



“非指南理想运动”与红肉摄入过多对高血压和 2 型糖尿病的交互作用研究

The Interaction among “Non-Guide Ideal Exercise” and Excessive Red Meat Intake on Hypertension and Type 2 Diabetes

韩明霞*,汪为聪,孟莉莉,王立利

HAN Mingxia*, WANG Weicong, MENG Lili, WANG Lili

摘要:目的:探讨“非指南理想运动”和红肉摄入过多对高血压、2 型糖尿病的影响并分析交互作用强度。方法:2018 年 7—11 月采用多阶段整群随机抽样法抽取巢湖市 2 885 名常住成年(年龄 ≥ 18 岁)居民进行问卷调查、体格检查和实验室检测,运用多分类逻辑回归(multinomial logistic regression, MLR)分析交互作用,采用相对超额危险度(*RERI*)、归因比(*AP*)和交互作用指数(*S*)评价交互作用。结果:“非指南理想运动”者、红肉摄入过多者的高血压和 2 型糖尿病患病率均高于“指南理想运动”者和红肉摄入量适中者($P < 0.001$)。调整混杂因素后,与“指南理想运动”且红肉摄入量适中者相比,“非指南理想运动”且红肉摄入量过多者高血压($OR=10.07$, 95% *CI*: 7.33, 13.83)、2 型糖尿病($OR=10.87$, 95% *CI*: 7.20, 16.42)患病率最高。“非指南理想运动”与红肉摄入过多对高血压的相加交互作用指标分别为 $RERI=4.10$ (95% *CI*: 1.64, 6.56), $AP=0.41$ (95% *CI*: 0.24, 0.58), $S=1.82$ (95% *CI*: 1.30, 2.56); 对 2 型糖尿病分别为: $RERI=4.88$ (95% *CI*: 1.61, 8.16), $AP=0.45$ (95% *CI*: 0.23, 0.66), $S=1.98$ (95% *CI*: 1.24, 3.15)。结论:“非指南理想运动”与红肉摄入过多与高血压、2 型糖尿病患病率均正向关联,且对高血压、2 型糖尿病均存在相加交互协同作用。

关键词: 全民健身指南; 高血压; 2 型糖尿病; 交互作用

Abstract: Objective: To investigate the effect of “non-guide ideal exercise” and excessive red meat intake on hypertension and type 2 diabetes and to analyze the interaction intensity. Methods: The multi-stage cluster random sampling method was used to extract 2 885 Chaohu City adult permanent resident aged 18 and from July to November 2018. All the adults would accept the questionnaire, physical examination and laboratory tests. Multinomial logistic regression (MLR) was used to analyze the interaction. The relative excess risk due to interaction (*RERI*), the attributable proportion due to interaction (*AP*) and the synergy index (*S*) were used to assess the additive interactions. Results: The prevalence of hypertension and type 2 diabetes in residents of “non-guide ideal exercise” and excessive red meat intake were higher than those of “guide ideal exercise” and moderate red meat intake (both $P < 0.001$). After adjusting for confounders, the risk of hypertension ($OR=10.07$, 95% *CI*: 7.33, 13.83) and type 2 diabetes ($OR=10.87$, 95% *CI*: 7.20, 16.42) were highest in the group with “non-guide ideal exercise” and excessive red meat intake compared with those with “guide ideal exercise” and moderate red meat intake. The additive interaction indexes of “non-guide ideal exercise” and excessive red meat intake for hypertension were $RERI=4.10$ (95% *CI*: 1.64, 6.56), $AP=0.41$ (95% *CI*: 0.24, 0.58), $S=1.82$ (95% *CI*: 1.30, 2.56) respectively; and for type 2 diabetes were $RERI=4.88$ (95% *CI*: 1.61, 8.16), $AP=0.45$ (95% *CI*: 0.23, 0.66), $S=1.98$ (95% *CI*: 1.24, 3.15) respectively. Conclusions: The “non-guide ideal exercise” and excessive red meat intake were positively correlated with hypertension and type 2 diabetes prevalence, and there was an additive interactive synergistic effect on hypertension and type 2 diabetes.

Keywords: national fitness guide; hypertension; type 2 diabetes; interaction

中图分类号: G804.7 **文献标识码:** A

基金项目:

安徽省教育厅高校优秀青年骨干教师国内外研修项目(gxfx2017229); 教育部高等职业教育创新发展行动计划项目(教职成函[2019]10号); 安徽省教育厅高等学校质量工程项目(2019mooc565)

*通信作者简介:

韩明霞(1972-),女,副教授,硕士,主要研究方向为运动人体科学和体育人文社科,E-mail:175734502@qq.com。

作者单位:

合肥职业技术学院,安徽 合肥 238000
Hefei Technology College, Hefei 238000, China.

目前,2 型糖尿病和高血压是居民最常见和熟悉的两种慢性病,也是国家基本公共卫生服务项目中要求规范管理的两种慢性病,《健康中国行动(2019—2030)》更是将实施心脑血管疾病和糖尿病防治行动列为主要任务。2017 年 8 月 10 日,国家体育总局发布《全民健身指南》(以下简称《指南》),成为我国第一部国家层面的科学健身指南。《指南》提到,为了取得理想的体育健身活动效果,每周宜进行 150 min 以上的中等强度运动,或 75 min 以上的大强度运动(即“指南理想运动”,未达则称为“非指南理想运动”)。但目前国内鲜见关于《指南》中所建议的“指南理想运动”对居民健康,尤其是高血压和 2 型糖尿病等慢性病的影响研究,如若证明“指南理想运动”对高血压和 2 型糖尿病有积极影响,则对于《指南》的推广有非常重要的推动作用。有研究表明,红肉与高血压(Zhang et al., 2018)、2 型糖尿病(Neuenschwander et al., 2019)等慢性病的发生关系密切。但是,近期美国《内科医学年鉴》(*Annals of Internal Medicine*)刊登的关于“成年人可以继续保持红肉和加工肉类的摄入”的建议(Johnston et al., 2019),使红肉与健康之间的关系产生较大争议(Dyer, 2019)。红肉作为日常饮食中非常普遍的食物,其与高血压和 2 型糖尿病的关系对于健康意义重大。因此,本研究利用巢湖市调查的横断面数据,探讨“非指南理想运动”和红肉摄入过多对居民高血压和 2 型糖尿病的影响,并分析两者交互作用的强度。

1 调查对象与方法

1.1 调查对象

调查对象为巢湖市 18 周岁及以上常住居民。入选标准:1)未患可影响正常体育锻炼的残疾或疾病;2)非素食主义者;3)知情同意自愿参加。排除标准:1)18 周岁以下;2)患有影响正常沟通的精神性疾病等。

1.2 研究方法

1.2.1 样本量计算

按照 $N = \text{deff} * \mu^2 * p(1-p) / d^2$ 计算样本量,其中置信水平 95%(双侧),相应的 $\mu = 1.96$;由于 2 型糖尿病患病率一般比高血压低,为了增加样本量,概率 P 取 2 型糖尿病的患病率 9.7%(中国疾病预防控制中心等, 2012);设计效率 deff 取 1.5,相对误差 $r = 15\%$, $d = 15\% * 9.7\%$ 。通过计算,样本量为 2 385 人。根据巢湖市居民的受教育程度等实际情况,考虑 20% 的问卷无效率和拒访率,计算所需样本量为 2 862。

1.2.2 抽样方法

2018 年 7—11 月,采用多阶段整群随机抽样法对巢湖市居民进行抽样:第 1 阶段,按照容量比例概率(probability proportionate to size, PPS)抽样方法在该市随机抽取 8 个乡镇/街道;第 2 阶段,按照 PPS 抽样,在每个抽中的乡镇/街道内随机抽取 6 个行政村/居委会;第 3 阶段,按照整群简单随机抽样法,在每个抽中的行政村/居委会内抽取

3 个村民小组/小区;第 4 阶段,从抽中的村民小组/小区中随机抽取各 20 个居民户;第 5 阶段,从抽取的居民户中随机选择 1 位 18 周岁及以上居民参加调查,若抽到的居民户中因无符合条件或拒访等造成无法完成调查的情况,按照就近原则,从该居民户周围继续选择一个居民户进行调查,直至完成样本量所需。最终得到有效问卷 2 885 份。

1.3 研究内容

1.3.1 问卷调查

1)基本内容:包括居民的基本信息,如姓名、性别、受教育程度、职业、吸烟、饮酒等。2)运动情况:主要调查体育运动的频率、每次持续的时间和运动强度。3)红肉摄入情况:参照膳食频率问卷(FFQ),让居民回忆过去 1 年的饮食情况,主要涉及 3 个问题:过去 1 年内是否摄入红肉;食用的频率,包括 4 个选项(单选题):次/天,次/周,次/月,次/年;平均每次食用量。

1.3.2 体格测量

1)测量身高和体质量,要求脱鞋并脱去外套等较厚衣服,测量数据精确到小数点后 2 位,并计算身体质量指数($\text{BMI} = \text{体质量} / \text{kg} \div \text{身高}^2 / \text{m}^2$)。2)测量血压值,要求测量前休息 5 min,间隔 3 min 测量第 2 次,并取 2 次平均值为血压值。

1.3.3 实验室检测

实验室检测主要为血糖值检测,要求患者早晨空腹,抽取 5 mL 静脉血后进行检测。

1.4 相关定义

1)非指南理想运动。《指南》提到,为了取得理想的体育健身活动效果,每周宜进行 150 min 以上中等强度运动,或 75 min 以上大强度运动。本研究将达到以上任一条件的体育锻炼定义为“指南理想运动”,未达到以上条件的则定义为“非指南理想运动”。为了让调查对象能够正确理解中等强度运动和大强度运动等定义,在调查运动强度时出示身体活动分类表(刘志荣等, 2017)。该表来源于中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心组织开展的中国慢性病及其危险因素监测项目,其中将“中等强度运动”描述为使呼吸、心跳轻度加快,将“大强度运动”描述为使呼吸、心跳明显加快,同时还列举部分常见运动,如中等强度运动包括慢跑、跳舞、打太极拳等,大强度运动则包括长跑、踢足球、举哑铃等。为了避免调查员之间由于不同调查方法方式和方言等造成的偏差,本次现场调查所有内容均由经过统一培训的本地调查员进行。

2)红肉及红肉摄入过多。红肉为各类未经特殊加工(如腌、晒、泡制等)的新鲜或冷藏家畜肉,包括猪、牛、羊等。按照世界癌症研究基金会的推荐,人均每日红肉摄入量 $> 100 \text{ g}$ 视为红肉摄入过多(World Cancer Research Fund, 2007)。

3)高血压。诊断标准按照《中国高血压防治指南》

(2010年修订版),或已被乡镇/社区级或以上医院确诊。

4) 2型糖尿病。诊断标准为空腹血糖值(FPG) ≥ 7.0 mmol/L (Yadav et al., 2013),或已被乡镇/社区级或以上医院确诊。

1.5 统计学方法

采用Epi data 3.1软件录入数据,SPSS 20.0进行统计分析。计数资料的差异性检验采用 χ^2 分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用相对超额危险度(RERI)、归因比(AP)和交互作用指数(S)对相加交互作用进行评价(邱宏等,2008),运用Hosmer等(1992)提出的Delta法估计指标的可信区间。本研究引入Andersson等(2005)编制的Excel计算表,将相关估计参数和方差、协方差等矩阵数据填入其中,可快速得到指标值和95% CI。本研究高血压和2型糖尿病均为二分类变量,由于Multinomial Logistic与Binary Logistic分析过程得到的参数估计值结果一致(邱宏等,2008),且Multinomial Logistic过程可以给出因素间的协方差矩阵,得到计算所需的数据,故多因素计算均采用Multinomial Logistic过程。规定RERI和AP的区间不包括0,S的区间不包括1,判断为相加交互作用具有统计学

意义(毛宝宏等,2019;邱宏等,2008;姚爽等,2018)。

2 结果

2.1 一般人口学特征

有效调查2 885例,其中,男性1 311人(45.4%),女性1 574人(54.6%);18~44岁965人(33.4%),45~59岁1 012人(35.1%),60岁及以上908人(31.5%),平均年龄为 51.100 ± 11.889 岁;初中学历(1 450人,50.3%),小学及以下学历1 013人(35.1%),高中及以上学历422人(14.6%);职业以农林业为主,占63.4%(1 829人)。

2.2 “非指南理想运动”、红肉摄入过多与高血压和2型糖尿病患病率的关系

2 885人中,患高血压1 004人,患病率34.8%;患2型糖尿病415人,患病率14.4%;“非指南理想运动”2 060人(71.4%),红肉摄入过多623人(21.6%)。

“非指南理想运动”居民高血压(40.9%)和2型糖尿病(16.7%)的患病率高于“指南理想运动”者($P < 0.001$);红肉摄入过多居民高血压(53.5%)和糖尿病(30.8%)患病率也高于红肉摄入适量者($P < 0.001$;表1)。

表1 “非指南理想运动”、红肉摄入过多与高血压和2型糖尿病的关系

变量		n	高血压			2型糖尿病		
			患病人数/%	卡方	P	患病人数/%	卡方	P
非指南理想运动	否	825	162(19.6)	117.10	<0.001	71(8.6)	31.33	<0.001
	是	2 060	842(40.9)			344(16.7)		
红肉摄入过多	否	2 262	671(29.7)	121.81	<0.001	223(9.9)	174.25	<0.001
	是	623	333(53.5)			192(30.8)		

2.3 调整混杂因素后“非指南理想运动”、红肉摄入过多与高血压和2型糖尿病患病率的关系

采用多因素Logistic回归分析,将高血压(0=不患,1=患)和2型糖尿病(0=不患,1=患)分别作为因变量,将“非指南理想运动”(0=否,1=是)和红肉摄入过多(0=否,1=是)建立新变量交互变量,由于SPSS 20.0中Multinomial Logistic过程默认以自变量最高等级作为对照组,故新变量交互变量的赋值见表2和表3。调整年龄、性别、受教育程度、职业、吸烟、饮酒和BMI相关混杂因素后,结果显示:与“指南理想运动”且红肉摄入适量者相比,“非指南理想运动”、红肉摄入过多或两种情况都存在的患高血压(表2)和2型糖尿病(表3)概率更高,方差和协方差矩阵情况分别见表4和表5。

2.4 “非指南理想运动”与红肉摄入过多对高血压、2型糖尿病交互作用

将调整混杂因素后的数据(表2~表5)填入Andersson等(2005)编制的Excel计算表,结果显示,“非指南理想运动”与红肉摄入过多对高血压和2型糖尿病的相加交互作用指标RERI、AP及其95% CI均 > 0 ,S及其95% CI均 > 1 ,

说明“非指南理想运动”与红肉摄入过多对高血压和2型糖尿病均存在相加交互协同作用(表6)。

表2 “非指南理想运动”、红肉摄入过多与高血压的多因素Logistics回归分析

“非指南理想运动”	红肉摄入过多	交互变量赋值	β	OR(95% CI)
0	0	3	—	1.00
1	0	2	1.289	3.63(2.74,4.81)
0	1	1	1.208	3.35(2.17,5.17)
1	1	0	2.310	10.07(7.33,13.83)

3 讨论

通过对巢湖市2 885名成年居民数据进行分析发现,该市高血压和2型糖尿病患病率较高,且“非指南理想运动”和红肉摄入过多比例均较高。结果显示,“非指南理想运动”和红肉摄入过多均是高血压和2型糖尿病的危险因素,且两者对于高血压和2型糖尿病有相加交互协同作用。

表 3 “非指南理想运动”、红肉摄入过多与 2 型糖尿病的多因素
Logistics 回归分析

Table 3 Multivariate Logistic Regression Analysis of the “Non-Guide
Ideal Exercise” and Excessive Red Meat Intake on Type 2 Diabetes

“非指南 理想运动”	红肉 摄入过多	交互 变量赋值	β	OR(95% CI)
0	0	3	—	1.00
1	0	2	0.967	2.63(1.76, 3.93)
0	1	1	1.472	4.36(2.47, 7.69)
1	1	0	2.386	10.87(7.20, 16.42)

表 4 方差和协方差矩阵(高血压)
Table 4 Variance and Covariance Matrices (Hypertension)

	“非指南 理想运动”	红肉 摄入过多	交互变量
“非指南理想运动”	0.020 43	0.015 28	0.016 85
红肉摄入过多	0.015 28	0.049 06	0.015 38
交互变量	0.016 85	0.015 38	0.026 20

表 5 方差和协方差矩阵(2 型糖尿病)
Table 5 Variance and Covariance Matrices (Type 2 Diabetes)

	“非指南 理想运动”	红肉 摄入过多	交互变量
“非指南理想运动”	0.042 14	0.031 94	0.034 82
红肉摄入过多	0.031 94	0.084 13	0.032 46
交互变量	0.034 82	0.032 46	0.044 32

表 6 “非指南理想运动”与红肉摄入过多对高血压、2 型糖尿病的
相加交互作用

Table 6 Additive Interaction of “Non-Guide Ideal Exercise” and
Excessive Red Meat Intake for Hypertension and Type 2 Diabetes

交互作用 指标	高血压-估计值(95% CI)	2 型糖尿病-估计值 (95% CI)
RERI	4.10(1.64, 6.56)	4.88(1.61, 8.16)
AP	0.41(0.24, 0.58)	0.45(0.23, 0.66)
S	1.82(1.30, 2.56)	1.98(1.24, 3.15)

3.1 一般情况

目前,高血压和 2 型糖尿病已成为严重影响人类健康的慢性疾病。本次调查中,高血压患病率(34.8%)和 2 型糖尿病患病率(14.4%)均高于全国平均水平(中国高血压防治指南修订委员会等,2019; Xu et al., 2013; Yang et al., 2010)。高血压患病率高于全国平均水平原因可能包括以下几点:1)有研究显示,目前农村居民高血压患病率已经开始超过城市居民(中国高血压防治指南修订委员会等,2019),本研究农村居民占多数(农林业占 63.4%);2)年龄是高血压危险因素之一,本研究中 45 岁及以上人群占比 66.6%,其中 60 岁及以上占 31.5%,平均年龄 51.1 岁;3)运动为高血压危险因素之一,本研究发现,巢湖市居民“非指南理想运动”比例高达 71.4%;4)当地饮食习惯可能也是此次调查结果偏高的重要因素之一。2011 年,有研究

指出,虽然巢湖市高血压水平低于全国平均水平,但血脂异常、糖尿病、超重肥胖等患病率均高于全国水平,推测可能与当地生活、饮食习惯有关(叶正文等,2011)。2013 年,有调查显示,安徽省 18 岁及以上成人居民每日人均食盐摄入量为 8.3 g,摄入过多比例高达 65.6%(刘志荣等,2017),这可能也预示着巢湖市人均食盐量较多,从而与高血压的高患病率有关。本研究显示,巢湖市 2 型糖尿病患病率高于全国平均水平,推测原因基本与高血压相似。

《全民健身指南》自 2017 年颁布后,鲜见对其建议的“指南理想运动”人群行为的研究。本研究显示,未遵从“指南理想运动”,即“非指南理想运动”比例高达 71.4%。世界癌症研究基金会认为,人均每日红肉摄入量 > 100 g 即为摄入过多,本研究红肉摄入过多高达 21.6%。

3.2 “非指南理想运动”与高血压和 2 型糖尿病

目前,缺乏运动是公认的高血压和 2 型糖尿病主要危险因素之一,但对于运动时间和强度未形成统一认识。本研究以《全民健身指南》建议的“指南理想运动”为准,将居民划分为“指南理想运动”者和“非指南理想运动者”。结果显示,“非指南理想运动”者高血压和 2 型糖尿病患病率均更高,且在调整混杂因素后发现,“非指南理想运动”是高血压和 2 型糖尿病的独立危险因素。

3.3 红肉摄入过多与高血压和 2 型糖尿病

近年,红肉摄入与高血压、2 型糖尿病关系的研究备受关注(Hassanzadeh-Rostami et al., 2019; Mazidi et al., 2021; Son et al., 2019)。Lajous 等(2014)研究提示,每周摄入过多加工红肉的女性患高血压的概率更高。Meta 分析显示,已加工或未加工的红肉摄入量都与高血压的患病风险成正比(Zhang et al., 2018)。红肉影响高血压发病的机制可能包括以下原因(Zhang et al., 2018):1)肉类富含饱和脂肪酸和胆固醇,而有研究已表明饱和脂肪酸和胆固醇与高血压发病相关;2)肉类富含铁可以导致胰岛素抵抗从而影响高血压的发生;3)肉类摄入过多可能导致肥胖,间接导致高血压的发生。对于红肉和 2 型糖尿病之间的研究较多,如《英国医学杂志》(BMJ)有研究指出,饮食中红肉摄入量增加与 2 型糖尿病的发病率上升之间存在相关性(Neuenschwander et al., 2019)。还有研究表明,禽肉或鱼肉代替红肉可以降低 2 型糖尿病的发病率(Ibsen et al., 2019)。红肉影响 2 型糖尿病发病的机制和高血压部分相似,如肉类中高水平血红素铁导致的胰岛素抵抗以及肉类摄入过多导致的肥胖等(Du et al., 2020)。

3.4 “非指南理想运动”和红肉摄入过多对高血压和 2 型糖尿病
的交互作用

目前,鲜见关于体育锻炼和红肉摄入对高血压、2 型糖尿病的交互作用研究。本研究以“指南理想运动”且红肉摄入适量为对照组,采用多因素 Logistic 过程结合 RERI、AP 和 S 对相加交互作用进行分析显示:同时存在“非指南理想运动”和红肉摄入过多者的高血压和 2 型糖尿病患病

概率分别增加了9.07倍和9.87倍;相加交互作用的3个指标均有意义,*REI*、*AP*值及其95%CI均 >0 ,且*S*值及其95%CI均 >1 ,说明“非指南理想运动”与红肉摄入过多对高血压和2型糖尿病均存在相加交互协同作用;高血压和2型糖尿病*AP*值分别为0.41和0.45,说明被调查者中41%高血压发病、45%2型糖尿病发病均可归因于“非指南理想运动”和红肉摄入过多的相加交互协同作用。目前,较多学者认同相加模型对生物学交互作用的评价(Hosmer et al., 1992)。所以,本研究认为,在高血压和2型糖尿病发病过程中,“非指南理想运动”和红肉摄入过多之间可能存在生物学机制方面的交互作用,由于缺乏运动与肥胖、红肉摄入过多与肥胖等都具有紧密关系,而肥胖又与高血压和2型糖尿病等具有紧密关系,所以“非指南理想运动”和红肉摄入过多之间的交互作用有待更加深入的研究和探讨。

3.5 不足之处

1)仅测量空腹血糖值(FPG),未进行口服糖耐量试验,所以漏诊部分2型糖尿病患者(苏健等,2017);2)某些信息的收集来自自报,可能对结果产生影响;3)采用横断面设计,暴露(体力活动与红肉)与结局(高血压与2型糖尿病)在同一时间点收集,因此可能存在潜在的因果倒置偏倚,需要后续研究进一步论证。

4 结论

目前,巢湖市居民高血压和2型糖尿病患病率较高,不容忽视。《全民健身指南》中推荐的活动量和强度对于高血压和2型糖尿病具有保护作用,应提高居民“指南理想运动”的比例,同时倡议减少对红肉的摄入,以降低高血压和2型糖尿病的发病率。

参考文献:

- 刘志荣,陈叶纪,2017.安徽省慢性及其危险因素监测报告(2013)[M].合肥:安徽科学技术出版社。
- 毛宝宏,王燕侠,周丽,等,2019.孕期HBV感染及肝内胆汁淤积症对小于胎龄儿与低出生体重的交互影响[J].中华疾病控制杂志,23(1):29-33,55.
- 邱宏,余德新,王晓蓉,等,2008. Logistic回归模型中交互作用的分析及评价[J].中华流行病学杂志,29(9):934-937.
- 苏健,陶然,周金意,等,2017.成年人睡眠状况与糖尿病患病关系的研究[J].中华流行病学杂志,38(5):597-601.
- 姚爽,谢梦婷,邹迪莎,等,2018.年龄与甘油三酯对中老年空腹血糖受损患者的交互作用[J].中华疾病控制杂志,22(9):921-924.
- 叶正文,项青云,2011.巢湖市居巢区农村居民营养与健康监测报告[J].安徽预防医学杂志,17(3):190-191,202.
- 中国高血压防治指南修订委员会,高血压联盟(中国),中华医学会心血管病学分会,等,2019.中国高血压防治指南(2018年修订版)[J].中国心血管杂志,24(1):24-56.
- 中国疾病预防控制中心,中国疾病预防控制中心慢性非传染性疾病预防控制中心,2012.中国慢性病及其危险因素监测报告2010

- [M].北京:军事医学科学出版社。
- ANDERSSON T, ALFREDSSON L, KÄLLBERG H, et al., 2005. Calculating measures of biological interaction [J]. Eur J Epidemiol, 20(7):575-579.
- DU H, GUO Y, BENNETT D A, et al., 2020. Red meat, poultry and fish consumption and risk of diabetes: A 9 year prospective cohort study of the China Kadoorie Biobank [J]. Diabetologia, 63(4):767-779.
- DYER O, 2019. New red meat guidelines are undermined by undisclosed ties and faulty methods, say critics [J]. BMJ, doi: 10.1136/bmj.l6001.
- HASSANZADEH-ROSTAMI Z, HEMMATDAR Z, PISHDAD G R, et al., 2019. Moderate consumption of red meat, compared to soy or non-soy legume, has no adverse effect on cardio-metabolic factors in patients with type 2 diabetes [J]. Exp Clin Endocr Diab, doi: 10.1055/a-0929-6287.
- HOSMER D W, LEMWISHOW S, 1992. Confidence interval estimation of interaction [J]. Epidemiology, 3(5):452-456.
- IBSEN D B, WARBERG C K, WÜRTZ A, et al., 2019. Substitution of red meat with poultry or fish and risk of type 2 diabetes: A Danish cohort study [J]. Eur J Nutr, 58(7):2705-2712.
- JOHNSTON B C, ZERAATKAR D, HAN M A, et al., 2019. Unprocessed red meat and processed meat consumption: Dietary guideline recommendations from the nutritional recommendations (Nutri-RECS) consortium [J]. Ann Intern Med, 171(10):756-764.
- LAJOUS M, BIJON A, FAGHERAZZI G, et al., 2014. Processed and unprocessed red meat consumption and hypertension in women [J]. Am J Clin Nutr, 100(3):948-952.
- MAZIDI M, KENGNE A P, GEORGE E S, et al., 2021. The association of red meat intake with inflammation and circulating intermediate biomarkers of type 2 diabetes is mediated by central adiposity [J]. Br J Nutr, 125(9):1043-1050.
- NEUENSCHWANDER M, BALLON A, WEBER K S, et al., 2019. Role of diet in type 2 diabetes incidence: Umbrella review of meta-analyses of prospective observational studies [J]. BMJ, doi: 10.1136/bmj.l2368.
- WORLD CANCER RESEARCH FUND, 2007. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: A Global Perspective [M]. Washington, DC: American Institute of Cancer Research.
- SON J, LEE Y, PARK K, 2019. Effects of processed red meat consumption on the risk of type 2 diabetes and cardiovascular diseases among Korean adults: The Korean Genome and Epidemiology Study [J]. Eur J Nutr, 58(6):2477-2484.
- XU Y, WANG L, HE J, et al., 2013. Prevalence and control of diabetes in Chinese adults [J]. JAMA, 310(9):948-959.
- YADAV D, MAHAJAN S, SUBRAMANIAN S K, et al., 2013. Prevalence of metabolic syndrome in type 2 diabetes mellitus using NCEP-ATPIII, IDF and WHO definition and its agreement in Gwalior Chambal Region of Central India [J]. Glob J Health Sci, 5(6):142-155.
- YANG W, LU J, WENG J, et al., 2010. Prevalence of diabetes among men and women in China [J]. N Engl J Med, 362(12):1090-1101.
- ZHANG Y, ZHANG D Z, 2018. Red meat, poultry, and egg consumption with the risk of hypertension: A meta-analysis of prospective cohort studies [J]. J Hum Hypertens, 32(7): 507-517.

(收稿日期:2020-06-09; 修订日期:2021-02-20; 编辑:尹航)