

# 中国成年人红肉摄入量对体重指数、体重及超重危险性影响的多水平纵向研究

王志宏 张兵 王惠君 张继国 杜文雯 苏畅 张伋 翟凤英

**【摘要】** 目的 分析中国成年人红肉摄入量对BMI、体重及超重危险的影响。方法 利用开放式队列研究“中国健康与营养调查”在1991—2009年间至少参加过一轮调查的18 006名成年人(其中男性占47.5%),应用三水平(社区-个人-调查时间)混合效应模型分析红肉摄入量对BMI、体重变化和超重( $BMI \geq 24 \text{ kg/m}^2$ )危险的影响。采用连续3天24小时膳食回顾方法评价成年人平均每日红肉摄入量。结果 中国成年人高红肉摄入量一般是年轻、收入水平和受教育程度高、体力活动水平低、总能量摄入高及有吸烟和饮酒习惯者。三水平混合效应线性模型显示成年人红肉摄入量与BMI、体重的变化呈正相关。在调整其他因素(年龄、收入水平、受教育程度、吸烟、饮酒、体力活动水平、城市化程度和总能量摄入水平)后,与不进食红肉男女性相比,红肉摄入水平最高组的男女性BMI值分别增加了 $0.17 \text{ kg/m}^2$  (95%CI: 0.08 ~ 0.26,  $P < 0.0001$ )和 $0.12 \text{ kg/m}^2$  (95%CI: 0.02 ~ 0.22,  $P < 0.05$ ),体重分别增加了596 g (95%CI: 329 ~ 864,  $P < 0.0001$ )和400 g (95%CI: 164 ~ 636,  $P < 0.0001$ )。进一步调整基线BMI值后,三水平logistic模型显示,与不进食红肉的成年人相比,最高红肉摄入水平的男女性发生超重的相对危险分别是1.21 (95%CI: 1.01 ~ 1.46,  $P < 0.05$ )和1.18 (95%CI: 1.01 ~ 1.37,  $P < 0.05$ )。结论 较高的红肉摄入量可增加BMI和体重,并增加发生超重的危险。

**【关键词】** 体重指数; 超重; 红肉; 成年人; 队列研究; 多水平模型

**Study on the multilevel and longitudinal association between red meat consumption and changes in body mass index, body weight and risk of incident overweight among Chinese adults** WANG Zhi-hong, ZHANG Bing, WANG Hui-jun, ZHANG Ji-guo, DU Wen-wen, SU Chang, ZHANG Ji, ZHAI Feng-ying. National Institute for Nutrition and Food Safety, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China

Corresponding author: ZHANG Bing, Email: zzhangb327@yahoo.com.cn

This work was supported by grants from the China Health and Nutrition Survey was Cooperated by Chinese Center for Disease Control and Prevention and University of North Carolina, US (No. R01-HD30880, DK056350 and R01-HD38700) and National Natural Science Foundation of China (No. 81172666).

**【Abstract】 Objective** To examine the longitudinal association between red meat consumption and changes in body mass index (BMI), body weight and overweight risk in Chinese adults. **Methods** Data from the open, prospective cohort study ‘China Health and Nutrition Survey’ (CHNS), 18 006 adults (47.5% males) were chosen as the study subjects who participated in at least one wave of survey between 1991 and 2009. Three-level (community-individual-measure occasion) mixed effect modeling was performed to investigate the effect of red meat consumption on BMI, body weight changes and risk of overweight. The average daily red meat intake was assessed using consecutive 3 d 24 h recalls. **Results** In general, participants with higher red meat intake appeared to be those with younger age, higher personal income and higher education level, lower physical activities, higher total energy intake, smokers and alcohol drinkers. 3-level mixed-effects linear regression models showed that red meat intake was positively associated with changes in BMI and body weight. Compared to those who consumed no red meat, men and women in the highest quartile

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2013.07.001

基金项目: 中国疾病预防控制中心和美国北卡罗莱纳大学人口中心合作项目“中国健康与营养调查”(R01-HD30880, DK056350, R01-HD38700); 国家自然科学基金(81172666)

作者单位: 100050 北京, 中国疾病预防控制中心营养与食品安全所公共营养与政策标准室

通信作者: 张兵, Email: zzhangb327@yahoo.com.cn

of red meat intake showed an increase of 0.17 (95% CI: 0.08–0.26,  $P < 0.0001$ ) and 0.12 kg/m<sup>2</sup> (95% CI: 0.02–0.22,  $P < 0.05$ ) on BMI and increase of 596 g (95% CI: 329–864,  $P < 0.0001$ ) and 400 g (95% CI: 164–636,  $P < 0.0001$ ) on body weight, respectively, after adjustment for potential confounders (age, income, education, smoking, alcohol, physical activity level, community urbanization index and total energy intake). After adjustment for above confounders and baseline BMI, results from the 3-level mixed effect logistic model indicated that the odds ratios of being overweight in males and females who had the highest quartile of red meat intake were 1.21 (95% CI: 1.01–1.46,  $P < 0.05$ ) and 1.18 (95% CI: 1.01–1.37,  $P < 0.05$ ) in comparison with non-consumers of red meat, respectively.

**Conclusion** Higher red meat intake was associated with increased BMI and body weight, as well as increased overweight risk.

**【Key words】** Body mass index; Overweight; Red meat; Adults; Longitudinal study; Multilevel modeling

我国居民膳食结构在过去20年间发生了巨大转变,即谷类食物和蔬菜水果摄入量明显下降,而动物性食物的摄入量快速上升,主要表现为猪肉等畜禽类的增加<sup>[1-3]</sup>;在营养变迁的同时,居民超重和肥胖率呈逐年上升趋势<sup>[1,3,4]</sup>。WHO报告膳食和体力活动是影响肥胖的重要因素<sup>[5]</sup>。由于红肉富含饱和脂肪酸和提供高能量,许多研究发现较高红肉摄入量是肥胖及其相关慢性病的独立危险因素<sup>[6-8]</sup>,但研究结论并不一致,某些营养干预研究发现红肉摄入有利于减轻体重、控制血压甚至是某些膳食有关慢性病的保护因素<sup>[9]</sup>。目前缺乏我国成年人红肉摄入的长期变化对BMI及肥胖发生危险的追踪研究。为此本研究拟利用中美合作课题“中国健康与营养调查”(1991–2009)的随访数据,采用多水平分析方法探讨长期红肉摄入量变化对我国18~75岁成年人BMI、体重及超重和肥胖危险性的影响。

### 对象与方法

1. 数据来源:来自中国疾病预防控制中心营养与食品安全所与美国北卡罗莱纳大学人口中心合作开展的长期纵向追踪项目“中国健康与营养调查”(1991–2009)。该调查采用分层多阶段整群随机抽样,在黑龙江(1997年开始参加)、辽宁(1997年没有参加)、山东、江苏、河南、湖南、湖北、广西及贵州9个省(自治区)进行,分层分阶段抽取的城市居委/郊区村/县城居委会/村为基本抽样单位——社区,在抽取的每一社区中随机抽取20个居民户,将户内的所有家庭成员作为调查对象,每轮调查尽可能追踪相同的调查户及户内成员。具体抽样方法、调查方案和内容见文献[10–13]。

2. 研究对象:研究对象包括参加1991、1993、1997、2000、2004、2006和2009年7轮追踪调查中至少一次接受调查的18~75岁成年人,删除孕妇、乳母和能量摄入异常(男性>6000 kcal或<800 kcal;

女性>4000 kcal或<600 kcal)者、BMI<14 kg/m<sup>2</sup>或>45 kg/m<sup>2</sup>者及身高、体重、膳食数据缺失者,共入组18 006人(男性占47.5%),该人群居住在236个社区中,平均每个社区237(36~403)人,人均参加3.1轮调查。

### 3. 评价指标:

(1)红肉摄入量:每轮调查均采用连续3天24小时(3 d 24 h)膳食回顾询问法收集食物消费数据,并以家庭为单位采用称重记账法收集3 d的食用油和调味品消费量。红肉指猪、牛、羊等及其内脏和肉制品。在计算总能量摄入时,将家庭食用油和调味品消费量按家庭中个人能量消费比分配到个人,再分别利用1981、1991、2002和2004年食物成分表将相应调查年份收集到的各类食物及食用油和调味品消费量转换成总能量和营养素值<sup>[14-16]</sup>。计算3 d的平均红肉摄入量(g/d),然后将不食红肉者归为一组,食红肉者按摄入量的四分位分为4个组(Q1~Q4),共计5个水平。

(2)BMI和超重/肥胖:现场调查员经统一培训考核。身高测量采用SECA206身高计,用前校对调零,测量时脱鞋帽,读数精确到0.1 cm;体重计量采用的电子体重称,用前校对调零,测量时只穿少量衣服,读数精确到0.1 kg;BMI计算为体重(kg)/身高(m)<sup>2</sup>。采用卫生部2003年《中国成人超重和肥胖症预防控制指南》的标准<sup>[17]</sup>,超重为 $24 \leq \text{BMI} < 28 \text{ kg/m}^2$ ,肥胖为 $\text{BMI} \geq 28 \text{ kg/m}^2$ 。本研究中将超重和肥胖合并为一组,建立是否超重/肥胖的二分类结局变量。

4. 研究方法:调查数据呈嵌套性结构,即同一社区内(第三水平)生活的个体(第二水平),每个人提供1~7轮(第三水平)随访数据。该数据特点中潜在的“聚集性”违反了传统分析方法中数据独立性和方差齐性等前提假设,故拟采用多水平模型方法,更为准确地估计参数和统计学检验<sup>[18-20]</sup>。连续性BMI或体重为因变量时,采用多水平随机截距线性模型;

而以超重/肥胖为二分类因变量时,则应用多水平随机截距 logistic 回归模型。

在分析引入模型的其他指标包括调查年份、年龄(进入队列时年龄 18~29、30~44、45~59、60~75 岁)、家庭人均经济收入(三分位)、教育水平(小学及以下、初中、初中以上)、体力活动(三分位)、吸烟(是/否)、饮酒(是/否)、总能量摄入量(连续性变量)和蔬菜水果摄入量等个人水平变量、Jones-Smith 和 Popkin<sup>[21]</sup>建立的社区城市化指数(三分位)——社区水平变量,从经济、人口、基础建设等 12 个方面评价社区的城市化程度,得分范围在 0~120,高分值代表城市化程度高。

首先分性别拟合不包含任何自变量的二水平和三水平的空模型,似然比检验发现三水平模型优于二水平模型;然后分性别拟合一系列的三水平模型,依次调整人口经济因素、其他生活方式、城市化指数、能量及有统计学意义的其他食物摄入(如蔬菜水果、禽肉、鱼虾类、食用油、谷类及大豆类)等。将红肉各摄入水平的中位数值以连续型变量形式代入模型进行趋势性检验。

5. 统计学分析:用 SAS 9.2 和 Stata 12.0 统计软件整理和分析数据,多水平模型通过 Stata 12.0 软件中的 XT MIXED 和 GLLAMM 模块实现<sup>[18]</sup>。

## 结 果

1. 基本情况:表 1 显示,居住在城市化水平较高的社区、年龄较轻、男性、经济收入较高、受教育程度较高、较低体力活动水平、多吸烟饮酒、总能量摄入高且超重/肥胖率略高者为红肉摄入量最高人群,而不食红肉和红肉摄入水平最高的成人其蔬菜水果摄入量均较高。时间趋势分析,男性日均红肉摄入量(调整总能量摄入)从 1991 年的 69.4 g 增加到 2009 年 90.6 g,女性则从 52.2 g 增加到 73.7 g。年龄调整后,BMI 值男性从 21.5 kg/m<sup>2</sup> 增加到 23.5 kg/m<sup>2</sup>,女性从 22.1 kg/m<sup>2</sup> 增加到 23.3 kg/m<sup>2</sup>;男性超重/肥胖率从 15.6% 增加到 41.7%,女性从 23.1% 增加到 40.2%。

2. 红肉摄入水平对 BMI、体重变化的影响:表 2 中模型 1~5 表示调整不同水平的混杂因素后红肉消费水平对 BMI 值的效应变化。模型 4 额外调整了总能量摄入后,效应明显减小;模型 5 增加调整了禽肉和鱼虾类摄入量后没有显著改变回归系数的大小,与不消费红肉的男性相比,红肉摄入量最高四分位的男性 BMI 值增加了 0.17 kg/m<sup>2</sup> (95% CI: 0.08~0.26,  $P<0.0001$ )。利用相似的建模方法发现,红肉

摄入量最高四分位的男性与不食红肉男性相比体重增加 596 g (95% CI: 329~864,  $P<0.0001$ )。表 3 的模型 5 显示,在调整了包括蔬菜水果和禽肉等混杂因素后,与不消费红肉的女性相比,红肉摄入量最高四分位的女性 BMI 值增加了 0.12 kg/m<sup>2</sup> (95% CI: 0.02~0.22,  $P<0.05$ ),体重增加了 400 g (95% CI: 164~636,  $P<0.0001$ )。随机效应方差分析结果显示(表 2 和表 3 的模型 5),男性和女性 BMI 值在社区水平的方差分别占总方差的 10.9% 和 7.3%,在个体水平的方差分别占 61.7% 和 65.2%。

3. 红肉摄入水平与超重危险性间的关系:表 4 的三水平 logistic 模型显示,调整基线 BMI 值后,红肉摄入量对超重的效应明显降低,与不食红肉的成人相比,红肉摄入量最高四分位的男性和女性发生超重的相对危险分别是 1.21 (95% CI: 1.01~1.46,  $P<0.05$ ) 和 1.18 (95% CI: 1.01~1.37,  $P<0.05$ )。此外,基线 BMI 每增加一个单位,男性和女性发生超重的危险分别增加 174% 和 127%。成年男女性超重/肥胖在社区和个体水平的方差均有统计学意义。

## 讨 论

本研究利用“中国健康与营养调查”(1991—2009)7 轮随访数据,发现在调整城市化水平、人口学特征、体力活动等生活方式因素、总能量及蔬菜水果摄入量后,BMI 和体重值随红肉摄入增加呈线性增加,过量红肉消费是成年男女性超重发生的独立危险因素。目前国外有关红肉消费对成人肥胖影响的研究结果不一致。Newby 等<sup>[22]</sup>发现红肉膳食模式是肥胖发生的危险因素,但一些临床干预研究显示包含红肉的高蛋白膳食有助于降低体重和长期保持体重<sup>[23,24]</sup>,有些研究认为肥胖可能是红肉消费与许多慢性病之间的中介因素<sup>[8]</sup>。由于缺乏统一的红肉定义和存在红肉摄入模式的种族差异,很难进行各国间同类研究结果的比较。

由于过量红肉消费对健康的危害,许多国家都提出了适宜红肉摄入量的推荐值。中国居民膳食指南建议“常吃适量的鱼、禽、蛋和瘦肉”,强调多食脂肪含量相对较低的瘦肉;“膳食平衡宝塔”推荐每天食畜禽肉 50~75 g<sup>[25]</sup>。2009 年我国成年男性红肉摄入量为 90.6 g/d,已超过畜禽肉的推荐量高值,女性红肉摄入量也处于临界(73.7 g/d),且我国成人仍以猪肉消费为主,猪肉饱和脂肪酸含量较高,不利于肥胖和心脑血管疾病的预防。本研究发现,BMI 值随红肉摄入量增加呈线性上升趋势,摄入量过高

表1 研究人群按调查年份和红肉摄入量分组的基本特征

项 目	1991年						2000年						2009年					
	不食	Q1	Q2	Q3	Q4	P值	不食	Q1	Q2	Q3	Q4	P值	不食	Q1	Q2	Q3	Q4	P值
人数	2500	1307	1308	1311	1308	-	2338	1407	1755	1374	1525	-	1680	1666	1711	1765	1712	-
红肉摄入量(g/d) <sup>a</sup>	0.0	33.3	60.0	100.0	166.7	<0.0001	0.0	33.3	60.0	108.3	183.3	<0.0001	0.0	33.3	65.7	100.0	168.3	<0.0001
年龄(岁) <sup>a</sup>	42.3	42.8	41.8	41.9	40.3	<0.01	46.5	48.2	47.3	47.1	45.0	<0.0001	52.7	52.6	51.4	50.8	49.0	<0.0001
女性	55.7	59.7	53.5	50.3	42.3	<0.0001	55.4	59.4	53.4	53.1	42.2	<0.0001	54.8	59.6	54.4	50.8	41.4	<0.0001
经济收入水平																		
低	50.9	34.0	26.3	21.5	17.9	<0.0001	49.8	35.6	27.8	23.4	18.1	<0.0001	44.4	33.3	33.1	27.6	27.1	<0.0001
中	30.7	34.7	33.1	35.0	36.7	-	29.6	31.6	34.3	37.1	35.4	-	34.2	31.3	32.7	32.8	35.6	-
高	18.5	31.4	40.6	43.5	45.4	-	20.6	32.9	37.9	39.5	46.6	-	21.4	35.4	34.2	39.6	37.3	-
受教育程度																		
小学及以下	70.5	56.8	53.8	48.1	43.4	<0.0001	60.0	50.7	48.2	41.9	32.4	<0.0001	56.1	46.9	42.9	40.6	32.4	<0.0001
初中	28.0	38.9	40.0	43.8	46.9	-	36.5	39.5	41.3	45.3	52.7	-	39.2	39.4	44.9	43.1	50.1	-
初中以上	1.5	4.4	6.3	8.2	9.7	-	3.5	9.9	10.5	12.9	14.9	-	4.7	13.7	12.2	16.2	17.5	-
体力活动水平																		
低	17.4	34.7	36.6	44.6	46.0	<0.0001	20.2	33.8	34.0	36.2	39.4	<0.0001	29.7	35.0	34.0	33.0	30.2	<0.0001
中	30.4	33.3	35.6	33.6	37.2	-	26.5	30.0	34.6	39.2	41.7	-	20.1	32.4	32.9	35.9	45.3	-
高	52.2	32.0	27.9	21.9	16.8	-	53.2	36.2	31.5	24.6	18.9	-	50.2	32.6	33.1	31.1	24.5	-
吸烟	32.7	29.7	33.4	35.5	41.7	<0.0001	30.2	27.0	31.0	28.8	36.7	<0.0001	28.2	24.9	25.5	29.5	35.0	<0.0001
饮酒	35.0	34.8	36.8	41.4	44.6	<0.0001	32.1	31.0	35.0	38.6	43.0	<0.0001	28.7	29.2	31.9	36.9	41.1	<0.0001
城市化水平																		
低	56.0	28.5	27.2	18.5	17.4	<0.0001	60.6	34.2	26.9	18.2	12.0	<0.0001	60.8	30.0	31.7	24.8	21.0	<0.0001
中	33.9	41.8	33.5	29.5	25.6	-	27.7	35.1	35.0	36.5	32.5	-	24.3	39.0	34.7	35.3	31.4	-
高	10.1	29.7	39.3	51.9	57.0	-	11.7	30.7	38.1	45.3	55.4	-	14.9	31.0	33.6	39.9	47.5	-
BMI(kg/m <sup>2</sup> ) <sup>a</sup>	21.6	21.6	22.0	21.9	21.9	<0.0001	22.8	23.1	22.9	23.1	23.2	0.02	23.7	23.4	23.4	23.5	23.4	0.11
体重(kg) <sup>a</sup>	54.4	54.6	56.4	56.5	57.1	<0.0001	58.6	59.1	59.2	59.8	61.2	<0.0001	61.3	60.6	61.2	61.5	61.8	0.05
超重/肥胖率(%)	10.9	12.5	15.6	16.1	14.3	<0.0001	22.3	25.7	23.6	25.2	28.0	<0.0001	31.4	29.6	30.3	30.6	29.5	<0.0001
总能量(MJ/d) <sup>b</sup>	10.0	9.0	9.6	10.1	11.2	<0.0001	9.0	8.4	9.3	9.7	11.0	<0.0001	8.2	7.7	8.6	9.2	10.3	<0.0001
蔬菜水果(g/d) <sup>b</sup>	314.2	283.3	316.7	316.7	333.3	<0.0001	333.3	283.3	316.7	313.3	350.0	<0.0001	333.3	322.5	353.3	383.3	400.0	<0.0001
谷类(g/d) <sup>b</sup>	566.7	466.7	458.3	450.0	450.0	<0.0001	450.0	390.6	400.0	383.3	383.3	<0.0001	422.4	343.3	363.3	366.7	375.0	<0.0001
大豆及制品(g/d) <sup>b</sup>	0.0	9.1	10.9	8.8	8.9	<0.0001	0.0	7.7	11.5	11.5	11.6	<0.0001	3.6	8.9	11.5	9.5	12.3	<0.0001
禽肉(g/d) <sup>b</sup>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<0.0001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<0.0001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<0.0001
鱼类(g/d) <sup>b</sup>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<0.0001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<0.0001	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	<0.0001
食用油(g/d) <sup>b</sup>	24.9	27.0	29.5	32.0	35.4	<0.0001	32.5	32.1	33.6	36.2	40.0	<0.0001	34.0	31.8	33.0	34.9	38.2	<0.0001

注：<sup>a</sup>为均数，采用方差分析检验不同红肉摄入水平的因素差异，对于分类变量采用 $\chi^2$ 检验分析各因素与红肉摄入水平之间的关系；<sup>b</sup>为中位数，采用非参数Kruskal-Wallis秩和检验调查不同红肉摄入水平的差异

(>130 g)明显增加了超重的危险。此外,本研究发现BMI在社区水平的变异约占总变异的10%,这说明同一社区的个体有聚集性,提倡采取以社区为基础的综合干预手段,以达到更有效的防治效果。值得注意的是,基线BMI值与超重呈正相关,提示尽早控制BMI的增长可以防患于未然。

本研究中“社区-个人-重复测量数据”的嵌套性特点违背了传统分析方法观察值互相独立的前提<sup>[18,19]</sup>。有研究发现如果忽略数据的层次性而采用传统的单一水平分析方法,或者忽略最高或中间水平的层次可能导致不同甚至相反的结论<sup>[20]</sup>;与利用食物频率法收集红肉摄入量的研究相比,本研究采用的3天24小时膳食回顾数据较为精确的估计平

均每日红肉和能量摄入量,此外研究中考虑了红肉中所含饱和脂肪酸、维生素和矿物质多种营养素的相互作用,在分析中除了调整总能量外,还考虑了红肉和其他食物之间潜在的共同作用对其进行调整,还较全面地控制了人口特征、体力活动水平、吸烟、饮酒、社区城市化水平等混杂因素,故本研究对红肉摄入过量是超重的独立危险因素结论较为可靠。但也存在局限性,如连续3天24小时膳食回顾法不能反映长期膳食习惯,每轮调查均在固定时期(8-11月)收集膳食数据,不能反映红肉消费的季节性变化,但该方法调查的平均值可以明显降低测量误差。

有些研究发现仅加工红肉的消费是糖尿病、脑

表 2 我国成年男性红肉摄入水平与 BMI 值的三水平线性模型

项目	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5
固定效应					
调查时间(年)					
1991	-	-	-	-	-
1993	0.24(0.16, 0.32) <sup>c</sup>	0.23(0.15, 0.31) <sup>c</sup>	0.23(0.15, 0.31) <sup>c</sup>	0.24(0.16, 0.32) <sup>c</sup>	0.23(0.15, 0.32) <sup>c</sup>
1997	0.64(0.55, 0.72) <sup>c</sup>	0.63(0.55, 0.72) <sup>c</sup>	0.63(0.54, 0.71) <sup>c</sup>	0.62(0.53, 0.71) <sup>c</sup>	0.61(0.53, 0.70) <sup>c</sup>
2000	1.02(0.94, 1.11) <sup>c</sup>	1.01(0.93, 1.10) <sup>c</sup>	1.01(0.92, 1.10) <sup>c</sup>	1.01(0.93, 1.10) <sup>c</sup>	1.00(0.92, 1.09) <sup>c</sup>
2004	1.26(1.17, 1.36) <sup>c</sup>	1.29(1.19, 1.40) <sup>c</sup>	1.29(1.18, 1.39) <sup>c</sup>	1.29(1.19, 1.40) <sup>c</sup>	1.28(1.17, 1.38) <sup>c</sup>
2006	1.28(1.19, 1.38) <sup>c</sup>	1.24(1.13, 1.35) <sup>c</sup>	1.24(1.13, 1.34) <sup>c</sup>	1.24(1.13, 1.35) <sup>c</sup>	1.22(1.11, 1.33) <sup>c</sup>
2009	1.55(1.45, 1.65) <sup>c</sup>	1.56(1.46, 1.66) <sup>c</sup>	1.56(1.46, 1.66) <sup>c</sup>	1.57(1.47, 1.68) <sup>c</sup>	1.55(1.45, 1.65) <sup>c</sup>
年龄(岁)					
18~	-	-	-	-	-
30~	0.79(0.70, 0.88) <sup>c</sup>	0.76(0.67, 0.86) <sup>c</sup>	0.76(0.67, 0.86) <sup>c</sup>	0.76(0.67, 0.86) <sup>c</sup>	0.76(0.67, 0.86) <sup>c</sup>
45~	0.88(0.76, 0.99) <sup>c</sup>	0.85(0.73, 0.97) <sup>c</sup>	0.85(0.73, 0.97) <sup>c</sup>	0.85(0.73, 0.97) <sup>c</sup>	0.85(0.73, 0.97) <sup>c</sup>
60~75	0.54(0.39, 0.68) <sup>c</sup>	0.49(0.34, 0.65) <sup>c</sup>	0.49(0.34, 0.65) <sup>c</sup>	0.50(0.35, 0.65) <sup>c</sup>	0.50(0.35, 0.65) <sup>c</sup>
红肉摄入					
不食					
Q1	0.01(-0.07, 0.09)	-0.00(-0.09, 0.08)	-0.01(-0.09, 0.08)	-0.01(-0.09, 0.08)	-0.00(-0.09, 0.08)
Q2	0.08(0.01, 0.16) <sup>a</sup>	0.04(-0.05, 0.12)	0.04(-0.05, 0.12)	0.03(-0.06, 0.11)	0.03(-0.06, 0.11)
Q3	0.13(0.04, 0.21) <sup>b</sup>	0.11(0.02, 0.20) <sup>a</sup>	0.11(0.02, 0.19) <sup>a</sup>	0.08(-0.01, 0.17)	0.08(-0.01, 0.18)
Q4	0.22(0.13, 0.30) <sup>c</sup>	0.21(0.12, 0.30) <sup>c</sup>	0.21(0.12, 0.30) <sup>c</sup>	0.16(0.07, 0.26) <sup>c</sup>	0.17(0.08, 0.26) <sup>c</sup>
随机效应					
社区水平方差	1.07(0.86, 1.33)	1.02(0.82, 1.27)	1.00(0.80, 1.25) <sup>a</sup>	1.00(0.80, 1.25) <sup>a</sup>	1.01(0.80, 1.26) <sup>a</sup>
个人水平方差	5.82(5.61, 6.04) <sup>c</sup>	5.69(5.47, 5.91) <sup>c</sup>	5.69(5.47, 5.91) <sup>c</sup>	5.67(5.46, 5.90) <sup>c</sup>	5.67(5.46, 5.89) <sup>c</sup>
残差	2.58(2.53, 2.64) <sup>c</sup>	2.52(2.40, 2.57) <sup>c</sup>	2.52(2.46, 2.57) <sup>c</sup>	2.52(2.46, 2.57) <sup>c</sup>	2.51(2.46, 2.57) <sup>c</sup>

注:表内数据为回归系数及其 95%CI,参照组为 1991 年、不食红肉者;模型 1:调整进入队列时年龄、经济收入和受教育程度;模型 2:模型 1+体力活动水平、吸烟和饮酒;模型 3:模型 2+城市化指数;模型 4:模型 3+总能量摄入量;模型 5:模型 4+禽肉、鱼虾类摄入量,红肉摄入量对 BMI 值影响的趋势性检验:Z=4.13, P<0.0001; <sup>a</sup> P<0.05; <sup>b</sup> P<0.01; <sup>c</sup> P<0.001

表 3 我国成年女性红肉摄入水平与 BMI 值的三水平线性模型

项目	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5
固定效应					
调查时间(年)					
1991	-	-	-	-	-
1993	0.12(0.04, 0.20) <sup>b</sup>	0.12(0.04, 0.20) <sup>b</sup>	0.12(0.03, 0.20) <sup>b</sup>	0.12(0.04, 0.21) <sup>b</sup>	0.12(0.04, 0.20) <sup>b</sup>
1997	0.52(0.43, 0.60) <sup>c</sup>	0.51(0.42, 0.60) <sup>c</sup>	0.50(0.41, 0.59) <sup>c</sup>	0.51(0.42, 0.59) <sup>c</sup>	0.50(0.41, 0.59) <sup>c</sup>
2000	0.91(0.82, 1.00) <sup>c</sup>	0.91(0.82, 1.00) <sup>c</sup>	0.90(0.81, 0.99) <sup>c</sup>	0.92(0.83, 1.01) <sup>c</sup>	0.91(0.82, 1.01) <sup>c</sup>
2004	1.07(0.98, 1.17) <sup>c</sup>	1.09(0.99, 1.19) <sup>c</sup>	1.09(0.99, 1.18) <sup>c</sup>	1.11(1.01, 1.20) <sup>c</sup>	1.10(1.00, 1.19) <sup>c</sup>
2006	1.11(1.01, 1.21) <sup>c</sup>	1.12(1.02, 1.22) <sup>c</sup>	1.11(1.02, 1.21) <sup>c</sup>	1.14(1.04, 1.24) <sup>c</sup>	1.12(1.02, 1.22) <sup>c</sup>
2009	1.22(1.11, 1.32) <sup>c</sup>	1.22(1.11, 1.32) <sup>c</sup>	1.21(1.11, 1.32) <sup>c</sup>	1.25(1.14, 1.35) <sup>c</sup>	1.23(1.13, 1.34) <sup>c</sup>
年龄(岁)					
18~	-	-	-	-	-
30~	0.89(0.80, 0.99) <sup>c</sup>	0.91(0.81, 1.00) <sup>c</sup>	0.91(0.81, 1.00) <sup>c</sup>	0.90(0.81, 1.00) <sup>c</sup>	0.90(0.81, 1.00) <sup>c</sup>
45~	1.35(1.23, 1.47) <sup>c</sup>	1.36(1.24, 1.48) <sup>c</sup>	1.36(1.24, 1.48) <sup>c</sup>	1.36(1.24, 1.48) <sup>c</sup>	1.36(1.24, 1.48) <sup>c</sup>
60~75	1.19(1.03, 1.34) <sup>c</sup>	1.19(1.03, 1.35) <sup>c</sup>	1.19(1.03, 1.34) <sup>c</sup>	1.19(1.04, 1.35) <sup>c</sup>	1.19(1.04, 1.35) <sup>c</sup>
红肉摄入					
不食					
Q1	0.05(-0.02, 0.13)	0.05(-0.03, 0.13)	0.05(-0.03, 0.12)	0.05(-0.03, 0.12)	0.05(-0.03, 0.13)
Q2	0.09(0.01, 0.17) <sup>a</sup>	0.08(0.00, 0.16) <sup>a</sup>	0.08(-0.00, 0.16)	0.06(-0.02, 0.14)	0.06(-0.02, 0.14)
Q3	0.14(0.05, 0.22) <sup>b</sup>	0.14(0.06, 0.23) <sup>b</sup>	0.14(0.05, 0.22) <sup>b</sup>	0.10(0.01, 0.18) <sup>a</sup>	0.10(0.01, 0.19) <sup>a</sup>
Q4	0.21(0.11, 0.30) <sup>c</sup>	0.20(0.11, 0.29) <sup>c</sup>	0.19(0.10, 0.28) <sup>c</sup>	0.12(0.02, 0.22) <sup>a</sup>	0.12(0.02, 0.22) <sup>a</sup>
随机效应					
社区水平方差	0.83(0.66, 1.04) <sup>a</sup>	0.81(0.64, 1.03) <sup>a</sup>	0.78(0.61, 0.98) <sup>a</sup>	0.78(0.62, 0.99) <sup>a</sup>	0.79(0.62, 0.99) <sup>a</sup>
个人水平方差	7.06(6.81, 7.31) <sup>c</sup>	7.04(6.80, 7.30) <sup>c</sup>	7.04(6.80, 7.30) <sup>c</sup>	7.02(6.77, 7.27) <sup>c</sup>	7.02(6.77, 7.27) <sup>c</sup>
残差	3.03(2.97, 3.09) <sup>c</sup>	2.95(2.89, 3.01) <sup>c</sup>	2.95(2.89, 3.00) <sup>c</sup>	2.95(2.89, 3.01) <sup>c</sup>	2.95(2.89, 3.01) <sup>c</sup>

注:同表 2,模型 5:模型 4+蔬菜水果、禽肉摄入量; <sup>a</sup> P<0.05; <sup>b</sup> P<0.01; <sup>c</sup> P<0.001;模型 5 红肉摄入量对 BMI 值影响的趋势性检验:Z=2.56, P<0.05

表 4 我国成年人群红肉摄入水平与超重肥胖危险的三水平 logistic 回归分析

项 目	男性		女性	
	模型 1	模型 2	模型 1	模型 2
固定效应				
时间变量(年)	1.16(1.15, 1.17) <sup>f</sup>	1.14(1.13, 1.15) <sup>f</sup>	1.09(1.08, 1.09) <sup>f</sup>	1.08(1.08, 1.09) <sup>f</sup>
年龄(岁)				
18~	1.00	1.00	1.00	1.00
30~	3.59(2.91, 4.44) <sup>f</sup>	2.11(1.74, 2.56) <sup>f</sup>	4.53(3.75, 5.48) <sup>f</sup>	2.48(2.09, 2.94) <sup>f</sup>
45~	4.06(3.20, 5.14) <sup>f</sup>	1.92(1.56, 2.37) <sup>f</sup>	10.35(8.30, 12.90) <sup>f</sup>	3.79(3.13, 4.59) <sup>f</sup>
60~75	2.76(2.09, 3.64) <sup>f</sup>	1.30(1.02, 1.66) <sup>a</sup>	7.50(5.79, 9.71) <sup>f</sup>	2.22(1.77, 2.79) <sup>f</sup>
红肉摄入				
不食	1.00	1.00	1.00	1.00
Q1	1.01(0.84, 1.22)	1.03(0.86, 1.23)	1.09(0.94, 1.25)	1.07(0.94, 1.23)
Q2	1.06(0.88, 1.27)	1.06(0.89, 1.26)	1.03(0.89, 1.19)	1.00(0.87, 1.15)
Q3	1.23(1.01, 1.48) <sup>a</sup>	1.10(0.92, 1.31)	1.13(0.95, 1.35)	1.12(0.95, 1.33)
Q4	1.35(1.10, 1.66) <sup>b</sup>	1.21(1.01, 1.46) <sup>a</sup>	1.22(1.04, 1.42) <sup>a</sup>	1.18(1.01, 1.37) <sup>a</sup>
受教育程度				
小学及以下	1.00	1.00	1.00	1.00
初中	1.17(0.97, 1.42)	1.19(1.02, 1.38) <sup>a</sup>	0.75(0.64, 0.89) <sup>f</sup>	0.89(0.78, 1.02)
初中以上	1.34(1.01, 1.77) <sup>a</sup>	1.12(0.88, 1.41)	0.30(0.22, 0.40) <sup>f</sup>	0.44(0.35, 0.57) <sup>f</sup>
经济收入水平				
低	1.00	1.00	1.00	1.00
中	1.19(1.03, 1.37) <sup>a</sup>	1.13(0.99, 1.30)	1.16(1.04, 1.31) <sup>b</sup>	1.14(1.02, 1.27) <sup>a</sup>
高	1.46(1.25, 1.71) <sup>f</sup>	1.25(1.08, 1.45) <sup>b</sup>	1.32(1.16, 1.50) <sup>f</sup>	1.23(1.09, 1.39) <sup>f</sup>
城市化水平				
低	1.00	1.00	1.00	1.00
中	1.65(1.34, 2.03) <sup>f</sup>	1.27(1.06, 1.51) <sup>b</sup>	1.21(1.04, 1.42) <sup>a</sup>	1.03(0.90, 1.19)
高	1.97(1.47, 2.62) <sup>f</sup>	1.06(0.85, 1.31)	1.56(1.25, 1.96) <sup>f</sup>	0.97(0.81, 1.15)
体力活动水平				
低	1.00	1.00	1.00	1.00
中	0.84(0.72, 0.97) <sup>a</sup>	0.91(0.79, 1.05)	0.94(0.83, 1.06)	0.99(0.88, 1.12)
高	0.56(0.47, 0.68) <sup>f</sup>	0.67(0.56, 0.80) <sup>f</sup>	0.83(0.72, 0.95) <sup>b</sup>	0.89(0.78, 1.02)
吸烟(吸/不吸)	0.70(0.65, 0.75) <sup>f</sup>	0.80(0.75, 0.85) <sup>f</sup>	0.73(0.64, 0.83) <sup>f</sup>	0.82(0.72, 0.94) <sup>b</sup>
饮酒(饮/不饮)	1.36(1.20, 1.55) <sup>f</sup>	1.29(1.14, 1.46) <sup>f</sup>	0.86(0.73, 1.00)	0.87(0.75, 1.02)
总能量(kcal)	1.00(1.00, 1.00) <sup>a</sup>	1.02(1.00, 1.04) <sup>a</sup>	1.04(1.02, 1.06) <sup>f</sup>	1.02(1.01, 1.04) <sup>a</sup>
基线 BMI		2.74(2.63, 2.86) <sup>f</sup>		2.50(2.42, 2.58) <sup>f</sup>
随机效应				
社区水平方差	1.27(1.05, 1.49) <sup>a</sup>	0.26(0.16, 0.36) <sup>a</sup>	1.17(0.95, 1.39) <sup>a</sup>	0.13(0.07, 0.19) <sup>a</sup>
个体水平方差	8.32(7.59, 9.05) <sup>f</sup>	2.42(2.07, 2.77) <sup>f</sup>	7.71(7.16, 8.26) <sup>f</sup>	2.27(2.02, 2.52) <sup>f</sup>

注: <sup>a,b,c</sup> 同表 2; 表内数据为 OR 值及其 95%CI; 模型 2 红肉摄入水平对 BMI 值影响的趋势性检验, 男性:  $Z=2.5, P<0.05$ ; 女性:  $Z=1.8, P<0.05$

中风及某些癌症发病的独立危险因素, 新鲜肉类的  
影响无统计学意义<sup>[7,26,27]</sup>。今后需要进一步研究新鲜  
红肉与加工肉类、脂肪含量不同的红肉种类对我国  
成人 BMI、肥胖及肥胖相关慢性病潜在的不同影响。

参 考 文 献

[1] Wang LD. Report of China nutrition and health status I :2002 overall report. Beijing: People's Medical Publishing House, 2005:18-21. (in Chinese)  
王陇德. 中国居民营养与健康状况调查报告之一:2002 综合报告. 北京:人民卫生出版社,2005:18-21.

[2] Zhang B, Wang HJ, Du WW, et al. Food consumption trend of Chinese adults in nine provinces (autonomous region) from 1989 to 2006. Chin J Prev Med, 2011, 45(4): 330-334. (in Chinese)  
张兵, 王惠君, 杜文雯, 等. 1989-2006 年中国九省(区)居民食物消费状况. 中华预防医学杂志, 2011, 45(4): 330-334.

[3] Popkin BM, Adair LS, Ng SW. Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries. Nutr Rev, 2012, 70(1):3-21.

[4] Xi B, Liang Y, He T, et al. Secular trends in the prevalence of general and abdominal obesity among Chinese adults, 1993-2009. Obes Rev, 2012, 13(3):287-296.

[5] World Health Organization. Global status report on noncommunicable

- disease 2010. 2011.
- [6] Babio N, Sorli M, Bullo M, et al. Association between red meat consumption and metabolic syndrome in a mediterranean population at high cardiovascular risk: cross-sectional and 1-year follow-up assessment. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2012, 22(3): 200–207.
- [7] Lajous M, Tondeur L, Fagherazzi G, et al. Processed and unprocessed red meat consumption and incident type 2 diabetes among French women. *Diabetes Care*, 2012, 35(1): 128–130.
- [8] Montonen J, Boeing H, Fritsche A, et al. Consumption of red meat and whole-grain bread in relation to biomarkers of obesity, inflammation, glucose metabolism and oxidative stress. *Eur J Nutr*, 2013, 52(1): 337–345.
- [9] McNeill S, van Elswyk ME. Red meat in global nutrition. *Meat Sci*, 2012, 92(3): 166–173.
- [10] Zhang B, Wang HJ, Du WW, et al. Development of cohort study and the inspiration to the China Health and Nutrition Survey. *Chin J Prev Med*, 2011, 45(4): 295–298. (in Chinese)  
张兵, 王惠君, 杜文雯, 等. 队列研究的进展及其对中国健康与营养调查的启示. *中华预防医学杂志*, 2011, 45(4): 295–298.
- [11] Popkin BM, Du S, Zhai F, et al. Cohort Profile: The China Health and Nutrition Survey—monitoring and understanding socio-economic and health change in China, 1989–2011. *Int J Epidemiol*, 2009, 39(6): 1435–1440.
- [12] Research Team of The China Health and Nutrition Survey. The trends of nutrients intake of Chinese residents in nine provinces from 1989 to 2009 ( I ) The China Health and Nutrition Survey Project Design. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2011, 33(3): 234–236. (in Chinese)  
中国健康与营养调查项目组. 1989—2009 年中国九省区居民膳食营养素摄入状况及变化趋势(一) 健康与营养调查项目总体方案. *营养学报*, 2011, 33(3): 234–236.
- [13] Zhai FY. Longitudinal study of China dietary patterns and nutrition transition. Beijing: Science Publishing House, 2009. (in Chinese)  
翟凤英. 中国居民膳食结构与营养状况变迁的追踪研究. 北京: 科学出版社, 2009.
- [14] Wang GY. China Food Composition. Beijing: People's Medical Publishing House, 2000. (in Chinese)  
王光亚. 食物成分表. 北京: 人民卫生出版社, 2000.
- [15] Yang YX. China Food Composition 2004. Beijing: Peking University Medical Press, 2005. (in Chinese)  
杨月欣. 中国食物成分表 2004. 北京: 北京大学医学出版社, 2005.
- [16] Yang YX, Wang GY, Pan XC. China Food Composition (No. 1). Beijing: Peking University Medical Press, 2009. (in Chinese)
- 杨月欣, 王光亚, 潘兴昌. 中国食物成分表(第 1 册). 北京: 北京大学医学出版社, 2009.
- [17] Cooperative Meta-analysis Group of China Obesity Task Force. Predictive values of body mass index and waist circumference to risk factors of related disease in Chinese adult population. *Chin J Epidemiol*, 2002, 23(1): 5–10. (in Chinese)  
中国肥胖问题工作组数据汇总分析协作组. 我国成人体重指数和腰围对相关疾病危险因素异常的预测价值: 适宜体重指数和腰围切点的研究. *中华流行病学杂志*, 2002, 23(1): 5–10.
- [18] Skrondal S. Multilevel and longitudinal modeling using stata. 2ed. Stata Press, 2005.
- [19] Wang JC, Xie HY, Jiang BF. Multilevel models: methods and applications. Beijing: Higher Education Press, 2008. (in Chinese)  
王济川, 谢海义, 姜宝法. 多层统计分析模型——方法与应用. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [20] Opdenakker MC, Danmme JV. The importance of identifying levels in multilevel analysis: an illustration of the effects of ignoring the top or intermediate levels in school effectiveness research. *School Effect School Improv*, 2000, 11(1): 103–130.
- [21] Jones-Smith JC, Popkin BM. Understanding community context and adult health changes in China: development of an urbanicity scale. *Soc Sci Med*, 2010, 71(8): 1436–1446.
- [22] Newby PK, Muller D, Hallfrisch J, et al. Dietary patterns and changes in body mass index and waist circumference in adults. *Am J Clin Nutr*, 2003, 77(6): 1417–1425.
- [23] Campbell WW, Tang M. Protein intake, weight loss, and bone mineral density in postmenopausal women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2010, 65(10): 1115–1122.
- [24] Leslie WS, Lean ME, Baillie HM, et al. Weight management: a comparison of existing dietary approaches in a work-site setting. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 2002, 26(11): 1469–1475.
- [25] China Nutrition Society. Dietary Guidelines for Chinese Residents. Lhasa: Tibet People's Publishing House, 2011: 197–199. (in Chinese)  
中国营养学会. 中国居民膳食指南. 拉萨: 西藏人民出版社, 2011: 197–199.
- [26] Chen GC, Lv DB, Pang Z, et al. Red and processed meat consumption and risk of stroke: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Eur J Clin Nutr*, 2013, 67(1): 91–95.
- [27] Keszei AP, Schouten LJ, Goldbohm RA, et al. Red and processed meat consumption and the risk of esophageal and gastric cancer subtypes in The Netherlands Cohort Study. *Ann Oncol*, 2012, 23(9): 2319–2326.

(收稿日期: 2013-03-17)

(本文编辑: 张林东)