
80 次 / min ≤ RHR < 90 次 / min	3.043	1.934	4.788	0.000	3.016	1.916	4.747	0.000	3.026	1.920	4.771	0.000
RHR ≥ 90 次 / min	3.392	2.229	5.161	0.000	3.343	2.195	5.090	0.000	3.375	2.214	5.146	0.000

表 4 RHR 每增加 1 个单位后各疾病与 MS 分组的 Logistic 回归分析相关参数

疾病	总体组				男性组				女性组			
	\hat{OR}	95% CI		P 值	\hat{OR}	95% CI		P 值	\hat{OR}	95% CI		P 值
		下限	上限			下限	上限			下限	上限	
高血压												
模型 1	1.296	1.095	1.688	0.002	1.118	1.031	1.213	0.007	1.397	1.153	1.694	0.001
模型 2	1.271	1.070	1.666	0.002	1.118	1.030	1.213	0.007	1.401	1.154	1.702	0.001
模型 3	1.241	1.025	1.503	0.003	1.118	1.030	1.213	0.008	1.415	1.163	1.721	0.001
高血糖												
模型 1	1.172	0.825	1.665	0.377	1.061	0.978	1.151	0.157	1.228	0.933	1.617	0.143
模型 2	1.106	0.772	1.584	0.583	1.061	0.978	1.151	0.157	1.050	0.778	1.417	0.752
模型 3	1.120	0.772	1.623	0.551	1.064	0.980	1.156	0.138	1.177	0.909	1.525	0.215

续表 4

疾病	总体组				男性组				女性组			
	\hat{OR}	95% CI		P 值	\hat{OR}	95% CI		P 值	\hat{OR}	95% CI		P 值
		下限	上限			下限	上限			下限	上限	
腹型肥胖												
模型 1	1.068	0.900	1.267	0.453	1.058	0.969	1.156	0.209	1.158	0.950	1.412	0.146
模型 2	1.031	0.868	1.225	0.729	1.057	0.968	1.154	0.218	1.127	0.933	1.360	0.214
模型 3	1.073	0.906	1.271	0.415	1.056	0.966	1.154	0.229	1.135	0.843	1.529	0.404
TG 偏高												
模型 1	1.115	0.773	1.608	0.560	1.080	0.994	1.73	0.068	1.203	0.970	1.492	0.093
模型 2	1.112	0.761	1.626	0.583	1.079	0.993	1.171	0.072	1.169	0.939	1.456	0.163
模型 3	0.956	0.637	1.435	0.829	1.085	0.998	1.178	0.055	1.120	0.899	1.396	0.313
HDL-C 偏低												
模型 1	1.041	0.944	1.178	0.094	1.018	0.945	1.109	0.676	1.080	0.876	1.332	0.469
模型 2	1.013	0.965	1.168	0.076	1.018	0.945	1.109	0.678	1.035	0.833	1.287	0.753
模型 3	1.047	0.862	1.167	0.184	1.022	0.938	1.113	0.620	1.063	0.860	1.313	0.573

3 讨论

本研究发现, RHR 与 MS 相关联, 在总体组中, 随着 RHR 的增快, MS 的发病风险增加 1.320 倍, 这与其他学者的研究一致^[13-15]。RHR 与 MS 相关联的机制可能为: ①心数是交感神经兴奋的指标, RHR 增快, 血液循环增快, 血压升高, 导致 RHR 进一步加快。RHR 增快还会导致交感神经失调而引起代谢异常, 包括腰围、FBG 受损及高 TG 血症^[16-19]; ②RHR 增快会加强心收缩能力, 从而改变了血流环境, 减少血管内皮 NO 的合成, 增加 LDL 的摄取, 从而达到对 MS 的调节^[20]。

此外, 日益增多的证据表明, RHR 与 MS 的发病风险之间存在性别差异, 但是结论仍有争议^[21-23]。本研究发现 RHR 为 MS 的危险因素, 但对女性影响更大。RHR 每增加 1 个单位, 风险比增加 1.409 倍; 这与既往日本某些纵向研究结果略有不同, 他们发现 RHR 与日本男性 MS 发病风险相关联, 而不是女性, 但是均未给出很好的解释^[23]。笔者考虑结论的不同与以下几点有关: 首先, MS 及其组分均为慢性发病的过程, 较长时间的随访期或许更有利于发现 RHR 与 MS 的关联在性别方面的差异。其次, 日本与中国存在种族及地域上的差异, 不同的遗传背景、生活习惯、社会环境因素均对 MS 发病产生影响。再次, 某些试验数据的测量及使用的 MS 诊断标准的差异也会对结果产

生混杂影响。目前普遍认为胰岛素抵抗和中心型肥胖是 MS 的致病关键。增强的交感神经活性可以通过作用于骨骼肌血流(交感神经介导的血管收缩作用)对抗胰岛素的降糖作用, 从而表现为高胰岛素血症和胰岛素抵抗^[24-25]。然而有研究发现, 人体对交感神经的反应性存在性别方面的差异。国外学者发现, 相对于男性, 年轻女性对肾上腺素刺激引起的血管收缩效应较为迟钝, 考虑与雌激素可以引起血管舒张效应有关^[26]。此外, 有研究发现无论在静息状态下还是运动状态下, 绝经期女性都表现出增强的肾上腺素-血管收缩效应, 并且交感神经系统活性的转变也会引起血流动力学阻力的持续性增长^[27-28]。在本研究中, 女性组平均年龄在 45 岁左右, 处于围绝经期, 而 5 年的随访也会使得交感神经系统活性的转变在女性身上更为显著。因此本研究中的女性人群在绝经失去雌激素的保护后, 或许为 MS 的高发人群, 这一点或许有利于解释为何 RHR 对女性 MS 的发病风险影响更大。

本研究还进一步分析 MS 各组分与 RHR 的相关性。在总人群中, 随着 RHR 每增加一个标准差, 高血压发病风险亦增加 1.241 倍。这与既往研究基本一致, 证明 RHR 可能为高血压发病的危险因素^[29]。遗憾的是, 本研究并没有发现 RHR 与其他 MS 组分之间的关系。

综上所述, RHR 与 MS 之间有着密切的关联性,

随着 RHR 的加快, MS 风险逐渐升高, 这种影响是独立的, 而且在女性人群中更为显著。但是本研究仍存在不足之处: 首先样本量较少, 而失访人群较多; 其次随访时间也略短; 再次, RHR 是一项动态指标, 其波动会受很多因素干扰, 如药物、疾病及应激状态等, 很难消除这些因素的影响。因此未来需要更大样本量及随访周期更长的纵向研究来进一步研究 RHR 与 MS 的关系。

参 考 文 献:

- [1] DALLMEIER D, LARSON M G, VASAN R S, et al. Metabolic syndrome and inflammatory biomarkers: a community-based cross-sectional study at the framingham heart study[J]. *Diabetology Metabolic Syndrome*, 2012, 4(1): 28.
- [2] TAKAHARA M, SHIMOMURA I. Metabolic syndrome and lifestyle modification[J]. *Rev Endocr Metab Disord*, 2014, 15(4): 317-327.
- [3] SAXENA A, MINTON D, LEE D C, et al. Protective role of resting heart rate on all-cause and cardiovascular disease mortality[J]. *Mayo Clinic Proceedings*, 2013, 88(12): 1420-1426.
- [4] JIANG X, LIU X, WU S, 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.
- [5] ZHANG X, LI Y, WANG F, et al. Independent and combined effects of resting heart rate and pulse pressure with metabolic syndrome in Chinese rural population: the Henan rural cohort study[J]. *Clin Chim Acta*, 2018, 484(26): 246-252.
- [6] GAO X, ZHOU Y, GUO Y C, et al. Association between elevated resting heart rate and metabolic syndrome in a community-based population[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2018, 131(8): 1003-1004.
- [7] VISORAM J K, BORGLYKKE A, ANDREASEN A H, et al. Impact of age and gender on the prevalence and prognostic importance of the metabolic syndrome and its components in Europeans. The MORGAM Prospective Cohort Project[J]. *PLoS One*, 2015, 9(9): DOI:10.1371/journal.pone.0107294.
- [8] SONG Q B, ZHAO Y, LIU Y Q, 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.
- [9] MORALES D D, PUNZALAN F E, PAZPACHECO E, et al. Metabolic syndrome in the Philippine general population: prevalence and risk for atherosclerotic cardiovascular disease and diabetes mellitus[J]. *Diab Vasc Dis Res*, 2008, 5(1): 36-43.
- [10] DIXON J B, ZIMMET P, ALBERTI K G, et al. International diabetes federation taskforce on epidemiology and prevention. bariatric surgery for diabetes: the international diabetes federation takes a position[J]. *Journal of Diabetes*, 2011, 3(2): 263-276.
- [11] 刘力生. 中国高血压防治指南 2010[J]. *中华高血压杂志*, 2011, 19(08): 701-743.
- [12] 中国 2 型糖尿病防治指南 (2017 年版)[J]. *中国实用内科杂志*, 2018, 38(04): 292-344.
- [13] TAKAHASHI T, HARADA M, KIKUNO T, et al. Prevalence of metabolic syndrome in stroke patients: a prospective multicenter study in Japan[J]. *Acute Medicine Surgery*, 2014, 1(1): 17-22.
- [14] VESTERGAARD E T, CICHOSZ S L, MØLLER N, et al. Short-term acipimox treatment is associated with decreased cardiac parasympathetic modulation[J]. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 2017, 83(12): 2671.
- [15] RANA J S, HARDISON R M, POP-BUSUI R, et al. Resting heart rate and metabolic syndrome in patients with diabetes and coronary artery disease in bypass angioplasty revascularization investigation 2 diabetes (BARI 2D) trial[J]. *Preventive Cardiology*, 2010, 13(3): 112-116.
- [16] SCHULTZ H D, MARCUS N J, DEL R R. Role of the carotid body in the pathophysiology of heart failure[J]. *Current Hypertension Reports*, 2013, 15(4): 356-362.
- [17] SPIES L A, MARGOLIN G, SUSMAN E J, et al. Adolescents' cortisol reactivity and subjective distress in response to family conflict: the moderating role of internalizing symptoms[J]. *Journal of Adolescent Health*, 2011, 49(4): 386-392.
- [18] BEHBOUDI L, AZARBAYJANI M A, Aghaalienejad H, et al. Effects of aerobic exercise and whole body vibration on glycaemia control in type 2 diabetic males[J]. *Asian Journal of Sports Medicine*, 2011, 2(2): 83-90.
- [19] SOMOGYI V, GYORFFY A, SCALISE T J, et al. Endocrine factors in the hypothalamic regulation of food intake in females: a review of the physiological roles and interactions of ghrelin, leptin, thyroid hormones, oestrogen and insulin[J]. *Nutrition Research Reviews*, 2011, 24(1): 132-154.
- [20] PERRETGUILLAUME C, JOLY L, BENETOS A. Heart rate as a risk factor for cardiovascular disease[J]. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 2010, 52(1): 6-10.
- [21] LEE J K, RYOO J H, CHOI J M, et al. Serum uric acid level and the incidence of metabolic syndrome in middle-aged Korean men: a 5-year follow-up study[J]. *J Prev Med Public Health*, 2014, 47(6): 317-326.
- [22] 王世英, 石晶, 谢琼秀, 等. 中老年女性静息心率与代谢综合征及其组分间的关联性研究[J]. *海南医学*, 2015, 15(14): 2050-2053.
- [23] ODA E, AIZAWA Y. Resting heart rate predicts metabolic syndrome in apparently healthy non-obese Japanese men[J]. *Acta Diabetologica*, 2014, 51(1): 85-90.
- [24] ANDERSSOHN M, SCHWEDHELM E, LÄ NEBURG N, et al. Asymmetric dimethylarginine as a mediator of vascular dysfunction and a marker of cardiovascular disease and mortality: an intriguing interaction with diabetes mellitus[J]. *Diab Vasc Dis Res*, 2010, 7(2): 105-118.
- [25] SERAVALLE G, GRASSI G. Sympathetic nervous system,

- hypertension, obesity and metabolic syndrome[J]. High Blood Pressure Cardiovascular Prevention the Official Journal of the Italian Society of Hypertension, 2016, 23(3): 1-5.
- [26] MAJMUDAR N G, ANUMBA D, ROBSON S C, et al. Contribution of nitric oxide to beta2-adrenoceptor mediated vasodilatation in human forearm arterial vasculature[J]. Br J Clin Pharmacol, 2015, 47(2): 173-177.
- [27] BARNES J N, HART E C, CURRY T B, et al. Aging enhances autonomic support of blood pressure in women[J]. Hypertension, 2014, 63(2): 303-308.
- [28] SHERWOOD A, PARK S B, HUGHES J W, et al. Cardiovascular hemodynamics during stress in premenopausal versus postmenopausal women[J]. Menopause-the Journal of the North American Menopause Society, 2010, 17(2): 403.
- [29] ZHENG L, SUN Z, ZHANG X, et al. Predictors of progression from prehypertension to hypertension among rural Chinese adults: results from Liaoning province[J]. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil, 2010, 17(2): 217-222.

(李科 编辑)