·营养与食品卫生·

全球红肉摄入过多所致乳腺癌疾病负担与因果关联研究

王梓毓[1],刘兆成[2],赵慧宇[1],高家贺[1],徐潇洳[2],龚扬轩[2],张玉霞[3],张利萍[1]
1.新疆医科大学医学工程技术学院医工交叉研究所,新疆 乌鲁木齐 830017;
2.新疆医科大学基础医学院;3.乌鲁木齐妇幼保健医院临床营养科

摘要:目的　分析 1990—2021 年全球红肉摄入过多所致乳腺癌疾病负担的时空趋势,探究红肉与乳腺癌的因果关系,为乳腺癌营养干预提供科学依据。**方法**　基于全球疾病负担数据,以死亡率、伤残调整生命年(disability-adjusted life years,DALY)为评估指标,通过 joinpoint 回归、年龄 - 时期 - 队列模型分析趋势及效应,结合孟德尔随机化推断红肉与乳腺癌的因果关联。**结果**　该疾病负担呈非洲、亚洲低,欧洲、美洲、大洋洲中高的分布特征;1990—2021 年年龄标化死亡率、DALY 分别下降 19.2%、14.9%,2015 年后小幅回升,2019—2021 年男性、女性相关指标均短期上升;死亡率、DALY 的年度平均变化百分比分别为 -0.717%、-0.536%,女性死亡率降幅略高于男性,男性 DALY 降幅更高;47.5 ~ 52.5 岁为负担峰值,1992 年出生队列风险回升;孟德尔随机化证实牛肉过量摄入与乳腺癌发病存在因果关联(单 / 多变量 IVW 法 *OR*=1.511、3.390),猪、羊肉则无明确关联。**结论**　全球红肉摄入过多所致乳腺癌疾病负担整体下降,存在空间、性别差异及近期回升特征,牛肉过量是乳腺癌潜在危险因素。应制定差异化营养干预策略,管控牛肉过量摄入并关注年轻队列红肉消费趋势。

关键词:乳腺癌;红肉摄入过多;疾病负担;年龄 - 时期 - 队列
中图分类号:R737.9　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1003-8507(2026)09-1605-08
DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202511465

Disease burden and causal association of breast cancer attributable to excessive red meat intake globally

WANG Zi-yu*, LIU Zhao-cheng, ZHAO Hui-yu, GAO Jia-he, XU Xiao-ru, GONG Yang-xuan, ZHANG Yu-xia, ZHANG Li-ping
Institute of Medical Engineering Interdisciplinary Research, College of Medical Engineering and Technology, Xinjiang Medical University, Urumqi, Xinjiang 830017, China

Abstract: Objective To analyze the spatiotemporal trends in the global disease burden of breast cancer attributable to excessive red meat intake from 1990 to 2021, explore the causal relationship between red meat consumption and breast cancer, and provide a scientific basis for nutritional interventions in breast cancer. **Methods** Based on data from the Global Burden of Disease (GBD) study, mortality and disability-adjusted life years (DALYs) were used as evaluation indicators. Joinpoint regression and age-period-cohort models were employed to analyze trends and effects. Mendelian randomization (MR) was utilized to infer the causal association between red meat consumption and breast cancer. **Results** The disease burden exhibited a distribution pattern characterized by "low in Africa and Asia, and medium-to-high in Europe, the Americas, and Oceania". From 1990 to 2021, the age-standardized mortality rate and DALY rate decreased by 19.22% and 14.87%, respectively, with a slight increase observed after 2015. Between 2019 and 2021, indicators in both males and females showed a short-term increase. The average annual percentage changes in mortality and DALYs were -0.717% and -0.536%, respectively. The decline in mortality was slightly greater in females than in males, while the decline in DALYs was greater in males. The peak disease burden occurred in the 47.5-52.5 years age group, with a resurgence of risk observed in the 1992 birth cohort. MR analysis confirmed a causal relationship between high beef intake and breast cancer (univariate IVW *OR*=1.511; multivariable IVW *OR*=3.390), while no definitive association was found for pork or lamb. **Conclusion** The global disease burden of breast cancer attributable to excessive red meat intake has generally declined, though spatial and gender differences exist, along with a recent resurgence. Excessive beef consumption is a potential risk factor for breast

基金项目:新疆医科大学第十九期大学生创新训练计划项目(S202410760122);新疆维吾尔自治区卫生健康科技计划项目(2025)(2025001FYJKSCZLKJZX650124499)
作者简介:王梓毓(2004—),女,硕士在读,研究方向:流行病与卫生统计学
通信作者:张利萍,E-mail: zhanglp1219@163.com

cancer. Differentiated nutritional intervention strategies should be developed, focusing on controlling excessive beef intake and monitoring red meat consumption trends in younger cohorts.

Keywords: Breast cancer; Excessive red meat intake; Disease burden; Age-period-cohort

2021 年全球疾病负担(Global Burden of Disease, GBD)研究显示,红肉摄入过多为乳腺癌首要可改变危险因素,可导致全球 81 506 例乳腺癌归因死亡(占 12.072%)、2 451 719 例归因伤残调整寿命年(disability-adjusted life years,DALY,占 11.864%),人群归因死亡率与 DALY 率分别为 1.033/10 万、31.068/10 万[1]。既往研究多关注红肉与乳腺癌的整体关联,缺乏对不同红肉种类的特异性效应及疾病负担长期趋势的系统解析。本研究基于 1990—2021 年 GBD 数据,采用多模型整合分析,系统探讨红肉过量相关乳腺癌疾病负担的时空分布特征,并明确不同红肉类型与乳腺癌的因果关联,为乳腺癌精准营养防控提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 数据源 本研究疾病负担与人口统计学数据来源于 2021 年 GBD 数据库(https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/)[2]。红肉摄入标准参照 GBD 研究统一界定:未加工红肉日均摄入量>23 g/d(95% *UI*:18 ~ 27 g/d)则视为过量摄入。该阈值经剂量 - 反应荟萃分析验证。未加工红肉为猪肉、牛肉、羊肉等哺乳动物肌肉,不包含禽肉、鱼类、蛋类及加工肉制品。红肉摄入量数据来自英国生物样本库(UK Biobank)队列,该队列包括每种肉类类型的 460 162、460 006 和 461 053 名欧洲血统个体(http://www.nealelab.is/uk- biobank)。乳腺癌数据来自乳腺癌协会联合会,含 122 977 例病例和 105 974 例对照[3]。

1.2 研究方法

1.2.1 疾病负担趋势描述性分析 线性回归趋势拟合过程以年份为自变量(x)、对应指标数值为因变量(y),构建回归方程 y=ax+b,通过最小二乘法求解回归系数。以斜率 a 量化指标年度平均变化趋势,结合折线图可视化结果, 依托数据拐点划分研究阶段,对比指标回归结果差异,解析疾病负担演变规律。

1.2.2 连接点回归模型(joinpoint model) 本研究采用 Joinpoint 5.3.0.0 软件分析红肉摄入过多所致乳腺癌的年龄标化死亡率 (age-standardized mortality rate, ASMR),年龄标准化 DALY 率(age standardized DALYs rate,ASDR)趋势,分析前对数据进行了自然对数变换,以满足模型假设, 通过网格搜索确定连接点位置,采用置换检验和贝叶斯准则优化模型[4-5]。通过计算年度变化百分比(annual percentage change,APC)、平均年度变化百分比 (average annual percentage change, AAPC)及其 95%置信区间评估趋势变化[6-7]。

1.2.3 年龄 - 时期 - 队列模型 年龄 - 时期 - 队列(age-period-cohort,APC)模型用于区分年龄、时期和出生队列对健康结局的独立影响[8]。本研究基于对数线性回归构建模型,其基本形式为:

$$\log(\mu_{ij})=\alpha+\beta_i^{Age}+\gamma_j^{Period}+\delta_k^{Cohort}+\varepsilon_{ij}$$

其中 μ_{ij} 为第 i 个年龄组在第 j 个时期的结局变量,α 为截距,β_i^{Age}、γ_j^{Period}、δ_k^{Cohort} 分别表示年龄、时期和队列的效应,ε_{ij} 为随机误差,且满足 k= 时期 j- 年龄 i 的队列关系[9-10]。

1.2.4 孟德尔随机化(Mendelian randomization,MR) 本研究采用两样本 MR 设计,分析猪肉、羊肉、牛肉摄入与乳腺癌发病风险的因果关联,以控制观察性研究的混杂偏倚与反向因果。MR 以与暴露密切相关且不受传统混杂因素干扰的遗传变异[主要为单核苷酸多态性(single nucleotide polymorphisms,SNPs)]作为工具变量,用于推断暴露与结局的因果关系[11]。本研究选取与红肉摄入量显著相关的 SNPs 作为工具变量[12],利用基因型在配子形成阶段即已固定、且独立于后天混杂因素与反向因果的特性,无偏估计暴露因素对结局变量的因果效应。通过单变量 MR(uvMR)评估红肉摄入对乳腺癌的独立因果效应,并采用多变量 MR(mvMR)校正膳食及生活方式等混杂,进一步分析其直接因果效应。

为保障结果稳健性, 本研究开展系列敏感性分析: 采用 Cochran *Q* 检验工具变量异质性,MR-Egger 回归截距项评估水平多效性,MR-PRESSO 法识别并剔除异常位点,以验证因果关联的稳定性。

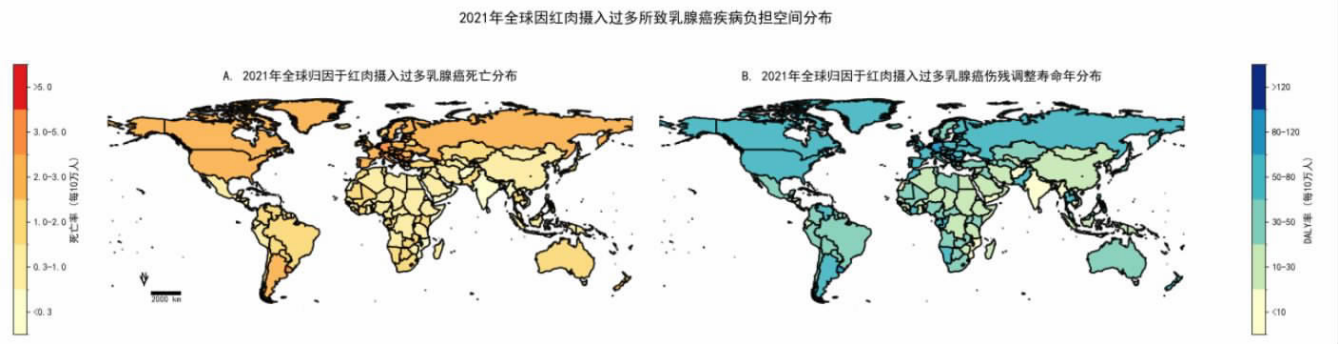
1.3 分析指标 本研究采用 GBD 2021 数据, 分析 1990—2021 年 204 个国家和地区红肉摄入过多所致乳腺癌的死亡率、DALY、ASMR、ASDR, 年龄按 5 岁间隔分为 25 ~ 29 岁至≥95 岁共 14 组。

MR 分析中工具变量筛选标准[13-14]:首先,将与猪肉、羊肉或牛肉摄入量显著相关的 SNPs($P<5\times10^{-8}$)确定为潜在工具变量[14]。为确保所选 SNP 的独立性,采用严格参数进行连锁不平衡聚类 ($LDR^2<0.001$, kb=10 000)。通过数据协调函数排除模糊性回文 SNP。计算剩余各 SNPs 的 F 统计量($F=\beta^2/se^2$),剔除 F 值<10 的变异以减少弱工具变量偏倚[15]。

2 结 果

2.1 红肉摄入过多所致乳腺癌疾病负担时空总趋势分析 红肉摄入过多所致乳腺癌疾病负担存在显著

洲际差异。非洲、亚洲为低负担地区，该区域的莫桑比克、也门、阿富汗、索马里及印度，其死亡率（＜0.3/10 万）与 DALY 率（4.09/10 万～10.26/10 万）均落入全球极低水平区间。相反，欧洲、美洲及大洋洲为中高负担地区，塞尔维亚、希腊等国的死亡率处于 3.62/10 万～6.6/10 万的中等区间，库克群岛、摩纳哥、巴哈马等国家 / 地区的 DALY 率则显著偏高，其中库克群岛的 DALY 率（156.68/10 万）为全球各国家 / 地区最高。见图 1。



注：A 为 2021 年全球归因于红肉摄入过多乳腺癌死亡分布；B 为 2021 年全球归因于红肉摄入过多乳腺癌 DALY 分布；上述分类阈值基于 2021 年 GSD 数据的四分位数分布确定，并结合既往研究和公共卫生意义进行校准；底图采用中华人民共和国自然资源部标准地图，审图号为 GS(2016)1666 号，底图无修改；疾病负担数据来源于 GBD 2021 数据库。

图 1　2021 年全球因红肉摄入过多所致乳腺癌疾病负担空间分布分析

Figure 1　Spatial distribution analysis of the global burden of breast cancer caused by excessive red meat intake in 2021

1990—2021 年全球该疾病 ASMR 与 ASDR 呈现总体下降趋势且存在阶段性波动。ASMR 从 1.16/10 万降至 0.937/10 万，累积下降 19.2%，年均下降 0.62%，趋势斜率为 –0.009/ 年；ASDR 从 33.61/10 万降至 28.61/10 万，累积下降 14.9%，年均下降 0.48%，趋势斜率为 –0.237/ 年，两者均于 2015 年后小幅回升。见图 2。

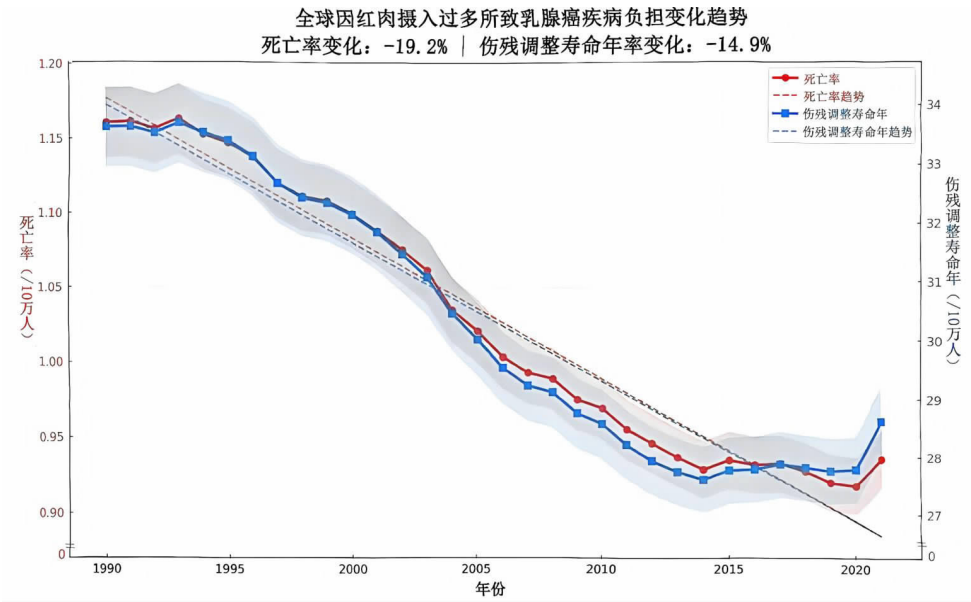


图 2　全球因红肉摄入过多所致乳腺癌疾病负担变化趋势

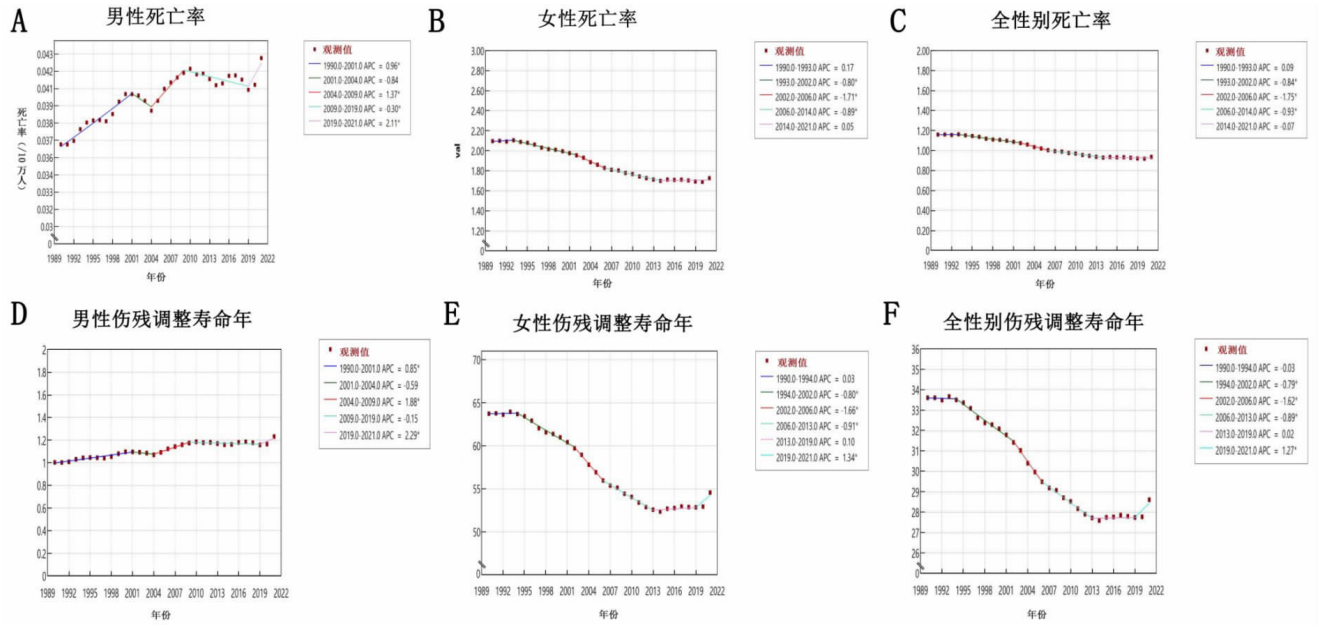
Figure 2　The changing trend of the global burden of breast cancer caused by excessive red meat intake

2.2　基于 joinpoint 回归模型的疾病负担性别差异趋势分析　joinpoint 回归分析进一步揭示了红肉摄入过多所致乳腺癌疾病负担的性别差异与趋势转折特征，女性 ASMR 整体降幅略高于男性，而男性 ASDR 降幅高于女性。见表 1、图 3。

不同阶段 ASMR 趋势同样存在性别差异。男性在 1990—2001、2004—2009 和 2019—2021 年呈显著上升趋势，仅 2001—2004 和 2009—2019 年呈非显著下降；女性除 1990—1993 年无统计学变化外，1993—2002、2002—2006 和 2006—2014 年持续显著下降，无明显上升阶段。

ASDR 的性别差异与 ASMR 既有共性也有区别。

男性与自身 ASMR 趋势相似，1990—2001、2004—2009 和 2019—2021 年显著上升，其余阶段非显著下降；女性则在 1994—2002、2002—2006 和 2006—2013 年显著下降，仅 2019—2021 年出现显著上升。



注：A 为全球男性因红肉摄入过多所致乳腺癌死亡率的 joinpoint 回归分析；B 为全球女性因红肉摄入过多所致乳腺癌死亡率的 joinpoint 回归分析；C 为全球全性别因红肉摄入过多所致乳腺癌死亡率的 joinpoint 回归分析；D 为全球男性因红肉摄入过多所致乳腺癌 DALY 的 joinpoint 回归分析；E 为全球女性因红肉摄入过多所致乳腺癌 DALY 的 joinpoint 回归分析；F 为全球全性别因红肉摄入过多所致乳腺癌 DALY 的 joinpoint 回归分析；* 表示 α=0.05 时，APC 的差异具有统计学意义。

图 3　全球因红肉摄入过多所致乳腺癌 joinpoint 回归分析

Figure 3　Joinpoint regression analysis of breast cancer attributable to excessive red meat intake globally

表 1　全球因红肉摄入过多所致乳腺癌 joinpoint 回归分析结果

Table 1　Joinpoint regression analysis results of breast cancer caused by excessive red meat intake worldwide

指标	人群分组	AAPC(%,95% *CI*)	*P* 值
死亡率	总体	−0.717 0(−0.749 8~ −0.677 9)	< 0.001
	男性	−0.516 0(−0.422 8~ −0.574 6)	< 0.001
	女性	−0.656 0(−0.687 7~ −0.617 4)	< 0.001
DALY	总体	−0.536 0(−0.577 7~ −0.503 3)	< 0.001
	男性	−0.642 7(−0.544 0~ −0.708 0)	< 0.001
	女性	−0.517 8(−0.558 8~ −0.485 4)	< 0.001

2.3　基于 APC 模型的疾病负担变化分析　死亡率与 DALY 均呈显著长期下降趋势，死亡率净漂移(−0.837%/ 年)略快于 DALY(−0.787%/ 年)。Wald 检验均拒绝 NetDrift=0 假设（死亡率：χ^2=1 182.040，P<0.001；DALY：χ^2=651.910，v=1，P<0.001）。年龄、时期及队列效应均存在独立且显著的异质性（均 P<0.001）。模型各参数标准差均接近 0，提示估计精度高、拟合稳定；时期与队列效应对死亡率及 DALY 均呈正向影响。见图 4、5。

年龄效应呈非线性特征。死亡率与 DALY 年龄偏离值随年龄增长升至峰值（死亡率为 47.5 ~ 52.5 岁，DALY 为 52.5 岁）后下降，97.5 岁转为负值；死亡率年龄曲线呈指数上升，DALY 曲线先快速上升、后趋稳再升高，横断面趋势更为显著。

时期偏离值整体波动下降，2010 年达谷值，2012 年后回升，2020 年时期偏离值分别为 0.018、0.020；以 2005 年为参照，2020 年时期 *RR* 分别为 0.900、0.906。队列偏离值呈同步波动趋势，1992 年出生队列风险回升（死亡率 *RR*=0.884，DALY *RR*=0.895）。

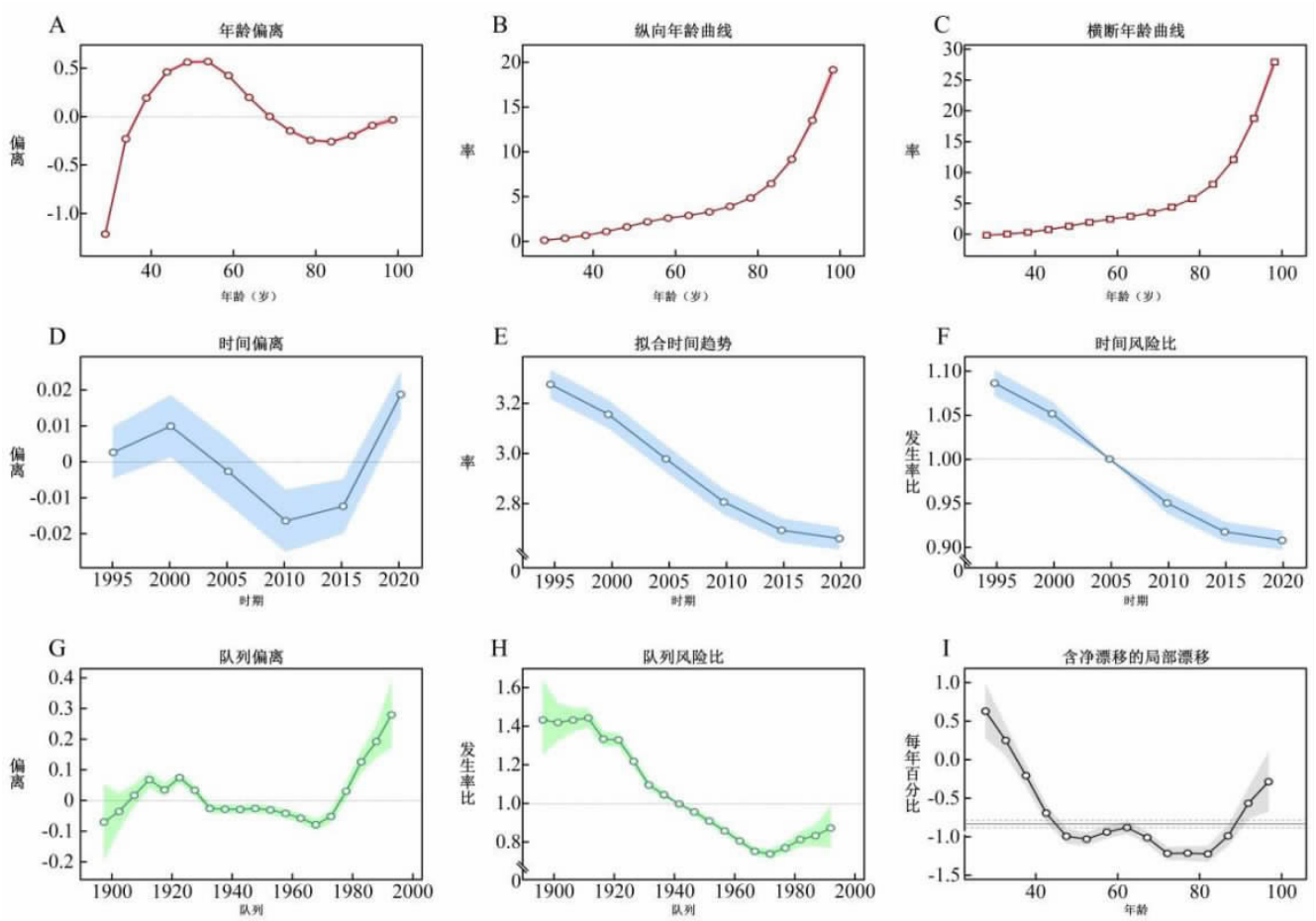
局部漂移显示，死亡率自 27.5 岁、DALY 自 37.5 岁后进入负向区间，47.5 岁后趋于稳定，97.5 岁略有回升。各指标 95% *CI* 多不重叠且不包含 0，组间差异与趋势均具有统计学意义。

2.4　不同种类红肉对乳腺癌的 MR 因果关联分析　本研究选用 UKB 数据，在单变量 MR 分析中，采用 MR-PRESSO 法筛查并剔除离群 SNPs；剔除 rs1421085、rs62396185、rs12247907、rs7791463 共 4 个位点后，以逆方差加权法（inverse variance weighting，IVW）估计因果效应。结果显示，牛肉摄入量与乳腺癌发病风险存在显著因果关联，Cochran *Q* 检验与 MR-Egger 截距检验未提示存在异质性或水平多效性。见表 2、3。

猪肉、羊肉摄入量的 MR 分析同样经

MR-PRESSO 剔除离群 SNPs（猪肉：rs11211124；羊肉：rs9379832、rs35797675）后行 IVW 估计，未发现二者与乳腺癌发病风险存在统计学意义的因果关联。

多变量 MR 分析在校正牛肉、猪肉及羊肉摄入量后进一步证实，牛肉摄入量仍与乳腺癌发病风险显著相关，见表 4。IVW 结果显示，遗传预测的牛肉摄入量每增加 1 个单位，乳腺癌发病风险显著升高，MR-Egger 结果方向与显著性一致。本研究未发现猪肉或羊肉摄入量与乳腺癌存在因果关联的证据。



注：A 为年龄偏离；B 为纵向年龄曲线；C 为横断年龄曲线；D 为时期偏离；E 为拟合时间趋势；F 为时期风险比；G 为队列偏离；H 为队列风险比；I 为含净漂移的局部漂移。

图 4　全球因红肉摄入过多所致乳腺癌死亡率的 APC 模型结果分析

Figure 4　Results of APC model analysis of global breast cancer mortality attributable to excessive red meat intake

表 2　MR 红肉各种类数据来源标注

Table 2　Mendelian randomization of data source labeling for various types of red meat

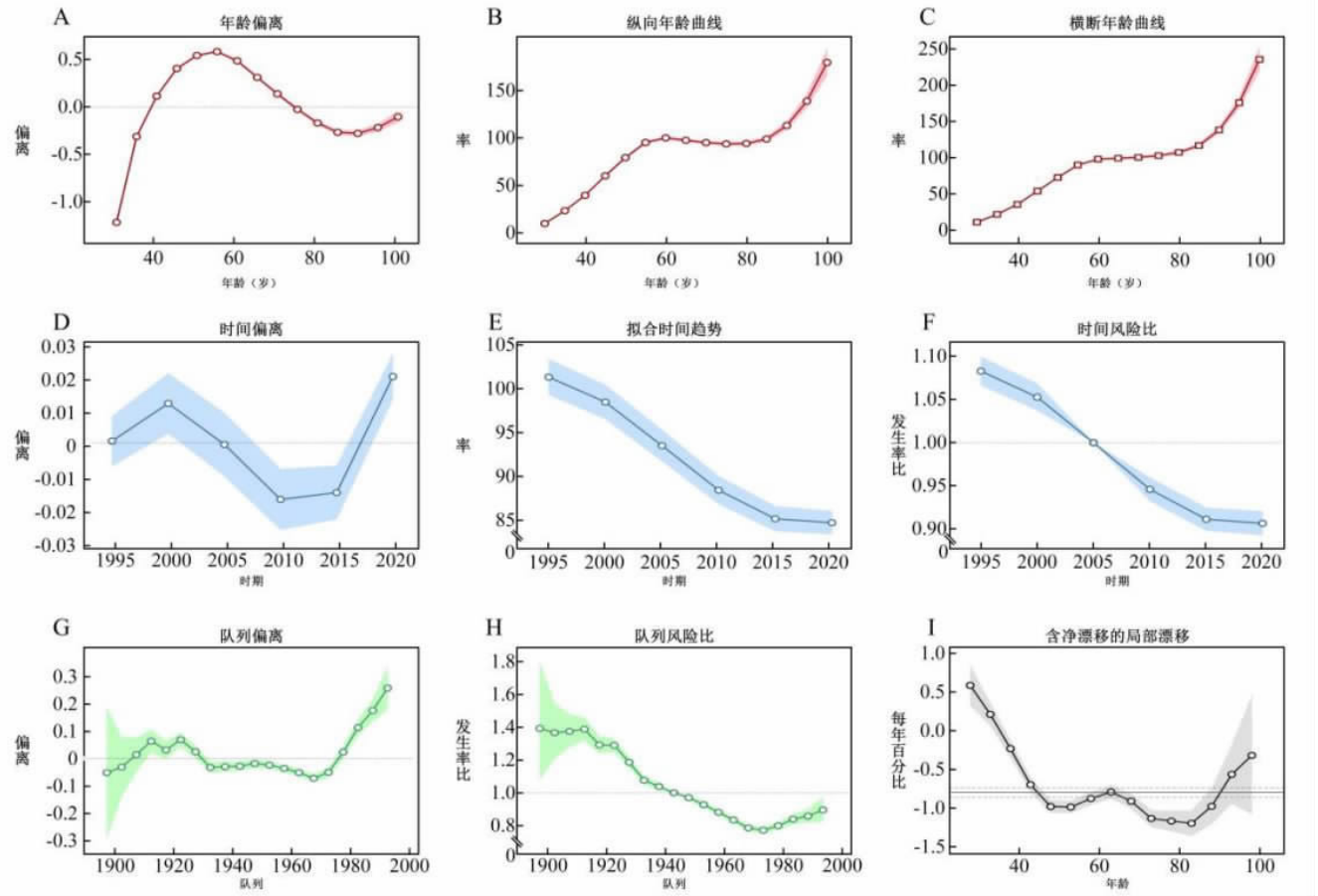
GWAS ID	性状	年份（年）	联盟 / 机构	病例数	对照数	样本量	SNPs 数量
ukb-b-5640	Pork intake	2018	MRC-IEU	460 162	—	460 162	9 851 867
ukb-b-14179	Mutton intake	2018	MRC-IEU	460 006	—	460 006	9 851 867
ukb-b-2862	Beef intake	2018	MRC-IEU	461 053	—	461 053	9 851 867

注："—"表示该性状的 GWAS 分析基于全样本（无明确病例 - 对照划分），样本量（Samplesize）列数值为纳入分析的总个体数。

表 3　红肉摄入与乳腺癌因果关系的单因素 MR 分析

Table 3　Univariate mendelian randomization analysis of the causal relationship between red meat intake and breast cancer

暴露因素	水平多效性检验				异质性检验			
	MR-Egger 回归		MR-PRESSO		IVW		MR-Egger 法	
	Egger 截距	*P* 值	全局检验	*P* 值	*Q* 值	*P* 值	*Q* 值	*P* 值
牛肉摄入量	0.007	0.674	21.918	0.110	19.141	0.085	18.822	0.064
猪肉摄入量	-0.003	0.882	16.990	0.180	14.161	0.166	14.125	0.118
羊肉摄入量	-0.017	0.014	58.733	0.002	54.589	0.003	43.846	0.029



注：A 为年龄偏离；B 为纵向年龄曲线；C 为横断年龄曲线；D 为时期偏离；E 为拟合时间趋势；F 为时期风险比；G 为队列偏离；H 为队列风险比；I 为含净漂移的局部漂移。

图 5　全球因红肉摄入过多所致乳腺癌 DALY 的 APC 模型结果分析

Figure 5　APC model analysis of disability-adjusted life years for breast cancer attributable to excessive red meat intake globally

表 4　红肉摄入与乳腺癌的多变量 MR 分析

Table 4　Multivariatble mendelian randomization analysis of red meat intake and breast cancer

调整因素	结局指标	SNPs 数量	多变量 IVW (95% *CI*)	*P* 值	多变量 MR-Egger 法 *OR* (95%*CI*)	*P* 值	多变量 MR-Egger 截距	水平多效性检验 *P* 值
羊肉摄入量	乳腺癌	28	0.710(0.290 ~ 1.760)	0.460	0.650(0.210 ~ 2.050)	0.464		
牛肉摄入量		14	3.390(1.470 ~ 7.860)	0.004	3.120(1.070 ~ 9.080)	0.036	0.001	0.802
猪肉摄入量		11	0.490(0.150 ~ 1.580)	0.230	0.460(0.130 ~ 1.630)	0.234		

3　讨　论

本研究基于1990—2021 年 GBD 数据，整合疾病负担分析、joinpoint 回归、APC 模型及 MR 模型，构建“现象描述 – 拐点定位 – 效应分解 – 因果验证”递进式研究框架，系统解析红肉摄入过多所致乳腺癌疾病负担的时空特征、人群差异及因果关联，为乳腺癌精准营养防控提供多维度科学依据[16]。结果显示，全球红肉相关乳腺癌疾病负担存在显著空间异质性、时间波动及性别差异，且牛肉摄入过量与乳腺癌发病存在明确因果关联。整体下降趋势证实防控成效，但近期反弹、队列回升等结构性风险更值得关注。

空间分布上，红肉相关乳腺癌疾病负担呈“非洲、亚洲较低，欧洲、美洲、大洋洲较高”格局，与各地区膳食结构、经济发展水平密切相关。亚洲、非洲国家以植物性饮食为主，红肉消费偏低，疾病负担较轻[17]；欧洲、美洲及大洋洲国家未加工红肉（尤其是牛肉）摄入总量偏高，其含有的杂环胺、多环芳烃等致癌物（多由高温烹饪未加工红肉产生）可升高乳腺癌发病风险[18]。库克群岛、摩纳哥等高负担地区因红肉摄入过多、诊疗体系不完善，导致确诊偏晚、DALY 升高，提示需同步强化膳食干预与医疗服务建设[19]。

时间趋势显示，1990—2021 年全球红肉相关乳腺癌 ASMR 与 ASDR 整体下降，得益于筛查普及、诊疗优化及膳食指导推广[20]，验证了宏观防控策略的有效性；但 2015 年后小幅回升，2019—2021 年受新冠

疫情影响，筛查中断、未加工红肉居家烹饪频次增加、摄入量上升，疾病负担阶段性反弹，提示干预不可松懈。Joinpoint 回归显示存在明显性别差异，提示需制定分性别精准防控策略。

APC 模型解析显示，疾病负担在 47.5～52.5 岁达峰值，与更年期激素变化、乳腺组织对致癌因素敏感性升高有关[21-22]；高龄人群负担快速上升，需加强干预。时期效应波动下降印证公共卫生措施有效；1992 年出生队列风险回升，与年轻人群西式饮食及红肉消费增加一致[23]，预示未来防控压力可能回升。Joinpoint 识别的拐点（女性 2010 年、全球 2012 年、男性 2014 年）与 APC 时期效应趋势高度吻合，提示拐点后疾病负担反弹与年轻队列牛肉摄入增加相关。

MR 分析证实，牛肉摄入过量是乳腺癌发病的潜在危险因素，而猪肉、羊肉摄入与乳腺癌无明确统计学因果关联[24]。牛肉中饱和脂肪酸、血红素铁含量显著高于猪肉、羊肉[25-29]，可通过炎症、氧化应激及 DNA 损伤升高发病风险；且猪肉、羊肉加工比例低、烹饪温度温和，或为因果效应存在差异的关键原因。多变量 MR 进一步排除混杂，验证牛肉与乳腺癌因果关系稳健性，为精准干预提供靶点。

各模型结果相互验证：APC 模型提示时期与队列效应驱动疾病负担趋势，MR 证实牛肉为关键危险因素，并解释 47.5～52.5 岁年龄峰值的潜在机制[30-31]，强化效应分解结果可靠性。

本研究存在局限性。数据主要来源于欧洲血统人群，普适性有待多种族队列验证；未充分纳入社会经济、教育及其他膳食混杂因素；MR 仍存在残余多效性等偏倚风险；APC 模型受年龄－时期－队列共线性影响，效应估计存在一定不确定性；未覆盖马肉等小众红肉，羊肉工具变量存在水平多效性，需扩大样本并优化工具变量进一步校正。

综上，1990—2021 年全球红肉摄入相关乳腺癌疾病负担整体下降，但空间异质性、性别差异及近期反弹趋势仍需重视，牛肉摄入过量是乳腺癌重要危险因素。未来应实施区域差异化膳食干预：高消费地区严控加工牛肉摄入，推广优质蛋白替代；低负担但消费上升地区加强早期营养教育；重点针对 47.5～52.5 岁女性及 1992 年后出生队列开展靶向膳食指导。后续需纳入多种族队列，开展多中心前瞻性研究，深入解析牛肉成分与乳腺癌的分子机制，为精准营养防控提供更高等级证据。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Huang Y, Cao DH, Chen ZY, et al. Red and processed meat consumption and cancer outcomes: Umbrella review [J]. Food Chemistry, 2021, 356: 129697.

[2] GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. Lancet, 2024, 403(10440): 2133-2161.

[3] Michailidou K, Lindström S, Dennis J, et al. Association analysis identifies 65 new breast cancer risk loci[J]. Nature, 2017, 551(7678): 92-94.

[4] Li N, Xu YH, Xiao XR, et al. Long-term trends in the burden of asthma in China: a joinpoint regression and age-period-cohort analysis based on the GBD 2021[J]. Respiratory Research, 2025, 26(1): 56.

[5] 毕嘉琦，郑磊. 2011-2021 年广东省深圳市宝安区流行性感冒流行趋势的 Joinpoint 回归分析 [J]. 预防医学论坛，2023，29（7）：486-489.
Bi JQ, Zheng L. Analysis on joinpoint regression of influenza epidemic trends in Baoan district, Shenzhen city, Guangdong province from 2011 to 2021 [J]. Preventive Medicine Tribune, 2023, 29(7): 486-489.(In Chinese)

[6] Li J, Chan NB, Xue J, et al. Time series models show comparable projection performance with joinpoint regression: A comparison using historical cancer data from World Health Organization [J]. Front Public Health, 2022, 10: 1003162.

[7] Smith torres-Roman J, Julca-Marín D, Ticona-Tina D, et al. Trends in gastric cancer mortality 2005 - 2020 in Peru and its geographical areas: A joinpoint regression analysis[J]. Cancer Epidemiology, 2023, 87: 102485.

[8] Cayuela L, Gaeta AM, Lopez-Campos JL, et al. Age-period-cohort effect on lung cancer mortality in Spain, 1982-2021[J]. Lung Cancer, 2023, 178: 269-276.

[9] Fannon Z, Nielsen B. Age-Period-Cohort models [EB/OL]. [2026-03-20]. https://www.nuffield.ox.ac.uk/economics/Papers/2018/2018W04_age_period_cohort_models.pdf.

[10] Barati H, Pourhoseingholi MA, Roshandel G, et al. Bayesian age-period-cohort projection of cancers in Iran: a modeling study [J]. BMC Cancer, 2024, 24(1): 1538.

[11] Burgess S, Davey Smith G, Davies NM, et al. Guidelines for performing Mendelian randomization investigations: update for summer 2023[J]. Wellcome Open Res, 2019, 4: 186.

[12] Larsson SC, Butterworth AS, Burgess S. Mendelian randomization for cardiovascular diseases: principles and applications [J]. European Heart Journal, 2023, 44(47): 4913-4924.

[13] Johnson KE, Siewert KM, Klarin D, et al. The relationship between circulating lipids and breast cancer risk: A Mendelian randomization study[J]. PLOS Medicine, 2020, 17(9): e1003302.

[14] Yu C, Xu J, Xu S, et al. Causal relationship between dietary factors and breast cancer risk: A Mendelian randomization study[J]. Heliyon, 2023, 9(10): e20980.

[15] Wang X, Chen L, Cao R, et al. Associations of 10 dietary habits with breast cancer: a Mendelian randomization study[J]. Front Nutr, 2023, 10: 1215220.

[16] 孔维嘉，孙玉婷，葛媛莎，等. 1990-2021 年全球及中国老年乳

腺癌发病趋势分析及 2022–2035 年变化趋势预测[J]. 中国肿瘤,2025,34(10):813–820.
Kong WJ, Sun YT, Ge YS, et al. Incidence trends of elderly breast cancer in China and globally from 1990 to 2021 and prediction of future trends from 2022 to 2035 [J]. China Cancer, 2025, 34(10): 813–820.(In Chinese)

[17] Mentella MC, Scaldaferri F, Ricci C, et al. Cancer and Mediterranean Diet: A review[J]. Nutrients, 2019, 11(9): 2059.

[18] Maddineni G, Xie JJ, Brahmbhatt B, et al. Diet and carcinogenesis of gastric cancer [J]. Current Opinion in Gastroenterology, 2022, 38(6): 588–591.

[19] 盛燕,李晨阳,高丽娜,等. 1990–2021 年中国年轻女性乳腺癌疾病负担及危险因素趋势分析 [J]. 中华肿瘤防治杂志,2025,32(18):1107–1113.
Sheng Y, Li CY, Gao LN, et al. Analysis on the trend of disease burden and risk factors of young breast cancer in China from 1990 to 2021[J]. Chinese Journal of Cancer Prevention and Treatment, 2025, 32(18): 1107–1113.(In Chinese)

[20] Burgess S, Butterworth A, Thompson SG. Mendelian randomization analysis with multiple genetic variants using summarized data [J]. Genetic Epidemiology, 2013, 37(7): 658–665.

[21] 黄爱敏,王建康,樊喆,等. 全球乳腺癌疾病负担情况及其与乳腺癌筛查的关联分析 [J]. 肿瘤基础与临床,2025,38(3):317–321.
Huang AM, Wang JK, Fan Z, et al. Analysis of the global burden of breast cancer and its association with breast cancer screening [J]. Journal of Basic and Clinical Oncology, 2025, 38 (3): 317–321.(In Chinese)

[22] 尚卿,王海鹏,王静. 1992–2021 年中国女性乳腺癌发病和死亡的年龄 – 时期 – 队列模型分析及预测[J]. 解放军医学杂志,2025,50(4):436–443.
Shang Q, Wang HP, Wang J. Age–period–cohort model analysis and prediction of breast cancer incidence and mortality among Chinese women from 1992 to 2021 [J]. Medical Journal of Chinese People's Liberation Army, 2025, 50(4): 436–443.(In Chinese)

[23] 毛昀,张婉慧,邓倩玲,等. 1990 年至 2021 年中国和美国乳腺癌疾病负担趋势分析 [J]. 中国肿瘤临床,2025,52(17):884–891.
Mao Y, Zhang WH, Deng QL, et al. Trend analysis of breast cancer burden in China and the United States from 1990 to 2021 [J]. Chinese Journal of Clinical Oncology, 2025, 52 (17): 884–891.(In Chinese)

[24] Vabistsevits M, Robinson T, Elsworth B, et al. Integrating mendelian randomization and literature–mined evidence for breast cancer risk factors[J]. Journal of Biomedical Informatics, 2025, 165: 104810.

[25] Kazemi A, Barati–Boldaji R, Soltani S, et al. Intake of various food groups and risk of breast cancer: a systematic review and Dose–Response Meta–Analysis of prospective studies [J]. Advances in Nutrition, 2021, 12(3): 809–849.

[26] Yi WZ, Huang QX, Wang YZ, et al. Lipo–nutritional quality of pork: The lipid composition, regulation, and molecular mechanisms of fatty acid deposition[J]. ANIMAL NUTRITION, 2023, 13: 373–385.

[27] 蒲继锋,吴雪莲,潘虎. 西藏昌都市类乌齐牦牛肉中主要脂肪酸的差异分析[J]. 中国农学通报,2023,39(2):98–106.
Pu JF, Wu XL, Pan H. Difference analysis of main fatty acids in riwoq ê yak meat from Qamdo of Tibet [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2023, 39(2): 98–106.(In Chinese)

[28] 杨月欣. 中国食物成分表[M]. 7 版. 北京:北京大学医学出版社,2023.
Yang YX. Chinese food composition table[M]. 7th ed. Beijing: Peking University Medical Press, 2023.(In Chinese)

[29] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2022)配套膳食指南科学研究报告[R]. 北京:人民卫生出版社,2022.
Chinese Nutrition Society. Scientific research report supporting the dietary guidelines for Chinese residents (2022)[R]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2022.(In Chinese)

[30] Chang VC, Cotterchio M, Bondy SJ, et al. Iron intake, oxidative stress–related genes and breast cancer risk [J]. International Journal of Cancer. Journal International du Cancer, 2020, 147 (5): 1354–1373.

[31] Händel MN, Rohde JF, Jacobsen R, et al. Processed meat consumption and the risk of cancer: a critical evaluation of the constraints of current evidence from epidemiological studies [J]. Nutrients, 2021, 13(10): 3601.

收稿日期:2025–11–26

读者·作者·编者

作者撰写论文时使用参考文献的要求

参考文献不仅增加论文的学术性，而且表明论文的科学依据，也是对他人劳动成果的尊重。凡无参考文献的文章，国家进行论文统计时不予统计。因此，希望作者撰写论文时，凡在文中引用他人数据或观点时，应使用参考文献。并应按参考文献的书写要求书写完整，按论文中引用出现的先后进行参考文献排序和在论文中作相应标注。参考文献宜选用新近 1～5 年内的权威性学术期刊。欢迎引用本刊论文。未公开发表的文献不宜引用。