

# 浙江省成年居民血压水平区域聚集性和危险因素的多水平模型分析

武海滨 胡如英 方乐 张洁 王浩 何青芳 王立新 苏丹婷  
赵鸣 龚巍巍 潘劲 俞敏 叶真

**【摘要】** 目的 应用多水平模型分析浙江省成年居民血压水平的区域聚集性和危险因素。方法 采用多阶段整群随机方法抽取浙江省60个街道/乡镇共17 437名成年人作为研究对象,使用2水平模型分别分析SBP和DBP。结果 男性SBP为(125.14±17.90)mmHg、DBP(80.02±10.07)mmHg,女性SBP为(123.36±20.20)mmHg、DBP(77.42±10.09)mmHg;城市人群SBP为(126.29±19.46)mmHg、DBP(79.64±10.20)mmHg,农村人群SBP为(122.82±18.86)mmHg、DBP(77.99±10.08)mmHg,差异均有统计学意义( $P<0.001$ );SBP和DBP与年龄的Pearson相关系数分别为0.44和0.21( $P<0.001$ );在SBP和DBP的变异中,环境因素分别占5.24%和4.96%;个体水平的年龄、性别、高血压家族史、服用降压药、体育锻炼、吸烟、饮酒、BMI、WC、FPG、TG和TC对SBP和DBP均有影响( $P<0.05$ ),家庭经济收入对SBP有影响( $P<0.05$ ),文化程度、限盐摄入、职业强度对DBP有影响( $P<0.05$ );FPG和TC水平与SBP之间的数量关系以及TC水平与DBP之间的数量关系在街道/乡镇间存在变化( $P<0.05$ )。结论 浙江省成年居民血压分布具有地区聚集性,高血压的预防既需要考虑年龄、BMI、FPG、TG和TC等个体因素,还应考虑地区因素以及不同地区人群对危险因素的敏感性,从而制定针对不同区域的预防策略。

**【关键词】** 血压;危险因素;多水平模型;地区聚集性

**Multilevel regression analysis on regional-cluster and risk factors of blood pressure among adult residents in Zhejiang province** Wu Haibin, Hu Ruying, Fang Le, Zhang Jie, Wang Hao, He Qingfang, Wang Lixin, Su Danting, Zhao Ming, Gong Weiwei, Pan Jin, Yu Min, Ye Zhen. Zhejiang Provincial Center for Disease Control and Prevention, Hangzhou 310051, China  
Corresponding author: Yu Min, Email: myu@cdc.zj.cn

This work was supported by a grant from the Special Major Science and Technology Project in 2011 from Science Technology Department of Zhejiang Province (No. 2011C13032-1).

**【Abstract】** **Objective** Using multilevel analysis model to analyze the regional-cluster and risk factors of blood pressure among adult residents in Zhejiang province. **Methods** Totally, 17 437 residents were studied through a multi-stage cluster random sampling method from 60 streets/townships. Risk factors on SBP and DBP were analyzed through a two-level regression model, respectively. **Results** The average blood pressure in males appeared as: SBP(125.14±17.90)mmHg, DBP(80.02±10.07)mmHg, compared with SBP(123.36±20.20)mmHg, DBP(77.42±10.09)mmHg in females. The average blood pressure in urban areas were SBP(126.29±19.46)mmHg, DBP(79.64±10.20)mmHg, compared with SBP(122.82±18.86)mmHg, DBP(77.99±10.08)mmHg in rural areas, with differences statistically significant ( $P<0.001$ ), between the two areas. Pearson correlation coefficients between SBP, SDP and age were 0.44 and 0.21 ( $P<0.001$ ), respectively. 5.24% variation of the SBP and 4.96% variation of the DBP were attributed to the environmental factors. Factors as age, gender, hypertension in family history, taking medication for blood pressure, physical exercise, smoking, alcohol drinking, BMI, waist, FPG, TG and TC at the individual level, were associated with both SBP and SDP ( $P<0.05$ ). Family income seemed to be related to SBP. Education, reducing salt intake, intensity of occupation would affect on DBP. Influence of FPG and TC on SBP varied among streets/townships while relation between TC and DBP also varied. **Conclusion** The distribution of blood pressure showed regional-cluster phenomenon. Strategies for different regions directed to prevent hypertension should consider the individual factors such as age, BMI, FPG, TG, TC, the regional factors and the sensitivity of different population to factors.

**【Key words】** Blood pressure; Risk factors; Multilevel analysis model; Region cluster

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2014.03.006

基金项目:浙江省重大科技专项(2011C13032-1)

作者单位:310051 杭州,浙江省疾病预防控制中心

通信作者:俞敏, Email: myu@cdc.zj.cn

高血压的发病受多种危险因素的共同作用。与其他地区相比,同一地区的居民在社会经济地位、行为和饮食习惯等方面更为相似,因此血压的分布呈现出区域聚集现象,导致高血压患病率也具有地区差异。为此本研究运用多水平模型定量评价环境因素在血压水平变异中的作用强度,探讨浙江省成年居民血压的聚集性和在不同水平上的影响因素,以期为制定高血压的个体和群体预防措施提供科学依据。

### 对象与方法

1. 调查对象:全省抽中的样本家庭户中年龄 $\geq 18$ 周岁在调查当地居住 $>6$ 个月的常住人口。

2. 抽样方法:采用多阶段整群随机抽样。首先按经济发展水平及类型将浙江省90个县(市、区)分成2类城市和3类农村共5类地区。利用系统抽样方法,第一阶段从5类地区中分别抽取3个县(市、区);第二阶段从上述15个县(市、区)中分别抽取4个街道/乡镇;第三阶段从各街道/乡镇中分别抽取3个村/居委会;第四阶段采用整群抽样,在每个村/居委会中抽取40个家庭进行调查。

3. 调查内容:采用横断面研究方法进行问卷调查、医学体检和实验室检测。问卷调查内容包括一般情况、行为和生活方式等;体格检查包括身高、体重、WC和血压,并计算BMI。血压(SBP、DBP)由经统一培训的人员使用标准水银血压计测量,调查对象静坐5 min后测量2次,取读数均值作为实际值,如2次测量误差 $>10$  mmHg( $1$  mm Hg= $0.133$  kPa),则需进行第3次测量,取3次读数的平均值。被调查者空腹至少10 h后,采集肘静脉血4 ml,使用Beckman CX4 Pro全自动生化分析仪测定TG、TC、HDL-C和FPG。本研究通过浙江省疾病预防控制中心伦理委员会伦理审查,所有调查对象均在调查前签署知情同意书。

4. 统计学分析:所有数据均采用EpiData软件录入,应用SAS 9.1软件统计分析。对于血压值在不同人口学特征的比较采用方差分析,血压的区域聚集性和影响因素使用2水平模型分别分析SBP和DBP,且定义“个体”为水平1单位,“街道/乡镇”为水平2单位。研究中首先拟合空模型(模型中除截距和随机误差外无其他变量),再将水平1的解释变量作为固定效应与血压值建立模型1,然后将4项实验室检测指标(FPG、TG、TC和HDL-C)加入随机效应建立模型2,最后将水平2的解释变量加入固定效应建立模型

3,并根据模型的拟合优度选择最优模型。

### 结 果

1. 一般特征:19 113名调查对象中完成问卷调查、体格检查和静脉采血全部项目者共17 437人,应答率为91.23%。其中男性8 168人(46.85%),平均年龄( $50.13 \pm 15.22$ )岁;女性9 268人(53.15%),平均年龄( $48.58 \pm 14.97$ )岁;城市居民6 912人(39.64%),平均年龄( $50.90 \pm 15.05$ )岁;农村居民10 525人(60.36%),平均年龄( $48.26 \pm 15.04$ )岁。平均血压:男性SBP( $125.14 \pm 17.90$ ) mmHg、DBP( $80.02 \pm 10.07$ ) mmHg,女性SBP( $123.36 \pm 20.20$ ) mmHg、DBP( $77.42 \pm 10.09$ ) mmHg;城市人群SBP( $126.29 \pm 19.46$ ) mmHg、DBP( $79.64 \pm 10.20$ ) mmHg,农村人群SBP( $122.82 \pm 18.86$ ) mmHg、DBP( $77.99 \pm 10.08$ ) mmHg。在不考虑环境因素对血压影响的情况下,男性血压高于女性,城市人群高于农村人群( $P < 0.001$ ),SBP和DBP水平与年龄的Pearson相关系数( $r$ )分别为0.44和0.21( $P < 0.001$ ),因此随年龄增加SBP和DBP水平均呈递增趋势,以SBP更为明显(表1)。

2. 血压水平区域聚集性:对数据中的连续型变量进行中心化,并分别以SBP和DBP为因变量拟合空模型,若数据存在层次结构则分别将水平1和水平2的解释变量纳入模型进行分析,若数据不存在层次结构则采用常规多元回归分析<sup>[1]</sup>。空模型拟合结果显示,不论是SBP还是DBP,水平2(街道/乡镇)的残差方差( $\sigma^2$ )估计值均有统计学意义( $P < 0.001$ ),提示资料存在水平2上的随机效应,具有明显层次结构,认为血压水平存在地区聚集现象(表2)。SBP和DBP的组内相关系数(ICC)分别为5.24%和4.96%,说明在SBP和DBP的变异中,环境因素分别占5.24%和4.96%,适合做多水平模型分析。

3. 血压的影响因素:按照上述建模过程分别将SBP和DBP作为反应变量建立模型1~3(表3)。与空模型拟合结果(表2)相比,“街道/乡镇”和“个体”水平随机效应的方差估计值均减少,而模型拟合优度指标也降低,进一步表明纳入的变量可以解释血压的变异,根据模型的拟合优度对于SBP和DBP均选择模型3作为最优模型。在固定效应中,“个体”水平的年龄、性别、高血压家族史、服用降压药、体育锻炼、吸烟、饮酒、BMI、WC、FPG、TG和TC因素对SBP和DBP均有影响( $P < 0.05$ ),家庭收入对SBP有影响( $P < 0.05$ ),文化程度、限盐摄入和职业强度对DBP有影响( $P < 0.05$ )。此外,FPG和TC水平对

SBP 的影响在固定效应和随机效应中的差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), TC 水平对 DBP 的影响在固定效应和随机效应中的差异亦均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 并且在加入这些随机效应后模型的拟合优度得到提高, 因此 FPG 和 TC 水平与 SBP 间的数量关系在“街道/乡镇”之间存在变化, TC 水平与 DBP 间的关系在“街道/乡镇”之间也存在变化, 即随机系数的差异有统计学意义。在固定效应中, 水平 2 的解释变量“城乡”对于 DBP 和 SBP 均尚未显示出差异有统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

### 讨 论

采用多阶段整群随机抽样方法研究血压影响因素获得的资料通常具有明显的层次结构特点, 即同一层内的个体存在一定相近或相似的特征, 此外, 由于各层具有不同的背景和环境, 层间变异性较大, 很难满足方差齐性的要求。如将来自不同区域的研究对象直接合并后采用传统的线性回归或 logistic 回归方法, 则不能将环境因素的作用单独分离出来, 往往会高估危险因素的作用强度, 增加了 I 类错误。多水平模型能够将残差项分解到与其数据层次结构相应的水平上, 所以对危险因素的估计更为准确<sup>[2-4]</sup>。

本研究发现在 SBP 和 DBP 的变异中, 环境因素分别占 5.24% 和 4.96%。杨永利等<sup>[5]</sup>通过拟合 2 水平 logistic 回归模型, 发现我国成年人高血压的患病情况受当地区域环境因素的影响。Merlo 等<sup>[6]</sup>将 SBP 作为连续性变量, 结果表明人群因素在 SBP 变异中占 7% ~ 8%, 由于其抽样人群来自多个国家和地区, 环境的影响作用也就更大。

本研究运用多水平模型方法进一步验证了个体因素中年龄、性别和高血压家族史对血压的影响<sup>[7-9]</sup>。BMI 和 WC 是血压值升高的危险因素, 提示肥胖特别是向心性肥胖患高血压的风险更高, 而体育锻炼则可在一定程度上降低血压值。FPG、TG 和 TC 指标与 SBP、DBP 间的正性关联同文献报道<sup>[5, 10]</sup>。Awoke 等<sup>[11]</sup>报道 66% 的糖尿病患者同时患有高血

表 1 调查对象人口学特征及血压水平 ( $\bar{x} \pm s$ )

特 征	人 数	构 成 比 (%)	SBP (mmHg)	P 值	DBP (mmHg)	P 值
年龄(岁)				<0.001		<0.001
18 ~	4 719	27.06	113.52 ± 13.83		74.69 ± 9.40	
40 ~	3 740	21.45	120.67 ± 16.36		79.10 ± 10.34	
50 ~	4 386	25.15	127.34 ± 18.00		81.04 ± 9.98	
60 ~	4 592	26.33	135.03 ± 20.45		80.05 ± 9.77	
性别				<0.001		<0.001
男	8 169	46.85	125.14 ± 17.90		80.02 ± 10.07	
女	9 268	53.15	123.36 ± 20.20		77.42 ± 10.09	
民族				0.657		0.217
汉族	17 359	99.55	124.20 ± 19.18		78.65 ± 10.16	
少数民族	78	0.45	123.23 ± 19.00		77.22 ± 10.24	
高血压病史				<0.001		<0.001
有	3 731	21.40	131.39 ± 20.98		82.19 ± 10.89	
无	13 706	78.60	122.24 ± 18.17		77.68 ± 9.34	
文化程度				<0.001		<0.001
文盲	3 309	18.98	132.81 ± 21.05		80.12 ± 10.15	
小学	5 727	32.86	126.54 ± 18.90		79.66 ± 10.12	
初中	5 400	30.98	120.19 ± 17.04		77.92 ± 10.01	
高中/中专	2 156	12.37	118.29 ± 17.06		76.95 ± 10.19	
大专及以上	836	4.80	115.03 ± 14.99		74.90 ± 9.49	
婚姻状况				<0.001		<0.001
未婚	1 183	6.79	114.11 ± 14.86		74.11 ± 9.33	
已婚	15 214	87.39	124.27 ± 18.97		78.93 ± 10.16	
离异/丧偶	1 013	5.82	134.75 ± 20.55		79.63 ± 9.91	
城乡				<0.001		<0.001
城市	6 912	39.64	126.29 ± 19.46		79.64 ± 10.20	
农村	10 525	60.36	122.82 ± 18.86		77.99 ± 10.08	
家庭人均年收入(元)				<0.001		<0.001
不愿回答	859	4.93	129.09 ± 20.00		80.94 ± 10.37	
<10 000	5 478	31.42	125.63 ± 19.98		78.74 ± 10.21	
10 000 ~	4 675	26.81	123.29 ± 18.25		78.52 ± 10.22	
>20 000	6 425	36.85	122.97 ± 18.84		78.34 ± 10.02	

注:文化程度缺失 9 人;婚姻状况缺失 5 人

表 2 研究对象血压空模型拟合结果

效应	参 数	SBP(mmHg)		DBP(mmHg)	
		$\beta(s_e)$	P 值	$\beta(s_e)$	P 值
固定效应	截距	124.13(0.55)	<0.001	78.66(0.29)	<0.001
随机效应	街道/乡镇( $\sigma_{\alpha}^2$ )	19.27(3.60)	<0.001	5.11(0.95)	<0.001
	个体( $\sigma_{\epsilon}^2$ )	348.58(3.74)	<0.001	97.97(1.05)	<0.001
拟合优度	-2 Res log likelihood	151 737.4		129 603.8	
	AIC	151 741.4		129 607.8	

压, 而血脂异常也与高血压存在相关关系, 这可能由于糖尿病、高血脂症和高血压之间具有共同的危险因素, 也可能是这三种疾病间存在相互影响和相互促进的机制。由于肥胖也是糖尿病和高血脂症已知危险因素, 所以合理膳食、积极锻炼、控制体重、保持合适的体型既能够控制血糖和血脂水平又能够降低血压值。研究中发现饮酒与血压值正相关, 而吸烟与血压值呈负相关, 这与一些文献报道相反, 但也有研究认为吸烟与血压无关或负相关<sup>[5, 7, 11]</sup>, 可能是由于吸烟难以精确测量, 还应考虑到吸烟量、吸烟年限、烟草的种类和戒烟情况等更为详细的信息。此外人均年

表3 浙江省成年居民SBP、DBP影响因素的2水平模型 $\beta$ ( $s_e$ )值分析

效应	解释变量	SBP			DBP		
		模型1	模型2	模型3	模型1	模型2	模型3
固定效应	截距	125.99(1.00) <sup>*</sup>	125.89(1.00) <sup>*</sup>	125.47(1.06) <sup>*</sup>	81.34(0.58) <sup>*</sup>	81.83(0.58) <sup>*</sup>	80.94(0.62) <sup>*</sup>
街道/乡镇	城乡(城市=1,农村=0)	-	-	1.06(0.88)	-	-	0.92(0.53)
个体特征	家庭人均年收入(越高=1~3↑)	-0.50(0.14) <sup>*</sup>	-0.50(0.14) <sup>*</sup>	-0.50(0.14) <sup>*</sup>	-0.13(0.08)	-0.13(0.08)	-0.13(0.08)
	年龄	0.38(0.01) <sup>*</sup>	0.38(0.01) <sup>*</sup>	0.38(0.01) <sup>*</sup>	0.06(0.01) <sup>*</sup>	0.06(0.01) <sup>*</sup>	0.06(0.01) <sup>*</sup>
	性别(男=1,女=2)	-1.13(0.31) <sup>*</sup>	-1.11(0.31) <sup>*</sup>	-1.11(0.31) <sup>*</sup>	-1.93(0.18) <sup>*</sup>	-1.93(0.18) <sup>*</sup>	-1.93(0.18) <sup>*</sup>
	文化程度(越高=1~5↑)	-0.26(0.15)	-0.26(0.15)	-0.26(0.15)	-0.34(0.08) <sup>*</sup>	-0.34(0.08) <sup>*</sup>	-0.34(0.08) <sup>*</sup>
	高血压家族史(有=1,无=0)	2.78(0.32) <sup>*</sup>	2.78(0.32) <sup>*</sup>	2.78(0.32) <sup>*</sup>	1.97(0.18) <sup>*</sup>	1.96(0.18) <sup>*</sup>	1.96(0.18) <sup>*</sup>
	服用降压药(是=1,否=0)	11.53(0.40) <sup>*</sup>	11.52(0.40) <sup>*</sup>	11.51(0.40) <sup>*</sup>	4.11(0.23) <sup>*</sup>	4.13(0.23) <sup>*</sup>	4.13(0.23) <sup>*</sup>
	体育锻炼(有=1,无=0)	-0.66(0.34)	-0.67(0.34)	-0.69(0.35) <sup>*</sup>	-0.50(0.20) <sup>*</sup>	-0.50(0.20) <sup>*</sup>	-0.51(0.20) <sup>*</sup>
	限盐摄入(是=1,否=0)	-0.20(0.42)	-0.20(0.42)	-0.21(0.42)	-0.53(0.24) <sup>*</sup>	-0.52(0.24) <sup>*</sup>	-0.54(0.24) <sup>*</sup>
	吸烟(是=1,否=0)	-2.34(0.35) <sup>*</sup>	-2.32(0.35) <sup>*</sup>	-2.31(0.35) <sup>*</sup>	-0.84(0.20) <sup>*</sup>	-0.85(0.20) <sup>*</sup>	-0.84(0.20) <sup>*</sup>
	饮酒(是=1,否=0)	1.27(0.32) <sup>*</sup>	1.25(0.32) <sup>*</sup>	1.25(0.32) <sup>*</sup>	1.35(0.18) <sup>*</sup>	1.35(0.18) <sup>*</sup>	1.34(0.18) <sup>*</sup>
	职业强度(越高=1~3↑)	0.02(0.18)	0.04(0.18)	0.04(0.18)	0.29(0.10) <sup>*</sup>	0.30(0.10) <sup>*</sup>	0.30(0.10) <sup>*</sup>
	BMI	0.74(0.06) <sup>*</sup>	0.73(0.06) <sup>*</sup>	0.73(0.06) <sup>*</sup>	0.61(0.04) <sup>*</sup>	0.60(0.04) <sup>*</sup>	0.60(0.04) <sup>*</sup>
	WC	0.16(0.02) <sup>*</sup>	0.16(0.02) <sup>*</sup>	0.16(0.02) <sup>*</sup>	0.09(0.01) <sup>*</sup>	0.09(0.01) <sup>*</sup>	0.09(0.01) <sup>*</sup>
	FPG	0.87(0.10) <sup>*</sup>	0.96(0.14) <sup>*</sup>	0.95(0.14) <sup>*</sup>	0.13(0.06) <sup>*</sup>	0.14(0.06) <sup>*</sup>	0.14(0.06) <sup>*</sup>
	TG	0.73(0.10) <sup>*</sup>	0.72(0.11) <sup>*</sup>	0.72(0.11) <sup>*</sup>	0.50(0.06) <sup>*</sup>	0.51(0.07) <sup>*</sup>	0.51(0.07) <sup>*</sup>
	TC	0.99(0.17) <sup>*</sup>	1.01(0.20) <sup>*</sup>	1.01(0.20) <sup>*</sup>	0.68(0.10) <sup>*</sup>	0.70(0.12) <sup>*</sup>	0.70(0.12) <sup>*</sup>
	HDL-C	1.29(0.60) <sup>*</sup>	1.21(0.63)	1.22(0.63)	0.43(0.34)	0.36(0.36)	0.37(0.36)
随机效应	街道/乡镇( $\sigma_0^2$ )	12.45(2.34) <sup>*</sup>	11.63(2.22) <sup>*</sup>	11.47(2.21) <sup>*</sup>	4.53(0.84) <sup>*</sup>	4.45(0.83) <sup>*</sup>	4.28(0.81) <sup>*</sup>
	个体( $\sigma_{0i}^2$ )	235.49(2.53) <sup>*</sup>	233.96(2.53) <sup>*</sup>	233.96(2.53) <sup>*</sup>	77.03(0.83) <sup>*</sup>	76.73(0.83) <sup>*</sup>	76.72(0.83) <sup>*</sup>
	FPG	-	0.49(0.21) <sup>*</sup>	0.49(0.21) <sup>*</sup>	-	0.01(0.04)	0.01(0.04)
	TG	-	0.15(0.13)	0.15(0.13)	-	0.05(0.04)	0.05(0.04)
	TC	-	0.71(0.34) <sup>*</sup>	0.72(0.34) <sup>*</sup>	-	0.25(0.12) <sup>*</sup>	0.26(0.12) <sup>*</sup>
	HDL-C	-	1.61(3.07)	1.63(3.07)	-	0.46(1.06)	0.44(1.06)
拟合优度	-2 Res log likelihood	144 721.5	144 691.6	144 688.6	125 289.3	125 274.2	125 270.6
	AIC	144 725.5	144 703.6	144 700.6	125 293.3	125 286.2	125 282.6

注: \*  $P < 0.05$

收入高的家庭SBP水平较低,文化程度高和限盐摄入可降低DBP,而职业强度高可导致DBP升高,这与其他研究结果相似<sup>[1,11]</sup>。FPG和TC水平与SBP间的数量关系在“街道/乡镇”间存在变化,TC水平与DBP间的关系也在“街道/乡镇”间存在变化,即这些指标与血压的关系在“街道/乡镇”间具有异质性,不同街道/乡镇的人群对这些因素的敏感性存在差异,这可能是不同人群在基因或环境上的差异所致。

总之,本研究使用多水平模型分析,能够定量评价环境因素对血压值的作用强度,同时可以将环境因素的效应分离出来,因此对危险因素的估计更为准确。当然本研究也有缺陷。如本文仅为横断面调查,其因果推断的说服力较差,且未考虑不同水平间变量的交互作用,再之建模过程中尚未调整抽样权重,诸如这些将通过队列研究和加权多水平模型进一步验证文中的危险因素。

参 考 文 献

[1] Gao JL, Fu H. Multilevel analysis on influencing factors regarding blood level among elderly hypertensive patients at the community level[J]. Chin J Epidemiol, 2009, 30(4): 318-321. (in Chinese)  
高俊岭,傅华.上海市社区老年高血压患者血压水平影响因素的多水平分析[J].中华流行病学杂志,2009,30(4):318-321.  
[2] Yang M, Li XS. Common multilevel statistical models in medicine and public health[M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2007. (in Chinese)

杨琨,李晓松.医学和公共卫生研究常用多水平统计模型[M].北京:北京大学医学出版社,2007.  
[3] Sullivan LM, Duker KA, Losina E. Tutorial in biostatistics. An introduction to hierarchical linear modeling[J]. Stat Med, 1999, 18(7): 855-888.  
[4] Xing JN, Qian SS, Wang L. Application and progress of multilevel models in epidemiological research[J]. Chin J Epidemiol, 2013, 34(1): 98-100. (in Chinese)  
邢健男,钱莎莎,王璐.多水平模型在流行病学研究中的应用进展[J].中华流行病学杂志,2013,34(1):98-100.  
[5] Yang YL, Fu PY, Hu DS, et al. Multilevel regression analysis on region cluster and risk factors of hypertension in the Chinese adult population[J]. Chin J Epidemiol, 2009, 30(7): 716-719. (in Chinese)  
杨永利,付鹏珏,胡东生,等.中国成年人高血压患病区域聚集性及危险因素的多水平模型分析[J].中华流行病学杂志,2009,30(7):716-719.  
[6] Merlo J, Asplund K, Lynch J, et al. Population effects on individual systolic blood pressure: a multilevel analysis of the World Health Organization MONICA Project[J]. Am J Epidemiol, 2004, 159(12): 1168-1179.  
[7] Matheson FI, White HL, Moineddin R, et al. Neighbourhood chronic stress and gender inequalities in hypertension among Canadian adults: a multilevel analysis[J]. J Epidemiol Community Health, 2010, 64(8): 705-713.  
[8] Giday A, Tadesse B. Prevalence and determinants of hypertension in rural and urban areas of southern Ethiopia[J]. Ethiop Med J, 2011, 49(2): 139-147.  
[9] Le C, Jun D, Yichun L, et al. Multilevel analysis of the determinants of pre-hypertension and hypertension in rural southwest China[J]. Public Health Rep, 2011, 126(3): 420-427.  
[10] Boyko EJ, Barr EL, Zimmet PZ, et al. Two-hour glucose predicts the development of hypertension over 5 years: the AusDiab study[J]. J Hum Hypertens, 2008, 22(3): 168-176.  
[11] Awoke A, Awoke T, Alemu S, et al. Prevalence and associated factors of hypertension among adults in Gondar, Northwest Ethiopia: a community based cross-sectional study[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2012, 12: 113.

(收稿日期:2013-09-01)  
(本文编辑:张林东)