

文章编号: 1000-8020(2023)02-0292-08

·文献数据分析·

全谷物对超重及肥胖成年人胰岛素抵抗影响的 Meta 分析

舒幸¹ 姜皓琪¹ 李彬¹ 胡安拉¹

¹ 安徽医科大学公共卫生学院营养与食品卫生学系, 合肥 230032



摘要: 目的 采用 Meta 分析方法, 分析在随机对照试验中, 全谷物摄入对超重及肥胖成年人胰岛素抵抗的影响。方法 在 PubMed、EMBASE、MEDLINE、Cochrane Library、中国生物医学文献数据库(CBM)、中国知网(CNKI) 等数据库进行数据检索, 检索时间从建库至 2021 年 8 月 9 日。筛选出关于全谷物对超重及肥胖成年人胰岛素抵抗影响的随机对照试验, 对符合纳入标准的文献进行资料提取和质量评价, 采用 R4.1.2 软件进行 Meta 分析。结果 共纳入 10 项随机对照研究, Meta 分析表明, 全谷物摄入可降低超重及肥胖成年人空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG) ($MD = -0.08$, $95\% CI -0.12 \sim -0.04$)、胰岛素抵抗指数(homeostasis model assessment of insulin resistance, HOMA-IR) ($MD = -0.37$, $95\% CI -0.60 \sim -0.14$) 和定量胰岛素敏感性指数(quantitative insulin sensitivity index, QUICKI) ($MD = 0.006$, $95\% CI 0.005 \sim 0.007$), 但在空腹胰岛素(fasting insulin, FINS)、餐后血糖(postprandial glucose, PG)、餐后胰岛素(postprandial insulin, PI) 以及甘油三酯(triglyceride, TG) 上, 全谷物摄入对超重及肥胖成年人的效果差异未显现出统计学意义。亚组分析发现, FPG 在德国人、质量评分 4 分、全谷物摄入量 150~200 g 以及各人群健康分组中均有统计学意义; 而 HOMA-IR 仅在摄入量分组中具有统计学意义, 且全谷物摄入量在 100~150 g 具有保护作用; QUICKI 各组间均无统计学意义。在敏感性分析和发表偏倚中, FINS、PG、PI 以及 TG 在分别去除 1 篇文献后, 结果均变成有统计学意义; 而 HOMA-IR 在去除 1 篇文献后, 结果变成无统计学意义。同时, Egger 回归分析显示各指标均不存在发表偏倚, 文献结果整体较稳定。根据已有的亚组分析结果, 对全谷物摄入量做了进一步的线性剂量-反应分析, 发现全谷物每日摄入量在 140~160 g, FPG 效应量值较好。结论 每日摄入 140~160 g 全谷物可以改善超重及肥胖成年人 FPG 水平。

关键词: 全谷物 超重及肥胖 胰岛素抵抗 随机对照试验 Meta 分析

中图分类号: R151.4 R153

文献标志码: A

DOI: 10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2023.02.019

Effects of whole grains on insulin resistance in overweight and obese adults: a Meta-analysis

Shu Xing¹, Jiang Haoqi¹, Li Bin¹, Hu Anla¹

¹ Department of Nutrition and Food Hygiene, School of Public Health, Anhui Medical University, Hefei 230032, China

ABSTRACT: OBJECTIVE To conduct a Meta-analysis of the effects of whole grains on insulin resistance in overweight and obese adults in randomized controlled trials.

基金项目: 国家自然科学基金(No.81502806); 安徽高校自然科学研究重点项目(No.KJ2019A0227)

作者简介: 舒幸, 女, 硕士, 研究方向: 营养与食品卫生学, E-mail: 18856964154@163.com

通信作者: 胡安拉, 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 营养与食品卫生学, E-mail: huanla@ahmu.edu.cn

METHODS Data were retrieved from PubMed, EMBASE, MEDLINE, Cochrane Library, CBM, CNKI and other databases from the database establishment to August 9, 2021. Randomized controlled trials of the effects of whole grains on insulin resistance in overweight and obese adults were screened out. Data extraction and quality evaluation were conducted for the literatures meeting the inclusion criteria. The Meta-analysis was conducted using R4.1.2 software. **RESULTS** A total of 10 randomized controlled trials were included. Among the overweight and obese adults, the whole grains intake decreased their fasting plasma glucose (FPG) ($MD = -0.08, 95\%CI -0.12, -0.04$), homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR) ($MD = -0.37, 95\%CI -0.60, -0.14$) and quantitative insulin sensitivity index (QUICKI) ($MD = 0.006, 95\%CI 0.005, 0.007$). However, there were no statistically significant among fasting insulin (FINS), postprandial blood glucose (PG), postprandial insulin (PI), and triglycerides (TG) in overweight and obese adults. In subgroup analysis, FPG was statistically significant in German, quality score 4, 150–200 g intake of whole grain, and health subgroups of each population. There was no statistical significance of the QUICKI group. In sensitivity analysis and publication bias, FINS, PG, PI and TG became significant after one article was removed. However, HOMA-IR result were not statistically significant after the removal of one article. Meanwhile, the publication bias of each index was analyzed by Egger regression. Based on the results of subgroup analysis, a further dose-response analysis was conducted on the whole grains intake. The result showed that the FPG effects scale was better when the daily intake of whole grains was between 140 g and 160 g. **CONCLUSION** Daily intake of 140 g to 160 g of whole grains improves FPG levels in overweight and obese adults.

KEY WORDS: whole grains, overweight and obese, insulin resistance, randomized controlled trial, Meta-analysis

据世界卫生组织报道,1975年至2016年期间,全球肥胖流行率增加了近两倍。2016年全球超过19亿(39%)成年人超重,6.5亿(13%)成年人存在肥胖现象^[1]。超重及肥胖是多种慢性非传染性疾病的主要危险因素,如心血管疾病、糖尿病以及某些癌症^[1]。胰岛素抵抗(insulin resistance, IR)与超重和肥胖之间存在相互作用,超重和肥胖往往是IR发展的主要危险因素^[2-4];而IR在超重及肥胖相关的2型糖尿病和心血管疾病的发病中起着关键作用^[5-6]。

全谷物(whole grains)被定义为完整的、磨碎的、开裂的或片状的谷物果实,其所有内核成分,如麸皮、胚芽和胚乳,都以与完整谷物相同的相对比例存在,包括燕麦、糙米、黑麦、大麦、小麦等^[7]。近年来的多项流行病学研究表明,全谷物摄入与多数慢性非传染性疾病之间存在负相关,如心血管疾病、2型糖尿病、肥胖以及某些癌症^[7-9]。美国饮食指南中强调每天食用全谷物可以降低患肥胖等慢性疾病的风险^[10]。人体摄入全谷物能够降低摄入食物的能量密度、促进高纤

维食物的摄入、增加饱腹感、降低饥饿感,从而对超重和肥胖成年人人体重控制产生有益影响^[11]。

既往的观察性研究表明,全谷物摄入与超重及肥胖成年人IR呈负相关^[7,12]。在一项队列研究^[13]发现食用全谷物食物对存在较高IR风险的超重及肥胖参与者会产生有益的影响;而一项关于全谷物的Meta分析^[14]也说明全谷物可以提高超重及肥胖成年人胰岛素敏感性、 β 细胞功能以及降低血糖。此外,有研究显示全谷物摄入在未引起临床上显著的体重减轻下,就可以改善肥胖者餐后血脂和胰岛素血症^[15]。

但是,在干预研究中,全谷物摄入对超重及肥胖成年人IR是否有影响却存在不同报道。MALIN等^[16]和REN等^[17]的随机对照研究表明,在超重和肥胖成年人中,全谷物的降糖作用主要表现在促进IR的降低。但ANDERSSON等^[18]的研究却表明食用全谷物并未对超重及肥胖成年人IR产生影响。

本研究通过查阅大量文献发现,关于全谷物摄入对超重和肥胖成年人IR影响的文章大多局

限于定性分析,在对全谷物摄入量的多少上存在不同的观点。因此,本文结合既往文献,定量分析全谷物摄入量与IR之间的相关性,以期对超重和肥胖成年人选用全谷物提供参考。

1 材料与方法

1.1 文献来源和检索

英文以(whole grain OR whole grains OR whole cereal OR whole cereals) AND (obese OR obesity OR overweight) AND (insulin resistance AND insulin sensitivity) 为检索式,检索了PubMed、EMBASE、MEDLINE、Cochrane Library 等数据库。中文以(全谷物 OR 全麦) AND (肥胖 OR 超重) AND (胰岛素抵抗 OR 胰岛素敏感性) 为检索式,检索了中国生物医学文献数据库(CBM)、中国知网(CNKI)等数据库,并对检索到的文献的参考文献进行了追踪,检索时间从建库到2021年8月9日。

1.2 文献纳入和排除标准

1.2.1 纳入标准 (1) 研究设计:随机对照试验;(2) 研究对象:18岁及以上超重或肥胖的成年人,性别、种族不限;(3) 干预措施:试验组采取以全谷物饮食(>50 g/d)为主;对照组采取以精谷物为主食或部分全谷物(<50 g/d)及精谷物混合物或不做特殊处理的正常既往饮食习惯;(4) 结局指标:空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG);空腹胰岛素(fasting insulin, FINS);餐后葡萄糖(postprandial glucose, PG);餐后胰岛素(postprandial insulin, PI);胰岛素抵抗指数(homeostasis model assessment of insulin resistance, HOMA-IR);定量胰岛素敏感性检测指数(quantitative insulin sensitivity index, QUICKI);甘油三酯(triglyceride, TG)。

1.2.2 排除标准 (1) 未进行随机分组、未合理设置对照;(2) 结局指标未反映均数差;(3) 数据不完整,或未涉及全谷物与超重及肥胖成年人IR方面的内容。

1.3 数据提取和质量评估

1.3.1 数据提取 根据事先设计的标准化表格,提取文献中包括第一作者、发表年份、国家、试验类型、样本量、受试者信息(性别、年龄、体质指数、健康状况)、干预措施及干预周期。对于设计多组研究的随机对照试验,只提取与本研究相关的内容。如纳入研究结局指标的计量单位不同,则换算成统一单位(FPG: 1 mmol/L = 18 mg/dL; FINS: 1 mU/L = 6.965 pmol/L)。若研究数据中仅

提供样本总量(n)、四分位间距(IQR)、上四分位数间距、下四分位数间距、中位数(M)、最小值(a)和最大值(b),而未提供平均数(\bar{x})和标准差(SD)时,运用以下公式进行数据转换:当 $n \leq 25$ 时,用公式 $\bar{x} = (a + 2M + b) / 4$ 估计 \bar{x} ;当 $n > 25$ 时,用 M 估计 \bar{x} ; $SD = IQR / 1.35$ (IQR = 上四分位数间距 - 下四分位数间距)^[19]。数据的提取由2名研究者同时独立进行,提取后需相互进行核对,如若核对结果不一致,需进一步讨论或者由第三人进行决断。

1.3.2 质量评估 采用Jadad评分量表^[20]进行评价,Jadad评分量表采用5分制,大于3分为高质量文章。包括3个方面:①随机序列的产生(恰当2分;不清楚1分;不恰当0分);②盲法(恰当2分;不清楚1分;不恰当0分);③撤出与退出(描述了撤出或退出的数目和理由1分;未描述撤出或退出的数目或理由0分)。

1.4 统计学分析

使用R4.1.2进行数据分析。综合效应量采用均数差(mean difference, MD)进行分析。采用Q检验及 I^2 统计量进行异质性检验评价,若存在 $I^2 < 50\%$ 且 $P > 0.05$ 时,采用固定效应模型,其余采用随机效应模型。对结果有意义的指标进行了进一步的亚组分析^[21],进行敏感性分析时采取依次逐个剔除纳入的研究后重新估计合并效应量大小,同时使用Egger回归分析检测发表偏倚。

2 结果

2.1 文献检索结果及纳入研究基本情况

初次检索出相关文献共计848篇,其中英文文献756篇(PubMed 108篇、EMBASE 231篇、Medline 312篇、Cochrane 105篇),中文文献92篇(CBM 8篇、CNKI 84篇)。通过检索文献标题和摘要,去除与纳入标准不符的、重复文献819篇后,精读29篇文章全文。阅读后,进一步排除13篇文献,其中非随机对照试验2篇,研究对象纳入年龄不符合要求2篇,研究对象BMI值不符合要求9篇,重复发表纳入文章2篇,试验组和对照组研究指标不符合要求文章2篇,缺乏所需结局指标文章2篇,未在纳入文献的参考文献中发现新的符合纳入标准的文献。最终纳入10项随机对照试验,试验组550人,对照组535人。10篇均为英文文献,年龄在18~65岁之间,其中有一篇文献中316人未详细说明男女比例,纳入对象多为欧美等国家(表1)。纳入的各项研究均采用随机对照试验方法,仅4篇文章说明盲法的具体应用情况。

部分研究存在研究对象失访及退出现象。

2.2 全谷物摄入对 IR 的影响

通过对 7 个指标进行效应量分析, 5 个指标采用随机效应模型, 2 个指标采用固定效应模型。其中 FPG 共有 7 篇文献纳入, 异质性较小 ($I^2 = 49.3\%$, $P = 0.01$), 采用固定效应模型, 结果表明, 全谷物的摄入降低了 FPG ($MD = -0.08$, $95\% CI -0.12 \sim -0.04$), 差异具有统计学意义。HOMA-IR 共有 3 篇文献 4 组数据纳入, 异质性较

大 ($I^2 = 86.6\%$, $P < 0.01$), 采用随机效应模型, 结果表明, 全谷物摄入降低了 HOMA-IR ($MD = -0.37$, $95\% CI -0.60 \sim -0.14$)。QUICKI 共有 3 篇文献 4 组数据纳入, 异质性较小 ($I^2 = 0\%$, $P < 0.01$), 采取固定效应模型, 结果表明, 全谷物摄入降低了 QUICKI ($MD = 0.006$, $95\% CI 0.005 \sim 0.007$)。而 FINS、PG、PI、TG 四个指标通过分析发现, 超重及肥胖成年人在摄入全谷物后, 结果并未发生改变。具体结果见表 2。

表 1 纳入研究基本特征

作者	纳入例数 (男/女)	年龄/ 岁	体质 指数	健康 状况	试验策略					质量评估		
					试验组	对照组	洗脱期	干预期	随机序列产生	盲法	撤出退出	得分
MALIN ^[16]	14(3/11)	38.0±2.0	34.0±1.1	健康人	100g 全谷物	100g 精谷物	8~10w	2×8w	2	2	1	5
ANDERSSON ^[18]	30(8/22)	59.0±5.0	28.3±2.0	单纯性空腹血糖升高	112g 全谷物	112g 精谷物	6~8w	2×6w	2	0	1	3
MOHAN ^[22]	15(7/8)	33.2±4.6	27.4±2.3	健康人	200g 糙米	200g 精白米	9d	3×6d	2	1	1	4
RAVE ^[23]	31(13/18)	51.0±13.0	33.9±2.7	单纯性空腹血糖升高	200g 全谷物	200g 代餐食品	2w	2×4w	2	1	1	4
AMPATZOGLOU ^[24]	33(12/21)	48.0±1.1	27.9±0.7	健康人	>80g 全谷物	<16g 全谷物+ 部分精谷物	4w	2×6w	2	1	1	4
KIRWAN ^[25]	33(6/27)	39.0±7.0	33.1±4.3	健康人	100g 全谷物	100g 精谷物	10w	2×8w	2	2	1	5
TIGHEP ^[26]	206 (104/102)	51.8±0.8	28.0±0.5	健康人	I1: 100~120g 小麦 I2: 100~ 120g 小麦+燕麦	100~120g 精小麦		16w	2	2	1	5
BROWNLEE ^[27]	316	45.7±10.0	30.1±4.01	健康人	I1: 60g I2: 8 周 60g; 8 周 120g 全谷物	无膳食改变		16w	2	1	1	4
MALIN ^[28]	13(3/10)	37.2±1.8	33.6±1.4	存在 2 型糖 尿病风险	100g 全谷物	100g 精谷物	8~10w	2×8w	2	2	1	5
MCINTOSH ^[29]	28(28/0)	40~65	30.0±0.9	健康人	I1: 207g 高纤维黑麦 I2: 207g 高纤维小麦	207g 精小麦		3×4w	2	1	1	4

表 2 全谷物摄入后各指标的变化情况

研究指标	MD(95% CI) 值	n	异质性		模型
			I^2	P 值	
FPG	-0.08(-0.12 ~ -0.04)	354	49.3%	0.01	固定
FINS	-0.28(-0.87 ~ 0.30)	384	60.0%	0.34	随机
PG	-0.59(-1.51 ~ 0.33)	811	98.0%	0.21	随机
PI	-1.65(-3.73 ~ 0.43)	745	83.0%	0.12	随机
HOMA-IR	-0.37(-0.60 ~ -0.14)	397	86.6%	<0.01	随机
QUICKI	0.006(0.005 ~ 0.007)	691	0.0%	<0.01	固定
TG	-0.10(-0.21 ~ 0.009)	945	96.0%	0.03	随机

注: MD: 均数差; I^2 : 异质性定量化统计量; FPG: 空腹血糖; FINS: 空腹胰岛素; PG: 餐后血糖; PI: 餐后胰岛素; HOMA-IR: 胰岛素抵抗指数; QUICKI: 定量胰岛素敏感性检测指数; TG: 甘油三酯

2.3 亚组分析

对 FPG、HOMA-IR、QUICKI 三个指标进行了亚组分析, 主要包括国家、质量评分、全谷物摄入量以及人群健康状况。

2.3.1 空腹血糖 在 FPG 组中共纳入 354 人。通过亚组分析发现, 根据国家为特征进行分组, 亚组间有统计学意义 ($P = 0.0087$), 同时全谷物对

德国人 FPG 具有保护作用 ($MD = -0.2$, $95\% CI -0.28 \sim -0.12$); 根据质量评分为特征进行分组, 亚组间有统计学意义 ($P = 0.04$), 并且在质量评分 4 分组中呈现保护作用 ($MD = -0.1$, $95\% CI -0.15 \sim -0.05$); 根据摄入量为特征进行分组, 亚组间具有统计学意义 ($P = 0.0039$), 全谷物摄入量在 150 ~ 200 g 时具有保护作用 ($MD = -0.20$,

95%CI -0.28~-0.12);根据人群健康状况分组, 有保护作用(表3)。亚组间具有统计学意义($P=0.002$),且各组间均

表3 全谷物摄入对空腹血糖影响的亚组分析

亚组	<i>n</i>	MD (95%CI) 值	<i>P</i> 值	<i>I</i> ²
总体	354	-0.08(-0.12~-0.04)	0.066	49.30%
国家			0.0087	
德国	62	-0.2(-0.28~-0.12)		0
美国	120	-0.05(-0.12~0.015)		0
瑞典	60	0.1(-0.30~0.50)		0
澳大利亚	112	-0.04(-0.10~0.01)		0
得分			0.04	
3	60	0.1(-0.30~0.50)		0
4	174	-0.1(-0.15~-0.05)		79.4%
5	120	-0.05(-0.12~0.01)		0
摄入量/g			0.0039	
100~150	180	-0.05(-0.12~0.02)		0
151~200	62	-0.20(-0.28~-0.12)		0
201~250	112	-0.05(-0.10~0.01)		0
人群健康状况			0.002	
单纯空腹血糖升高	122	-0.19(-0.27~-0.11)		50.8%
健康人	232	-0.05(-0.09~0.004)		0

2.3.2 胰岛素抵抗指数 在 HOMA-IR 组中共纳入 397 人。通过亚组分析发现,根据国家($P=0.24$)、质量评分($P=0.09$)以及人群健康状况($P=0.09$)为特征进行分组,亚组间无统计学意

义。根据全谷物摄入量为特征进行分组,亚组间有统计学意义($P=0.03$),全谷物摄入量在100~150 g 时具有保护作用($MD=-0.45$, 95%CI -0.67~-0.22)(表4)。

表4 全谷物摄入对胰岛素抵抗指数影响的亚组分析

亚组	<i>n</i>	MD (95%CI) 值	<i>P</i> 值	<i>I</i> ²
总体	397	-0.37(-0.60~-0.14)	0.0017	86.6%
国家			0.24	
德国	62	-0.10(-0.43~0.23)		0
英国	269	-0.44(-0.68~-0.21)		0.03%
美国	66	-0.70(-2.41~1.01)		0
得分			0.09	
4	62	-0.10[-0.43~0.23]		0
5	335	-0.45[-0.67~-0.22]		0.03%
摄入量/g			0.03	
100~150	335	-0.45(-0.67~-0.22)		0
151~200	62	-0.10(-0.43~0.23)		79.30%
人群健康状况			0.09	
单纯空腹血糖升高	62	-0.10(-0.43~0.23)		0
健康人	335	-0.45(-0.67~-0.22)		0.03

2.3.3 定量胰岛素敏感性检测指数 在 QUICKI 组中共纳入 691 人。通过亚组分析发现,根据得分($P=0.39$)以及全谷物摄入量($P=0.39$)为特征进行分组,亚组间无统计学意义,原因可能是纳入文献数量过少(表5)。

2.4 敏感性分析和发表偏倚

依次逐个剔除纳入的研究后再进行 Meta 分析(表6),结果显示,FPG、QUICKI 在去除一篇文章后,结果并未发生改变。FINS 在去除 MOHAN 等的文章后,结果从无统计学意义变成了有统计

学意义($P=0.04$)。PG 在去除 MALIN 等的文章后,结果从无统计学意义变成了有统计学意义($P<0.01$)。PI 在去除 MALIN 等的文章后,结果从无统计学意义变成了有统计学意义($P=0.01$)。TG 在去除 AMPATZOGLOU 等的文章后,结果从无统计学意义变成了有统计学意义($P=0.03$)。而 HOMA-IR 在去除 TIGHE 等的文章后,结果从有统计学意义变成了无统计学意义($P=0.06$)。Egger 回归分析显示,各指标均不存在发表偏倚($P>0.05$),说明纳入文献整体较稳定。

表5 全谷物摄入对定量胰岛素敏感性检测指数影响的亚组分析

亚组	<i>n</i>	MD(95%CI) 值	<i>P</i> 值	<i>I</i> ²
总体	691	0.01(0.0051~0.0069)	<0.01	0
得分			0.39	
4	422	0.01(0.0009~0.0191)		0
5	269	0.01(0.0051~0.0069)		0
摄入量/g			0.39	
50~100	422	0.0100(0.0009~0.0191)		0
101~150	269	0.0060(0.0051~0.0069)		0

表6 研究指标敏感性分析

研究指标	MD(95%CI) 值	异质性		原结果	现结果
		<i>I</i> ²	<i>P</i> 值		
空腹胰岛素	-0.45(-0.88~-0.01)	30.20%	0.04	无意义	有意义
餐后血糖	-0.15(-0.26~-0.03)	96.40%	<0.01	无意义	有意义
餐后胰岛素	-2.36(-4.18~-0.54)	73.40%	0.01	无意义	有意义
甘油三酯	-0.13(-0.25~-0.01)	64.70%	0.03	无意义	有意义
胰岛素抵抗指数	-0.38(-0.78~-0.02)	71.80%	0.06	有意义	无意义

2.5 剂量-反应分析

采用混合效应模型对 FPG、HOMA-IR 的结果进行剂量-反应分析,由于 HOMA-IR 纳入文献过少,未显现线性关系。而对 FPG 进行的剂量-反应分析如图 1 所示,每日摄入全谷物 140~160 g 为最佳摄入量。

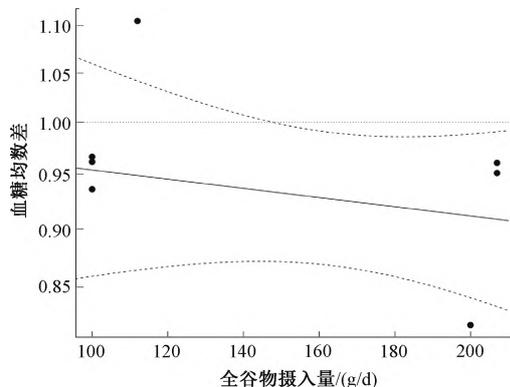


图1 全谷物摄入对超重肥胖成年人空腹血糖的剂量-反应分析

3 讨论

本研究发现在超重及肥胖的成年人中,全谷物摄入与 FPG、HOMA-IR、QUICKI 存在相关性。当每日全谷物的摄入量低于 140~160 g 时,可能会增加超重肥胖成年人 FPG 升高的风险。在亚组分析中,发现仅 FPG 和 HOMA-IR 与全谷物之间存在相关性,即 FPG 主要与德国国家、质量评分 4 分、150~200 g 的全谷物摄入量以及人群健康状况上存在相关性;HMOA-IR 主要与英国国家、质量评分 5 分以及 100~150 g 的全谷物摄入量存在相关性,与人群健康状况虽然存在统计学意义,但是并没有发现亚组间的相关性。进一步进行 FPG 与全谷物摄入量的剂量-反应分析表

明,140~160 g 的全谷物摄入与超重肥胖成年人 FPG 存在线性相关性。

本研究与既往的 Meta 分析^[7,30-31]相比,存在以下优势。首先,本文系统地从事超重及肥胖成年人角度,分析全谷物摄入对成年人 IR 水平的影响,同时纳入研究均为随机对照试验,为这类人群预防糖尿病的发生提供了相关证据。其次,纳入指标更多,研究结论更全面,选取了 FPG、FINS、PG、PI、HOMA-IR、QUICKI 等多项指标,全面评价全谷物摄入对超重及肥胖成年人的影响。目前世界上许多国家的营养指南都建议经常食用全谷物^[32],而 2022 版《中国居民膳食指南》^[33]也建议每日全谷物及杂豆的摄入为 50~150 g。有流行病学证据表明^[7,34-36],与很少或从不食用全谷物的人相比,平均每天食用 2~3 份(60~90 g/d)全谷物的人患 2 型糖尿病等慢性非传染性疾病风险的几率会降低 21%~32%。但在既往的 Meta 分析中,缺乏超重肥胖成年人具体的全谷物适宜摄入量,而基于本文所进行随机对照试验 Meta 分析结果建议,超重及肥胖成年人每天食用全谷物约 140~160 g 可以改善 FPG 水平。由于纳入文献有限,并没有发现其他指标与全谷物的剂量-反应关系。全谷物摄入可以降低 FPG 水平这一结论与之前的一项关于欧洲队列人群的 Meta 分析^[37]结果一致。该 Meta 分析研究发现在无糖尿病人群中,每摄入 1 份全谷物,FPG 可以降低 0.009 mmol/l。而其他的一些试验性研究^[22,38-39]中,全谷物的摄入与 FPG 之间的相关性并没有统一的结论。在本文中,每日 140~160 g 的全谷物摄入量为超重肥胖成年人提供了膳食参考。

本研究中尚存在一些不足:①超重肥胖成年

人 FINS、PG、PI 以及 TG 未见显著性改变,可能是因为 PG、PI 检测时间不同,如纳入的文章中 MALIN^[28] 检测的是餐后 2 h PG、PI 水平,而 TIGHE 等^[26] 并未说明 PG、PI 的具体检测时间;②纳入文献存在较高的敏感性,敏感性分析发现当 FINS、PG、PI、TG 去除 1 篇文献后,结果从无统计学意义变成了有统计学意义,说明所纳入文献存在较高的敏感性,结果的稳健性较低,可能是由于纳入文献的干预时间、干预方式、洗脱期和磨合期不同所导致;③由于本研究纳入文献有限,文献搜索以英文为主,中文文献未搜索到符合纳入标准的文献,可能会存在国内外饮食习惯上的偏倚,很多结果仍需纳入更多的文献进行验证;④纳入文献的研究对象选取存在不同,如 RAVE 等^[23] 的研究对象为存在空腹血糖升高的成年人,而 MALIN 等^[28] 选用的是健康成年人;⑤影响超重及肥胖成年人 IR 情况的全谷物饮食,未强调特定类型的全谷物,如大麦和黑麦等。因此得到的结论需要更多的随机对照试验进一步验证。

综上所述,本研究不能证明全谷物摄入与超重及肥胖成年人的 FPG、PG、PI 以及 TG 水平存在相关性,但每日摄入 140~160 g 全谷物可改善超重及肥胖成年人的 FPG 水平,对降低 IR 具有一定积极作用。

参考文献

- [1] GREGG E W , SHAW J E . Global health effects of overweight and obesity [J]. *N Engl J Med* , 2017 , 377(1) : 80-81 .
- [2] BANERJEE A , SHARMA D , TRIVEDI R , et al . Treatment of insulin resistance in obesity-associated type 2 diabetes mellitus through adiponectin gene therapy [J]. *Int J Pharmaceutics* , 2020 , 583 : 119357 .
- [3] ALEIDI S , ISSA A , BUSTANJI H , et al . Adiponectin serum levels correlate with insulin resistance in type 2 diabetic patients [J]. *Saudi Pharmaceut J* , 2015 , 23(3) : 250-256 .
- [4] BATTINENI G , SAGARO G G , CHINTALAPUDI N , et al . Impact of obesity-induced inflammation on cardiovascular diseases (cvd) [J]. *Int J Mol Sci* , 2021 , 22(9) : 18 .
- [5] COUCE M L , SANCHEZ-PINTOS P , VITORIA I , et al . Carbohydrate status in patients with phenylketonuria [J]. *Orphanet J Rare Diseases* , 2018 , 13 : 18 .
- [6] BARAZZONI R , CAPPELLARI G G , RAGNI M , et al . Insulin resistance in obesity: an overview of fundamental alterations [J]. *Eating Weight Disorders* , 2018 , 23(2) : 149-157 .
- [7] DELLA PEPA G , VETRANI C , VITALE M , et al . Wholegrain intake and risk of type 2 diabetes: evidence from epidemiological and intervention studies [J]. *Nutrients* , 2018 , 10(9) : 12-88 .
- [8] HJORTH M F , RITZ C , BLAAK E E , et al . Pretreatment fasting plasma glucose and insulin modify dietary weight loss success: results from 3 randomized clinical trials [J]. *Am J Clin Nutr* , 2017 , 106(2) : 499-505 .
- [9] SCHUTTE S , ESSER D , HOEVENAARS F P M , et al . A 12-wk whole-grain wheat intervention protects against hepatic fat: the graandioos study , a randomized trial in overweight subjects [J]. *Am J Clin Nutr* , 2018 , 108(6) : 1264-1274 .
- [10] CHO S S , QI L , FAHEY G C , JR , et al . Consumption of cereal fiber , mixtures of whole grains and bran , and whole grains and risk reduction in type 2 diabetes , obesity , and cardiovascular disease [J]. *Am J Clin Nutr* , 2013 , 98(2) : 594-619 .
- [11] KARL J P , SALTZMAN E . The role of whole grains in body weight regulation [J]. *Adv Nutr* , 2012 , 3 (5) : 697-707 .
- [12] GAESSER G A . Whole grains , refined grains , and cancer risk: a systematic review of meta-analyses of observational studies [J]. *Nutrients* , 2020 , 12 (12) : 3756 .
- [13] HU Y , DING M , SAMPSON L , et al . Intake of whole grain foods and risk of type 2 diabetes: results from three prospective cohort studies [J]. *BMJ* , 2020 , 370 : 1-12 .
- [14] MARVENTANO S , VETRANI C , VITALE M , et al . Whole grain intake and glycaemic control in healthy subjects: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *Nutrients* , 2017 , 9 (7) : 769 .
- [15] MUÑOZ-PEREZ D M , GONZALEZ-CORREA C H , ASTUDILLO-MUÑOZ E Y , et al . Alternative foods in cardio-healthy dietary models that improve postprandial lipemia and insulinemia in obese people [J]. *Nutrients* , 2021 , 13(7) : 2225 .
- [16] MALIN S K , KULLMAN E L , SCELSEI A R , et al . A whole-grain diet reduces peripheral insulin resistance and improves glucose kinetics in obese adults: a randomized-controlled trial [J]. *Metabolism* , 2018 , 82 : 111-117 .
- [17] REN X , YIN R , HOU D , et al . The glucose-lowering effect of foxtail millet in subjects with impaired glucose tolerance: a self-controlled clinical trial [J]. *Nutrients* , 2018 , 10(10) : 1509 .

- [18] ANDERSSON A ,TENGBLAD S ,KARLSTR M B ,et al. Whole-grain foods do not affect insulin sensitivity or markers of lipid peroxidation and inflammation in healthy , moderately overweight subjects [J]. *J Nutr* , 2007 , 137(6) : 1401-1407.
- [19] 张言博,龙品品,张露,等. 维生素 D 治疗妊娠期糖尿病的系统综述 [J]. *现代预防医学*, 2016 , 43: 2571-2576.
- [20] JADAD A R , MOORE R A , CARROLL D , et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? [J]. *Control Clin Trials* , 1996 , 17(1) : 1-12.
- [21] HIGGINS J , ALTMAN D G. Chapter 8: Assessing risk of bias in included studies [M]. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* , 2008.
- [22] MOHAN V , SPIEGELMAN D , SUDHA V , et al. Effect of brown rice , white rice , and brown rice with legumes on blood glucose and insulin responses in overweight asian indians: a randomized controlled trial [J]. *Diabetes Technol Ther* , 2014 , 16(5) : 317-325.
- [23] RAVE K , ROGGEN K , DELLWEG S , et al. Improvement of insulin resistance after diet with a whole-grain based dietary product: results of a randomized , controlled cross-over study in obese subjects with elevated fasting blood glucose [J]. *Br J Nutr* , 2007 , 98(5) : 929-936.
- [24] AMPATZOGLOU A , ATWAL K K , MAIDENS C M , et al. Increased whole grain consumption does not affect blood biochemistry , body composition , or gut microbiology in healthy , low-habitual whole grain consumers [J]. *J Nutr* , 2015 , 145(2) : 215-221.
- [25] KIRWAN J P , MALIN S K , SCELSE A R , et al. A whole-grain diet reduces cardiovascular risk factors in overweight and obese adults: a randomized controlled trial [J]. *J Nutr* , 2016 , 146(11) : 2244-2251.
- [26] TIGHE P , DUTHIE G , VAUGHAN N , et al. Effect of increased consumption of whole-grain foods on blood pressure and other cardiovascular risk markers in healthy middle-aged persons: a randomized controlled trial [J]. *Am J Clin Nutr* , 2010 , 92(4) : 733-740.
- [27] BROWNLEE I A , MOORE C , CHATFIELD M , et al. Markers of cardiovascular risk are not changed by increased whole-grain intake: the wholeheart study , a randomised , controlled dietary intervention [J]. *Br J Nutr* , 2010 , 104(1) : 125-134.
- [28] MALIN S K , KULLMAN E L , SCELSE A R , et al. A whole-grain diet increases glucose-stimulated insulin secretion independent of gut hormones in adults at risk for type 2 diabetes [J]. *Mol Nutr Food Res* , 2019 , 63(7) : e1800967.
- [29] MCINTOSH G H , NOAKES M , ROYLE P J , et al. Whole-grain rye and wheat foods and markers of bowel health in overweight middle-aged men [J]. *Am J Clin Nutr* , 2003 , 77(4) : 967-974.
- [30] WANG W , LI J , CHEN X , et al. Whole grain food diet slightly reduces cardiovascular risks in obese/ overweight adults: a systematic review and meta-analysis [J]. *BMC Cardiovasc Disord* , 2020 , 20(1) : 82.
- [31] REYNOLDS A N , AKERMAN A P , MANN J. Dietary fibre and whole grains in diabetes management: systematic review and meta-analyses [J]. *PLoS Med* , 2020 , 17(3) : 1-79.
- [32] ADA. Lifestyle management: standards of medical care in diabetes-2019 [J]. *Diabetes Care* , 2019 , 42(Suppl 1) : s46-s60.
- [33] WANG S S , LAY S , YU H N , et al. Dietary guidelines for chinese residents (2016) : comments and comparisons [J]. *J Zhejiang Univ Sci B* , 2016 , 17(9) : 649-656.
- [34] LI J , GLENN A J , YANG Q , et al. Dietary protein sources , mediating biomarkers , and incidence of type 2 diabetes: findings from the women ' s health initiative and the UK Biobank [J]. *Diabetes Care* , 2022 , 45(8) : 1742-1753.
- [35] HU Y , WILLETT W C , MANSON J A E , et al. Intake of whole grain foods and risk of coronary heart disease in us men and women [J]. *BMC Med* , 2022 , 20(1) : 192.
- [36] JIANG W , SONG Q , ZHANG J , et al. The association of consumption time for food with cardiovascular disease and all-cause mortality among diabetic patients [J]. *J Clin Endocrinol Metab* , 2022 , 107(7) : e3066-e3075.
- [37] NETTLETON J A , MCKEOWN N M , KANONI S , et al. Interactions of dietary whole-grain intake with fasting glucose- and insulin-related genetic loci in individuals of european descent: a meta-analysis of 14 cohort studies [J]. *Diabetes Care* , 2010 , 33(12) : 2684-2691.
- [38] COOPER D N , KABLE M E , MARCO M L , et al. The effects of moderate whole grain consumption on fasting glucose and lipids , gastrointestinal symptoms , and microbiota [J]. *Nutrients* , 2017 , 9(2) : 173.
- [39] ENRIGHT L , SLAVIN J. No effect of 14 day consumption of whole grain diet compared to refined grain diet on antioxidant measures in healthy , young subjects: a pilot study [J]. *Nutr J* , 2010 , 9: 12.

收稿日期: 2021-08-12