

文章编号: 1000-8020(2013)05-0730-06

·论著·

人体测量学指标与多重代谢异常的非线性典型相关分析



付晓丽 刘莉¹ 平智广² 李琳琳
郑州大学公共卫生学院 郑州 450001

摘要: 目的 明确人体测量学指标整体与多重代谢异常症状整体的关系,以期对代谢综合征(metabolic syndrome, MS)的预防提出针对性的建议。方法 采用随机整群抽样的方法,以河南省某县为研究现场对常住成年居民进行问卷调查、体格检查和血生化指标检测。采用SPSS 13.0的OVERALS过程进行非线性典型相关分析,并计算典型相关系数、多元相关系数,并绘制各指标关联强度的重心图。结果 共获得调查对象2 914人,其中男性1 134人(38.9%)、女性1 780人(61.1%),平均年龄(50.58±13.70)岁。非线性典型相关的拟合结果为:损失量为0.577,占总变异的28.8% 相对较小,说明两组变量,即生化指标总胆固醇、总甘油三酯、高密度脂蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇和空腹血糖与性别、年龄、体质指数及腰围之间的相关程度较大,常有同步变化趋势;多元相关系数显示各生化检测指标之间和性别、年龄及人体测量学指标之间均存在较强的内部相关,即常出现整体异常现象。各指标关联强度的重心图表明随着年龄增长代谢异常症状增多;女性代谢异常症状较多;超重及肥胖人群伴有多代谢异常;腰围与代谢异常呈正相关。结论 (1)生化指标、人体测量学指标组合变化的几率高;(2)年龄较大人群,特别是中老年男性及老年女性是一级预防的重点人群;(3)超重和腹型肥胖可作为预测多代谢异常的敏感指标;(4)非线性典型相关和重心图在分析多组变量时具有优势。

关键词: 人体测量学指标 多重代谢异常 非线性典型相关分析 重心图
中图分类号: R181.2 R589 文献标志码: A

Non-linear canonical correlation analysis between anthropometric indicators and multiple metabolic abnormalities

FU Xiaoli, LIU Li, PING Zhiguang, LI Linlin

College of Public Health, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China

Abstract: Objective To define the general correlation between anthropometric indicators and multiple metabolic abnormalities, and to put forward some particular suggestions for the prevention of multiple metabolic abnormalities. **Methods** A random cluster sampling was carried out in one county of Henan Province. Questionnaire, physical

基金项目:教育部高等学校博士学科点专项科研基金(No. 20094101120011);国家自然科学基金(No. 81001280, 81202277);河南省科技攻关项目(No. 112102310198)

作者简介:付晓丽,女,硕士,副教授,研究方向:代谢性疾病分子学发病机制, E-mail: fuxiaoli@zzu.edu.cn

¹ 郑州大学基础医学院

² 通信作者:平智广,男,博士,研究方向:慢性非传染性疾病流行病学、医学数据管理与挖掘, E-mail: pingzhg@zzu.edu.cn

examination and biochemical tests were admitted to the adult inhabitants. Non-linear canonical correlation analysis (NLCCA) was applied with OVERALS of SPSS 13.0. The coefficients of canonical correlation and multiple correlation were calculated. The plot of centroids labeled by variables showed the correlation among various indicators. **Results** In total, 2 914 objects were investigated. It included 1 134 (38.9%) males and 1 780 (61.1%) females (60.0%). The average age was (50.58 ± 13.70) years old. The fitting result of NLCCA were as follows: the loss of 0.577 accounting for 28.8% of the total variation was relatively small, and indicated that the two sets of variables of this study, namely sets of biochemical indicators (including serum total cholesterol, total triglyceride, high-density lipoprotein cholesterol, low density lipoprotein cholesterol and fasting plasma glucose) and sets of others (including gender, BMI and waist circumference) were closely related and often changed synchronously. Multivariate correlation coefficient showed that internal indicators of the above two sets were closely related respectively and often showed the multiple anomalies of the same set. The diagram of the center of gravity of the association of various indicators showed that the symptoms of metabolic abnormalities increased with age. Women were more liable to have metabolic abnormalities. Overweight and obese people often suffer multiple metabolic disorders. Waist circumference was positively correlated with metabolic abnormalities. **Conclusion** (1) Biochemical indicators and anthropometric often change in combination. (2) Much attention should be paid to older people especially middle-aged or older men and older women in primary prevention. (3) Overweight and abdominal obesity can be considered the sensitive predictive indicator of multiple metabolic abnormalities. (4) Nonlinear canonical correlation and center of gravity Figure had the advantage of analyze the correlation between multiple sets of variables.

Key words: anthropometric indicators, multiple metabolic abnormalities, non-linear canonical correlation analysis, centroids plot

多重代谢异常 (multiple metabolic abnormalities) 是指肥胖、高血压、高血糖、血脂异常等多种心血管疾病的危险因素在一个个体同时存在的临床症候群。由于以多重代谢异常为主要表现的代谢综合征 (metabolic syndrome, MS) 发病率的增高, 以及由 MS 所导致的 2 型糖尿病、心血管疾病危险性的增加, 其已成为严重的公共卫生问题^[1-2]。而明确简单易测的人体测量学指标如身高、体重、腰围等与代谢异常的关系, 对于早期预防、诊断和干预 MS 是降低心脑血管疾病患病率和病死率, 提高人们生活质量, 延长寿命具有重要意义。以往研究多注重比较不同人体测量学指标预测或诊断高血糖、高血脂、高血压等相关病症的优劣或对多重代谢异常的影响程度^[3-4], 而针对人体测量学指标整体与多重代谢异常症状整体的关系多为典型相关, 而各指标之间不一定呈线性趋势, 非线性典型相关分析可以挖掘两组变量间潜在的非线性关系。为了探索各组指标之间的关系, 本研究采用非线性典型相关分析 (non-linear canonical correlation analysis, NLCCA) 对人

体测量学指标、代谢异常指标及相关指标进行研究, 以期对 MS 的预防提出针对性的建议。

1 对象与方法

1.1 研究对象

研究对象来自河南省某县。于 2010 年以村为单位采用随机整群抽样的方法从当地随机抽取 5 个行政村对其常住成年人口进行调查, 排除孕妇和残障或精神障碍者; 共获得调查对象 2 914 人。

1.2 调查内容

采用问卷调查、体格检查和血清生化指标检测等方法获取研究数据。问卷调查内容主要为人口学指标; 体格检查项目主要有身高、体重、腰围、血压; 血生化指标主要有血清总胆固醇 (total cholesterol, TC)、总甘油三酯 (total triglyceride, TG)、高密度脂蛋白胆固醇 (high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇 (low density lipoprotein cholesterol, LDL-C) 和空腹血糖 (fasting plasma glucose, FPG) 等。

1.3 各指标的测量及赋值

1.3.1 各指标的测量 调查者着轻、薄内衣,按操作规范测量身高、体重、腰围、血压,均测量两次后取均值。生化指标测量:血清 FPG、TC、TG 和 HDL-C 由日立 HITACHI-7060 全自动生化分析仪

完成,LDL-C 通过 Friedewald 公式计算获得。

1.3.2 指标的计算 年龄:仅计算整数年,由调查年减去出生年获得被调查者年龄。体质指数 (BMI) = 体重 (kg) / 身高² (m²)。

1.3.3 指标的赋值 各指标的赋值^[5-7]见表 1。

表 1 各指标的赋值

Table 1 The value assignment of all indexes

指标	分组	赋值
年龄/岁	青年: ≥18 且 <45	1
	中年: ≥45 且 <60	2
	老年: ≥60	3
BMI	体重偏轻: <18.5	1
	正常: ≥18.5 且 <24	2
	超重: ≥24 且 <28	3
	肥胖: ≥28	4
腰围/cm	正常: 男性 <85 或女性 <80	1
	腹型肥胖: 男性 ≥85 或女性 ≥80	2
血压/mmHg	理想血压: SBP <120 且 DBP <80	1
	正常: 120 ≤ SBP <130 和/或 80 ≤ DBP <85	2
	临界高血压: 130 ≤ SBP <140 和/或 85 ≤ DBP <90	3
	高血压: SBP ≥140 和/或 DBP ≥90	4
TC/(mmol/L)	正常: <5.18	1
	边缘升高: ≥5.18 且 <6.21	2
	升高: ≥6.22	3
TG/(mmol/L)	正常: <1.69	1
	边缘升高: ≥1.69 且 <2.26	2
	升高: ≥2.26	3
HDL-C/(mmol/L)	正常: 男性 ≥1.0 或女性 ≥1.3	1
	异常: 男性 <1.0 或女性 <1.3	2
LDL-C/(mmol/L)	正常: <3.37	1
	边缘升高: ≥3.37 且 <4.13	2
	升高: ≥4.14	3
FPG/(mmol/L)	正常血糖: <6.1	1
	糖耐量异常: ≥6.1 且 <7.0	2
	糖尿病: ≥7.0	3

1.4 统计学方法

将数据分为两组,第一组为生化检测指标,包括:TC、TG、HDL-C、LDL-C 和 FPG;第二组为人口学及人体测量学指标,包括:性别、年龄、BMI 和腰围。采用 SPSS 13.0 的 OVERALS 过程进行非线性典型相关分析。非线性典型相关的系数根据公式 $\rho_d = (K \times E_d - 1) / (K - 1)$ 计算,其中 K 为变量组数,本例为 2, E_d 为不同维度的特征根, d 为维度。多元相关系数 R 根据公式 $R = \sqrt{1 - loss}$ 计算。

2 结果

2.1 人口学特征

研究对象 2 914 人,其中男性 1 134 人 (38.9%)、女性 1 780 人 (61.1%)。年龄 18 ~ 78 岁,平均 (50.58 ± 13.70) 岁,男性平均 (51.67 ± 14.40) 岁,女性平均 (49.88 ± 13.18) 岁。

2.2 各变量赋值对应的人数

对人群中各种代谢异常分布情况进行描述 (表 2)。

表 2 所有变量不同赋值的频数分布

Table 2 The frequencies of different values for all indexes

指标	赋值				合计	缺失值
	1	2	3	4		
年龄	1016	1138	760		2914	0
BMI	100	1357	1022	435	2914	0
腰围	755	2157			2912	2
血压	1155	555	454	749	2913	1
TC	2270	507	136		2913	1
TG	1927	464	512		2903	11
HDL-C	1251	1661			2912	2
LDL-C	2460	348	94		2902	12
FPG	2470	256	188		2914	0

2.3 非线性典型相关的拟合结果

NLCCA 分析结果详见表 3。NLCCA 分析能

够解释的变异比例为拟合量除以分析维度,由于本研究采用的是 2 维分析结果,所以分析中能够解释的变异比例为 $1.423/2 \times 100\% = 71.2\%$,其中第一维度能够解释的比例为 $0.771/1.423 \times 100\% = 54.2\%$,第二维度能够解释的比例为 $0.652/1.423 \times 100\% = 45.8\%$ 。合计的平均损失量为 0.577,表示实际拟合值和最大效果的差距,该值越小表示变量间的相关越大。本研究中损失量为 0.577,占总变异的 28.8%,相对较小,说明本研究中两组变量,即生化指标 TC、TG、HDL-C、LDL-C 及 FPG 与性别、年龄、BMI 及腰围之间的相关程度较大。因此第一维度的组间相关系数为 0.542,第二维度的组间相关系数为 0.304。

各组、各维度多元相关系数计算结果见表 4。可见,生化检测指标(TC、TG、HDL-C、LDL-C 与 FPG)在第一维度和第二维度的多元相关系数均大于 0.800;人口学及人体测量学指标(性别、年龄、BMI 与腰围)在第一维度和第二维度的多元相关系数亦均大于 0.800。虽然目前无相应的判定标准,但以线性相关系数为参考,可认为各生化检测指标之间和人口学及人体测量学指标之间均

表 3 两个维度的分析结果

Table 3 The results on two dimensions

变量	组别	维度 1	维度 2	合计
损失量 ⁽¹⁾	第一组	0.230	0.349	0.579
	第二组	0.229	0.347	0.576
	平均损失量	0.229	0.348	0.577
特征根 ⁽²⁾		0.771	0.652	
拟合量 ⁽³⁾				1.423

注:(1)损失量表示模型拟合过程中损失的部分;(2)特征根表示各维度联系的程度;(3)拟合量表示分析中解决的部分。特征根与平均损失量之和为 1,拟合量为两个维度的特征根之和

存在较强的内部相关。

表 4 各组各维度的多元相关系数

Table 4 The multivariate correlation coefficients on two dimensions

组别	维度 1	维度 2
第一组	0.877	0.807
第二组	0.878	0.808

2.4 各指标关联强度的重心图

由于重心图上各指标的距离远近表示两者关系的疏密程度。由图 1 可见,青年人群的代谢症

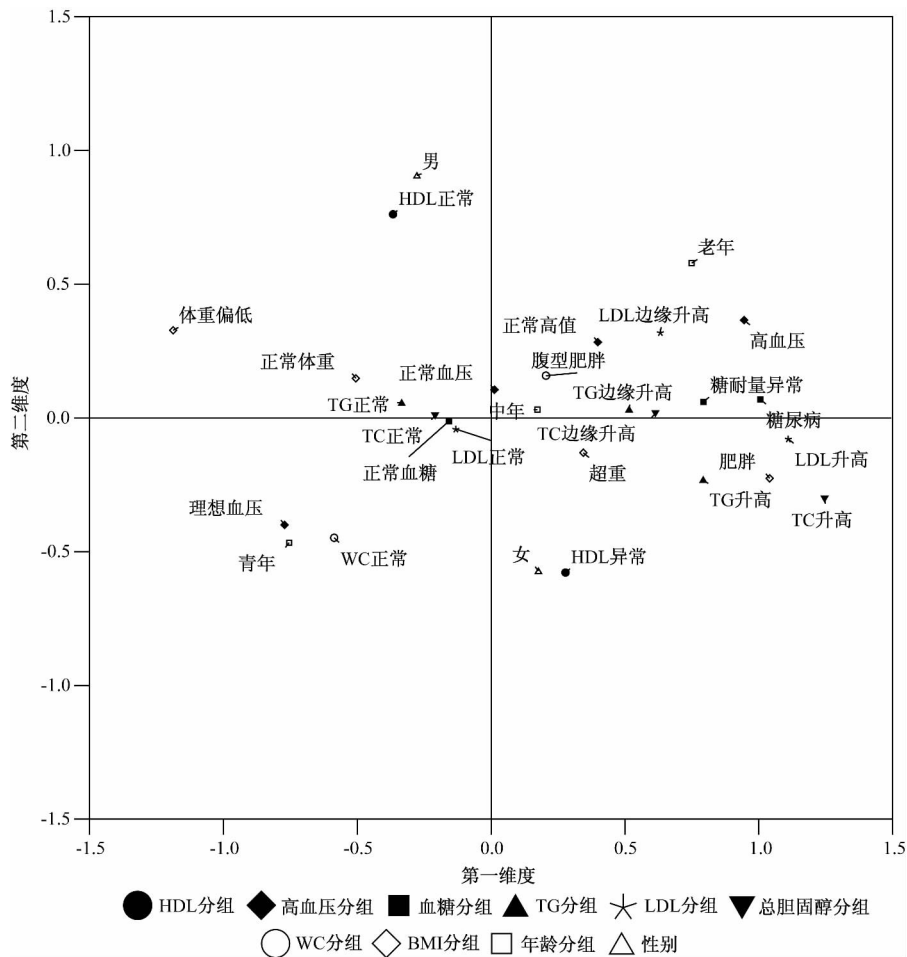


图 1 非线性典型相关各指标关联强度的重心图

Figure 1 Centroids plot of various indicators in non-linear canonical correlation analysis

多为正常,中年人群逐渐出现代谢异常症状,老年人群代谢异常症状最多,且这些代谢异常症状存在聚集性;从性别角度来看,男性的代谢正常较多,而女性异常症状较多;从体重角度来看,超重及肥胖人群伴有多代谢异常,包括 LDL-C 升高、TC 升高、TG 升高、糖尿病、高血压,而体重偏轻和正常体重人群的代谢症状多为正常;从腰围角度来看,腹型肥胖亦多与代谢异常相关,特别是与较轻程度的代谢异常更为相关,如腰围与糖耐量异常程度强于腰围与糖尿病的相关程度。

3 讨论

随着世界范围内肥胖、心脑血管疾病、2 型糖尿病(T2DM)等发生率的上升并严重威胁人们的健康,对代谢异常之间关系的研究日益增多,对症状群之间关系的挖掘亦成为早期预防的突破口。

3.1 代谢生化指标、人体测量学指标组合变化的几率高

NLCCA 分析各生化检测指标之间和人体测量学指标之间均存在较强的内部相关。即 TC、TG、HDL-C、LDL-C 和 FPG 这些生化指标常有同步变化趋势,若一项异常,常伴有多项异常。本研究利用 NLCCA 可以进行多组间整体比较的特性,对生化指标、人体测量学指标、年龄等之间的关系进行了整体分析,发现 BMI 达到超重或肥胖的,常伴腰围增大,而且更为重要的是生化指标也往往出现整体异常现象。叶巧玉等^[8]研究亦证实了超过一半的 MS 患者在中心性肥胖的基础上合并多项指标异常。其中最常见的组合是中心性肥胖 + 高密度脂蛋白血症 + 血压异常,占 63.42%。KAWADA 等^[9]研究亦表明 BMI、腰围等简易的肥胖评价指数与高血压、高血脂密切相关,肥胖患者的生化异常与脂肪含量和脂肪分布关系密切。大量研究已证实,血脂异常、高血糖、超重或肥胖与高血压相关^[10-12]。

3.2 性别、年龄与多代谢异常的关系较为复杂

本研究显示随着年龄的增长,多代谢异常症状出现的越多,呈现聚集现象。孙雪峰等^[13]报道年龄 ≥ 55 岁的男性、年龄 ≥ 65 岁的女性代谢综合症的患病率明显高于年龄 < 55 岁的男性、年龄 < 65 岁的女性。MS 的患病率在 40 岁以后随着年龄的增长相应升高,女性人群表现更为明显,65 ~ 69 岁年龄组的患病率最高^[14]。许多研究支持年龄增长是 MS 独立危险因素^[15]。

本研究显示相对于男性而言,女性多代谢异常症状聚集的现象更为突出,与冯磊等^[16]研究结

果一致。KUZUYA 等^[17]本研究分性别年龄段对 MS 的患病率进行研究,发现男性 MS 患病率皆在 44 ~ 54 岁达到顶点,然后回落,而女性 MS 患病率则随年龄增加持续增加。王红卫等^[18]报道 MS 患病率在 45 或 50 岁之前,男性明显高于女性,61 岁以后女性高于男性。其原因可能是中年男性长期处于高度紧张的工作状态和不规律生活等^[13],而退休后的男性老年人群,社会压力得到缓解,患病风险增长缓慢。而女性绝经后,激素水平发生变化,腹部肥胖增多,且女性绝经期常可引起各种代谢异常^[19-20]。本研究中男女的平均年龄均在 50 岁附近,所以显示女性比男性更容易出现多代谢异常的聚集。

3.3 超重和腹型肥胖都可作为预测多代谢异常的敏感指标

KRAGELUND 等^[21]认为,目前用 BMI 测量肥胖的方法已经过时,该方法会导致对肥胖流行严重程度的低估。课题组以往研究证明^[22]腰围与本研究所涉及的生化检测指标存在较强的相关性,但通过对重心图的深入研究发现,以腰围为判断依据的腹型肥胖与多代谢异常相关,特别是与较轻程度的代谢异常更为相关,该结果表明腰围可能是显示多代谢异常的一个较为灵敏的指标,可采用腰围这一简单的人体测量学指标进行多代谢异常的早期筛检或诊断。同理,对于分级较多的 BMI(体重偏轻、正常体重、超重、肥胖),固然肥胖这一级别与代谢异常相关明显,但超重与较轻程度的代谢异常相关更强,与腹型肥胖的情况十分相似,这一有趣的发现有很重要的提示意义,即 BMI 和腰围都可作为预测多代谢异常的敏感指标。对于这两个指标早期的轻微变化,其意义不可低估,如有异常升高,应引起足够的重视,并进一步检测生化指标有无异常,这对于多代谢异常的早期预防和控制是非常有意义的^[23]。

3.4 非线性典型相关和重心图在分析多组变量时具有优势

以往研究多注重比较不同人体测量学指标预测或诊断相关病症的优劣或分析其对多重代谢异常的影响程度,方法多采用回归或典型相关。由于各种代谢异常指标往往不呈正态分布,因此直接采用典型相关效果并不理想,表现为典型相关系数相对较小;另外典型相关分析仅适用于两组定量指标的分析,不能用于多组间关系的分析。对于人体测量学指标整体与多重代谢异常整体的关系研究,由于分组多,变量多,所以较好的方法是非线性典型相关分析(OVERALS)。它适用于

多组多个变量,分类、连续型数据均可。可以进行组间的整体相关分析以及组内整体相关分析,并可在此基础上绘制重心图^[24],从而直观展现各变量及各类别之间的关系。这也为组份、头绪较多的慢性非传染性疾病的研究提供了一种新的思路。

参考文献

- [1] DAY C. Metabolic syndrome, or what you will: definitions and epidemiology [J]. *Diab Vasc Dis Res*, 2007, 4 (1): 32-38.
- [2] GU D, REYNOLDS K, WU X, et al. Prevalence of the metabolic syndrome and overweight among adults in China [J]. *Lancet*, 2005, 365 (9468): 1398-405.
- [3] HE Y H, CHEN Y C, JIANG X G, et al. Evaluation of anthropometric indices for metabolic syndrome in Chinese adults aged 40 years and over [J]. *Eur J Nutr*, 2012, 51 (1): 81-87.
- [4] FERREIRA A P, FERREIRA C B, BRITO C J, et al. Prediction of metabolic syndrome in children through anthropometric indicators [J]. *Arq Bras Cardiol*, 2011, 96 (2): 121-125.
- [5] 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.
- [6] 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]. *中华高血压杂志*, 2011, 19 (8): 701-743.
- [7] 中华人民共和国卫生部疾病控制司. 中国成人超重和肥胖症预防与控制指南(节录) [J]. *营养学报*, 2004, 26 (1): 1-4.
- [8] 叶巧玉, 项晓青, 倪晓媚, 等. 18 岁以上人群代谢综合征流行的现状研究 [J]. *浙江预防医学*, 2012, 24 (8): 1-3, 12.
- [9] KAWADA T, MORIHASHI M, UEDA H, et al. Body mass index of 23 or more is a risk factor for hypertension and hyperlipidemia in Japanese workers [J]. *Percept Mot Skills*, 2007, 104 (3 Pt 1): 733-738.
- [10] AKINTUNDE A A. Epidemiology of conventional cardiovascular risk factors among hypertensive subjects with normal and impaired fasting glucose [J]. *S Afr Med J*, 2010, 100 (9): 594-597.
- [11] VIRDIS A, GHIADONI L, MASI S, et al. Obesity in the childhood: a link to adult hypertension [J]. *Curr Pharm Des*, 2009, 15 (10): 1063-1071.
- [12] XU C, YANG X, ZU S, et al. Association between serum lipids, blood pressure, and simple anthropometric measures in an adult Chinese population [J]. *Arch Med Res*, 2008, 39 (6): 610-617.
- [13] 孙雪峰, 朱玲, 孙宏, 等. 北京市城区居民年龄与患代谢综合症的风险分析 [J]. *中国老年保健医学*, 2011, 9 (2): 15-17.
- [14] SUN S S, SABO R, ARSLANIAN S, et al. Age variation and sexual dimorphism in the sixteen diagnostic clusters of risk factors for the metabolic syndrome [J]. *Z Gesundh Wiss*, 2012, 20 (5): 487-497.
- [15] 欧阳凤秀, 姜庆五, 俞顺章, 等. 代谢综合征危险因素研究 [J]. *中国公共卫生*, 2004, 20 (3): 60-61.
- [16] 冯磊, 年士艳, 山德生, 等. 不同性别代谢综合征患病情况分析 [J]. *实用医学杂志*, 2007, 23 (5): 664-665.
- [17] KUZUYA M, ANDO F, IGUCHI A, et al. Age-specific change of prevalence of metabolic syndrome: longitudinal observation of large Japanese cohort [J]. *Atherosclerosis*, 2007, 191 (2): 305-312.
- [18] 王红卫, 蔡永江, 刘颜, 等. 深圳市体检人群代谢综合症及其相关危险因素的分析 [J]. *热带医学杂志*, 2012, 12 (3): 329-331, 335.
- [19] CARR M C. The emergence of the metabolic syndrome with menopause [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2003, 88 (6): 2404-2411.
- [20] ESHTIAGHIR, ESTEGHAMATI A, NAKHJAVANI M. Menopause is an independent predictor of metabolic syndrome in Iranian women [J]. *Maturitas*, 2010, 65 (3): 262-266.
- [21] KRAGELUND C, HASSAGER C, HILDEBRANDT P, et al. Impact of obesity on long-term prognosis following acute myocardial infarction [J]. *Int J Cardiol*, 2005, 98 (1): 123-31.
- [22] 刘莉, 平智广, 李琳琳, 等. 成人多代谢异常与家族史的多重对应分析 [J]. *中华流行病学杂志*, 2012, 33 (3): 260-264.
- [23] 刘仕俊, 郭志荣, 胡晓抒, 等. 体质指数正常人群多代谢异常与代谢综合征 [J]. *中国公共卫生*, 2007, 23 (4): 419-421.
- [24] YAZICI A C, ÖĞÜŞE, ANKARALI H, et al. An application of nonlinear canonical correlation analysis on medical data [J]. *Turk J Med Sci*, 2010, 40 (3): 503-510.

收稿日期: 2012-11-26