

膳食维生素 C 与代谢综合征风险的 meta 分析

陈轶虹, 邓美芳, 陈献红

建德市第一人民医院, 浙江 建德 311600

摘要: **目的** 用 meta 分析的方法定量评估膳食维生素 C 与代谢综合征 (metabolic syndrome, MetS) 风险的关系, 为 MetS 的预防与治疗提供依据。 **方法** 系统检索 PubMed、EMBASE、中国知网 (CNKI)、万方数据库 (WanfangData) 以及维普数据库 (VIP) 中由建库至 2021 年 12 月公开发表的关于膳食维生素 C 与 MetS 风险关系的流行病学观察性研究。提取数据后, 应用 Stata 12.0 软件进行 meta 统计分析。 **结果** 共纳入 7 篇文献, 总样本量为 29 363 人, 包括 8 300 例 MetS 患者。meta 分析结果显示, 膳食维生素 C 摄入量最高组发生 MetS 的风险较最低组低 7% ($RR=0.93, 95\% CI: 0.89 \sim 0.98$)。剂量-反应 meta 分析结果显示, 膳食维生素 C 与 MetS 风险之间呈线性关系 (非线性 $P>0.10$), 摄入量每增加 50 mg/d 并不能明显降低 MetS 的发生风险 ($RR=0.97, 95\% CI: 0.92 \sim 1.02$)。 **结论** MetS 与膳食维生素 C 摄入量之间存在关联性, 高膳食维生素 C 摄入可降低 MetS 的风险。

关键词: 膳食维生素 C; 代谢综合征; 观察性研究; meta 分析

中图分类号: R151 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2022)06-0667-05 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2022.06.006

Meta-analysis of dietary vitamin C and risk of metabolic syndrome

CHEN Yi-hong, DENG Mei-fang, CHEN Xian-hong

The First People's Hospital of Jiande City, Jiande, Zhejiang 311600, China

Abstract: **Objective** To quantitatively evaluate the association between dietary vitamin C and metabolic syndrome (MetS) based on a meta-analysis, and to provide a basis for MetS prevention and treatment. **Methods** PubMed, EMBASE, CNKI, WanfangData and VIP databases were systematically searched for observational epidemiological studies on the association between dietary vitamin C and risk of MetS published from the establishment of the databases to December 2021. After the data extraction, a meta-analysis was performed with Stata 12.0. **Results** A total of 7 articles were enrolled in this analysis, involving 29,363 participants and 8,300 MetS patients. Meta-analysis results revealed that the group with the highest dietary vitamin C intake decreased the risk of MetS by 7% compared with the group with the lowest intake ($RR=0.93, 95\% CI: 0.89-0.98$). The dose-response meta-analysis showed a linear relationship between dietary vitamin C and the risk of MetS (non-linear $P>0.10$), with each 50 mg/d increase insignificantly reducing the risk of MetS ($RR=0.97, 95\% CI: 0.92-1.02$). **Conclusion** There is an association between MetS and dietary vitamin C intake amount, and high dietary vitamin C intake can reduce the risk of MetS.

Keywords: dietary vitamin C; metabolic syndrome; observational research; meta-analysis

代谢综合征 (metabolic syndrome, MetS) 是指人体的蛋白质、脂肪、碳水化合物等物质发生代谢紊乱的病理状态, 通常是一组复杂的代谢紊乱症候群, 其临床特征是胰岛素抵抗和肥胖, 尤以中心性肥胖为主要特点^[1-2]。目前 MetS 的具体病因和发病机制尚未阐明, 学界通常认为 MetS 的发生发展是个体遗传因素与外界环境刺激相互作用的结果, 与 MetS 密切相关的血脂代谢紊乱、高血压、高血糖等心血管疾病危险因素也会给患者带来更多风险^[3-4]。近年来有研究表明, 膳食维生素 C 的摄入可能有利于减低 MetS 发生的风险, 但是目前的研究结论尚不统一^[5-7]。本研究借助 meta 分

析方法, 对膳食维生素 C 与人群 MetS 风险之间的关系进行定量评估, 为 MetS 的预防与治疗提供依据。

1 资料与方法

1.1 文献检索 系统检索 PubMed、EMBASE、中国知网 (CNKI)、万方数据库 (WanfangData) 以及维普数据库 (VIP) 等数据库中由建库至 2021 年 12 月公开发表的关于膳食维生素 C 与 MetS 风险关系的流行病学观察性研究。其中英文数据库以“metabolic syndrome”和“dietary vitamin C”为主题词, 中文检索词为“维生素 C”“膳食维生素 C”“代谢综合征”“胰岛素抵抗”, 为避免重复和遗漏, 对检索得到的参考文献进行人工检索和校对。

作者简介: 陈轶虹 (1975-), 女, 浙江建德人, 本科, 主管护师, 研究方向: 心血管介入与糖尿病。

1.2 纳入及排除标准 以下列标准将参考文献纳入研究:对 MetS 定义准确无误;研究人群年龄 ≥ 18 岁;风险评价标准明确或风险效应值清晰;基于人群的横断面研究、队列研究及病例对照研究等报告。同时排除检索得到的中英文综述、疾病机制研究和其他 meta 分析文献。

1.3 数据提取及文献质量评价 由 2 名研究人员分别独立提取参考文献中的有效数据,对提取结果进行交叉核对,如有分歧集体讨论解决。采用纽卡斯尔-渥太华量表(Newcastle-Ottawa Scale, NOS)评价纳入的横断面研究、队列研究及病例对照研究的文献质量,该量表从研究人群选择、可比性以及暴露评价或结果评价等 3 个方面评价文献质量,NOS 评分满分为 9 分,得分达到满分的 80% 及以上(约 7 分)的文献判定为高质量研究^[8]。本研究使用 NOS 量表的改编版本对纳入的横断面研究进行评价,该量表从样本的选择、可比性以及结局的评估方法 3 方面评价文献质量,满分为 10 分,得分达到 8 分及以上判定为高质量研究^[9]。

1.4 统计学分析 应用 Stata 12.0 软件进行统计学分析。通过计算各个研究中膳食维生素 C 摄入量最高组对比最低组的合并 RR 值,评估膳食维生素摄入与 MetS 发病风险的关系。若研究提供的效应量为 OR 值,则依据公式 $RR = OR / [(1 - P_0) + (P_0 \times OR)]$ ^[10] (P_0 为对照组的患病率,可根据文献的报告 OR 值、研究对象总数及病例总数估算对照组病例数及 P_0 ^[11]),将 OR 值转化为 RR 值;若研究提供的效应量为 HR 值,则依据 VanderWeele 等^[12] 的方法将 HR 值转换为 RR 值。根据 Greenland 等^[13] 以及 Orsini 等^[14] 的方法进行剂量-反应关系的 meta 分析,此方法需要研究提供三组不同暴露水平的原始数据,包括:患者数、研究对象总数、膳食维生素 C 摄入量的中位数或平均值以及相应的 RR (95%CI) 值。将所有研究中膳食维生素 C 摄入量归一为 mg/d 后,再进行数据拟合,若研究提供的摄入量单位为 mg/1 000 kcal,则依据研究中相应人群的平均能量摄入进行单位转化。若研究未提供维生素 C 摄入剂量的均数或中位数,取各暴露水平组的组中值作为该组的维生素 C 摄入量平均值;当最低或最高摄入量组为开区间时,假设其区间长度与相邻组一致,并取该区间的中间点作为该组的维生素摄入量平均值。若研究未提供各暴露水平组的病例数及研究对象总数,则依据 Bekkering 等^[11] 提供的方法对相应的缺失值进行推算。计算暴露因素每增加特定剂量时,效应量值的变化,判断剂量-反应关系是否为线性趋势,当 $P > 0.05$,呈线性关系;反之,则为非线性关系,

并拟合图形。

2 结果

2.1 文献检索结果 通过 PubMed、EMBASE、CNKI、WanfangData 和 VIP 等数据库共检索得到 1 434 篇文献。经过排除重复、不相关文献后得到 47 篇相关文献,进一步排除中英文系统综述、疾病机制研究和 meta 分析结果,最终纳入 7 篇研究维生素 C 摄入量与 MetS 风险相关性的文献^[15-21]。其中中文文献 2 篇,外文文献 5 篇,检索流程图见图 1。

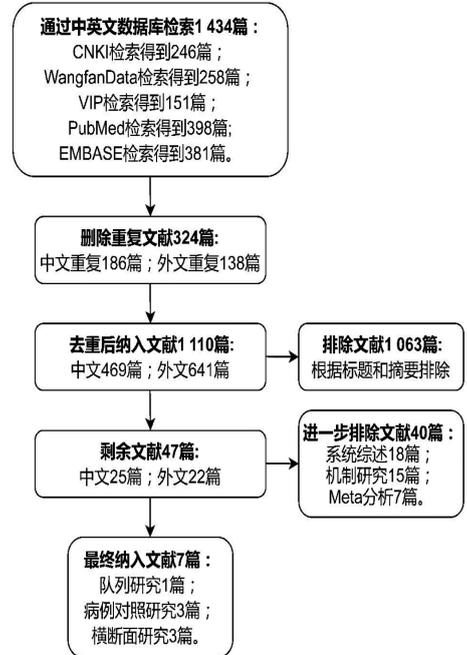


图 1 纳入文献流程图

2.2 纳入文献概况 最终纳入的 7 篇文献的研究地区包括中国、韩国、美国 3 个国家,发表时间为 2007—2016 年。7 篇文献共纳入研究对象 29 363 例,包括 MetS 患者 8 300 例,其中有 1 篇^[15] 为前瞻性队列研究,3 篇^[17, 20-21] 为病例对照研究,3 篇^[16, 18-19] 为横断面研究。NOS 评分结果,有 2 篇^[18, 21] 为高质量文献。本研究中 MetS 诊断标准主要采用美国国家胆固醇教育计划成人治疗方案第三次报告标准(U.S. National Cholesterol Education Programme Adult Treatment Panel III, NCEP-ATP III)、美国心脏协会/国家心肺血液研究所诊断标准(American Heart Association and the National Heart, Lung, and Blood Institute, AHA/NHLBI)、国际糖尿病联盟诊断标准(International Diabetes Federation, IDF)、IDF 流行病预防工作组联合过渡声明标准(Joint Interim Statement, JIS)和半定量食物频率调查问卷(Semiquantitative Food Frequency Questionnaire, SFFQ)。相关纳入文献的特征见表 1。

表 1 纳入文献的基本特征

纳入研究	国家	研究类型	平均年龄或 基线年龄/岁	样本量/ 病例数	MetS 诊断标准	膳食摄入 调查方法	维生素 C 摄入量最高组 vs. 最低组	是否调整 混杂因素	NOS 评分
de Oliveira Otto 2012 ^[15]	美国	前瞻性队列研究 (随访 4.8 年)	—	3 828/858	AHA/NHLBI	FFQ	≥136 mg/d vs. ≤57 mg/d	是	7
Kim 2007 ^[16]	韩国	横断面研究	67.8	404/179	NCEP-ATP III	调查对象回忆 24 h 食物摄入情况	Q4 vs. Q1	是	7
Li 2013 ^[17]	中国	病例对照研究	53.7	550/221	NCEP-ATP III	连续 3 d(2 个工作日和 1 个周末休息日)的 个人饮食记录	≥79.54 mg/d vs. ≤26.9 mg/d	是	6
Wei 2015 ^[18]	中国	横断面研究	60.0	2 069/351	AHA/NHLBI	SFFQ	182.07 mg/d vs. 41.97 mg/d	是	8
Kim 2016 ^[19]	韩国	横断面研究	44.0	21 302/6 109	JIS	调查对象回忆 24 h 食物摄入情况	≥85 mg/d vs. <85 mg/d	是	7
顾秀瑛 2014 ^[20]	中国	病例对照研究	43.5	427/192	IDF	调查对象回忆 24 h 食物摄入情况	≥73.4 mg/d vs. <29.4 mg/d	否	6
胡浙芳 2014 ^[21]	中国	病例对照研究	58.0	783/390	NCEP-ATP III	3 d 24 h 膳食调查	Q4 vs. Q1	是	8

注: NCEP-ATP III; 美国国家胆固醇教育计划成人治疗方案第三次报告标准; AHA/NHLBI; 美国心脏协会/国家心肺血液研究所诊断标准; IDF; 国际糖尿病联盟诊断标准; JIS; 国际糖尿病联盟流行病预防工作组联合过渡声明标准; SFFQ; 半定量食物频率调查问卷。

2.3 膳食维生素 C 与 MetS 关联性评价

2.3.1 异质性检验和固定效应模型分析

首先对所有纳入评估膳食维生素 C 与 MetS 风险的研究进行异质性检验, 发现纳入研究间无异质性 ($I^2 = 0.0\%$, $P = 0.457$)。采用固定效应模型分析数据, 结果显示, 膳食维生素 C 摄入量最高组发生 MetS 的风险较最低组低 7% ($RR = 0.93$, $95\% CI: 0.89 \sim 0.98$), 见图 2。

表 2 膳食维生素 C 与代谢综合征 (MetS) 发生风险的亚组分析

亚组	研究数	RR (95%CI)	I ² (%)	P 值
研究类型				
前瞻性队列研究	1	1.15(0.91~1.45)	—	—
病例对照研究	3	0.92(0.83~1.02)	0.0	0.658
横断面研究	3	0.92(0.87~0.98)	0.0	0.415
地区				
亚洲地区	6	0.92(0.88~0.97)	0.0	0.698
欧美地区	1	1.15(0.91~1.45)	—	—
样本总量 (人)				
<5 000	6	0.93(0.85~1.01)	17.5	0.292
≥5 000	1	0.93(0.88~0.99)	—	—
性别				
男性和女性	5	0.94(0.89~0.98)	38.1	0.152
男性	1	0.83(0.58~1.20)	—	—
女性	1	0.91(0.73~1.13)	—	—
高质量文献				
是	2	0.91(0.73~1.13)	53.3	0.093
否	5	0.93(0.89~0.98)	0.0	0.798

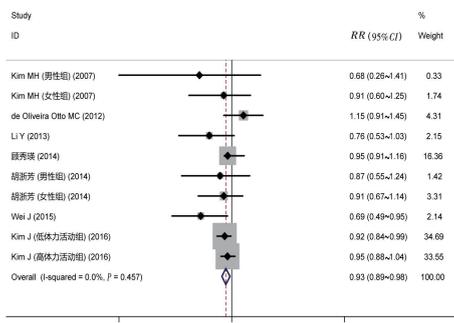


图 2 膳食维生素 C 摄入量最高组对比最低组的 MetS 相对危险度森林图

2.3.2 亚组分析和发表偏倚分析

根据研究设计, 分别对不同研究类型、地区、样本量、人群性别、文献质量进行亚组分析, 发现在不同研究地区、不同类型研究、不同性别人群、不同质量研究文献以及不同样本量的研究中, 膳食维生素 C 摄入量增高不能明显降低 MetS 的发生风险, 结果见表 2。此外, Egger's 检验和 Begg's 检验结果显示, Egger's 法 $P = 0.269$, Begg's 法 $P = 0.210$, 经过检验不存在发表偏倚。

2.3.3 剂量-反应分析结果

将符合要求的 4 项研究^[15,17-18,20]中共 17 组数据纳入分析, 以维生素 C 摄入量最低组 (平均摄入量为 18.05 mg/d) 作为参照组, 非线性检验结果 (图 3, 实线和虚线分别表示估计的 RR 值及其 95% 的置信区间) 显示, 膳食维生素 C 摄入量与 MetS 风险之间呈线性关系 (非线性 $P = 0.194$)。线性剂量-反应 meta 分析结果显示, 膳食维生素 C 摄入量每增加 50 mg/d 并不能明显降低 MetS 的发生风

险($RR=0.97, 95\%CI:0.92\sim 1.02$)。

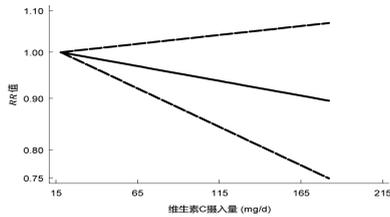


图3 膳食维生素 C 摄入量与 MetS 风险的剂量-反应分析图

3 讨论

膳食维生素 C 是人体必需的营养素,具有增强免疫力、促进矿物质吸收、抗氧化、抗衰老等多种作用^[22-23]。膳食维生素 C 具有调控 MetS 的功能,在部分 MetS 患者中也发现了较低的维生素 C 摄入量和体内浓度,提示膳食维生素 C 的摄入与 MetS 风险之间存在潜在的负相关性。本研究结果发现,与膳食维生素 C 摄入量最低组相比,膳食维生素 C 摄入量最高组 MetS 患病风险降低了 7%,剂量-反应分析结果也发现膳食维生素 C 摄入量与 MetS 风险之间呈线性关系,与现有的临床研究报道相一致。

本研究在观察到的各个亚组分析中发现,病例对照研究的风险值($RR=0.92, 95\%CI:0.83\sim 1.02$)和横断面研究的风险值($RR=0.92, 95\%CI:0.87\sim 0.98$)基本相同,但是前瞻性队列研究的相关文献数和样本量太少,难以与其他类型研究作系统比较。在分析过程中还发现,亚洲地区的风险值($RR=0.92, 95\%CI:0.88\sim 0.97$)低于欧洲地区($RR=1.15, 95\%CI:0.91\sim 1.45$),但是不能忽视 NCEP-ATP III 和 AHA/NHLBI 对不同种族的适用性有一定差异,这可能导致在一定范围内亚洲人群肥胖的发生率比欧洲人更低^[24]。此外,线性剂量-反应 meta 分析结果显示,膳食维生素 C 摄入量每增加 50 mg/d 并不能明显降低 MetS 的发生风险($RR=0.97, 95\%CI:0.92\sim 1.02$)。

由于目前膳食维生素 C 在 MetS 的管理中多与其他药物联合使用,因此其对 MetS 的直接干预作用机制还有待阐明。Wong 等^[25]认为膳食维生素 C 主要通过抗氧化应激和干预炎症反应来调控 MetS。目前在 MetS 的临床治疗中出现了越来越多的抗氧化和抗炎药物,这与膳食维生素 C 的潜在作用机制一致。MetS 的外在风险可能是过量摄入食物中的碳水化合物和脂肪,产生大量的活性氧(reactive oxygen species, ROS),激活机体内的氧化应激,最终导致炎症反应^[26]。同时,过量营养的摄入也会导致脂肪细胞数量增多,提高内源性促炎细胞因子的水平,进一步刺激机体产生 ROS^[27]。维生素 C 作为一种优良的抗氧化剂,能够有

效清除 ROS 等有害自由基,降低体内氧化应激水平^[28]。同时,维生素 C 可以增强中性粒细胞对微生物的吞噬作用,加快中性粒细胞对炎症介质的趋化作用和中性粒细胞的清除,进而缓解机体的炎症反应^[29]。

本研究还存在一定局限性:部分文献对 MetS 的定义范围不一致,容易造成分析结果的异质;膳食维生素 C 常与其他营养素或药物同时服用,难以避免混杂因素干扰;相关的文献和样本量有限,还需要进一步挖掘信息;研究结论需要进一步的随机临床实验确证。

综上, MetS 与膳食维生素 C 摄入量之间存在关联性,高膳食维生素 C 摄入可降低 MetS 的风险。膳食维生素 C 普遍存在于植物和动物组织中,因此通过适量补充维生素 C 降低 MetS 风险是一种简单有效、经济方便的预防手段。

参考文献

- [1] Sherling DH, Perumareddi P, Hennekens CH. Metabolic syndrome [J]. J Cardiovasc Pharmacol Ther, 2017, 22(4):365-367.
- [2] Lemieux I, Després J. Metabolic syndrome: past, present and future [J]. Nutrients, 2020, 12(11):3501.
- [3] 罗素芬, 晋学庆. 肾素-血管紧张素系统与代谢综合征研究进展 [J]. 医学综述, 2009, 15(3):464-466.
- [4] 周青, 王林俊, 陈丽, 等. 南京市医务工作者代谢综合征流行状况及影响因素分析 [J]. 实用预防医学, 2021, 28(8):998-1001.
- [5] 曹霞. 基于网络科学的膳食摄入与代谢综合征的相关性研究 [D]. 沈阳:中国医科大学, 2021.
- [6] 张美琳, 黄国伟. 膳食因素与高尿酸血症及代谢综合征关系研究进展 [J]. 中国慢性病预防与控制, 2010, 18(4):433-435.
- [7] 朱徐慧, 章荣华, 周标, 等. 浙江省老年人膳食营养与代谢综合征的关系 [J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(8):2009-2012.
- [8] Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa Scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses [J]. Eur J Epidemiol, 2010, 25(9):603-605.
- [9] Herzog R, Álvarez-Pasquin MJ, Díaz C, et al. Are healthcare workers' intentions to vaccinate related to their knowledge, beliefs and attitudes? A systematic review [J]. BMC Public Health, 2013, 13:154.
- [10] Zhang J, Yu KF. What's the relative risk? A method of correcting the odds ratio in cohort studies of common outcomes. [J]. JAMA, 1998, 280(19):1690-1691.
- [11] Bekkering GE, Harris RJ, Thomas S, et al. How much of the data published in observational studies of the association between diet and prostate or bladder cancer is usable for meta-analysis? [J]. Am J Epidemiol, 2008, 167(9):1017-1026.
- [12] Vanderweele TJ. Optimal approximate conversions of odds ratios and hazard ratios to risk ratios [J]. Biometrics, 2020, 76(3):746-752.
- [13] Greenland S, Longnecker MP. Methods for trend estimation from summarized dose-response data, with applications to meta-analysis [J]. Am J Epidemiol, 1992, 135(11):1301-1309.
- [14] Orsini N, Li R, Wolk A, et al. Meta-analysis for linear and nonlinear dose-response relations: examples, an evaluation of approximations, and software [J]. Am J Epidemiol, 2012, 175(1):66-73.
- [15] de Oliveira Otto MC, Alonso A, Lee D, et al. Dietary intakes of zinc and heme iron from red meat, but not from other sources, are associated with greater risk of metabolic syndrome and cardiovascular disease [J]. J Nutr, 2012, 142(3):526-533.
- [16] Kim MH, Lee HS, Park HJ, et al. Risk factors associated with metabolic syndrome in Korean elderly [J]. Ann Nutr Metab, 2007, 51(6):533-540.
- [17] Li Y, Guo H, Wu M, et al. Serum and dietary antioxidant status is associated with lower prevalence of the metabolic syndrome in a study in Shanghai, China [J]. Asia Pac J Clin Nutr, 2013, 22(1):60-68.
- [18] Wei J, Zeng C, Gong Q, et al. Associations between dietary antioxidant intake and metabolic syndrome [J]. PLoS One, 2015, 10(6):e130876.

中国一般人群及医务工作者的新冠肺炎疫苗接种意愿及影响因素研究

时慧琳¹, 吴谦惠¹, 陈志元¹, 龚慧¹, 杨娟^{1,2}, 余宏杰^{1,2,3}

1. 复旦大学公共卫生学院流行病学教研室公共卫生安全教育部重点实验室, 上海 200032;

2. 上海市重大传染病与生物安全研究院, 上海 200032; 3. 复旦大学附属华山医院感染科, 上海 200032

摘要: **目的** 了解中国一般人群和医务工作者在新冠肺炎疫苗上市前的接种意愿及其影响因素。 **方法** 2020 年 6 月 18—30 日, 在中国东、中、西部三个城市, 随机选择当地居民和医务工作者, 通过电话调查和网络问卷的方式研究新冠肺炎疫苗接种意愿, 并采用多因素 logistic 回归分析其影响因素。 **结果** 共有 1 874 名一般人群和 627 名医务工作者参加本研究。一般人群和医务工作者的新冠肺炎疫苗接种意愿分别为 82.9% 和 95.9%, 监护者和看护人对小孩和老人的疫苗接种意愿分别为 83.0% 和 77.8%。疫苗的有效性和接种意愿呈正相关。多因素 logistic 回归结果显示, 相较于兰州, 居住在上海 ($OR=0.314, 95\%CI:0.209\sim0.464$) 或武汉 ($OR=0.547, 95\%CI:0.354\sim0.836$) 的一般人群新冠肺炎疫苗接种意愿更低, 而有流感疫苗接种史 ($OR=2.784, 95\%CI:1.254\sim6.279$) 的医务工作者更愿意接种新冠肺炎疫苗; 对于新冠肺炎的风险认知更高的一般人群及医务工作者新冠肺炎疫苗接种意愿更高 ($OR_{一般人群}=2.046, 95\%CI:1.685\sim2.495; OR_{医务工作者}=1.843, 95\%CI:1.081\sim3.082$)。不愿意接种的主要原因为担心疫苗的安全性和有效性。 **结论** 中国公众和医务工作者对新冠肺炎疫苗接种的需求和认知度较高, 建议开展大规模疫苗接种时注重介绍疫苗安全性和有效性以提高新冠肺炎疫苗的接种率, 促进尽早形成人群免疫屏障。

关键词: 新型冠状病毒肺炎; 疫苗; 接种意愿; 影响因素; 一般人群; 医务工作者

中图分类号: R186 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2022)06-0671-07 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2022.06.007

Willingness to receive COVID-19 vaccination and its influencing factors among general population and medical staff in China

SHI Hui-lin¹, WU Qian-hui¹, CHEN Zhi-yuan¹, GONG Hui¹, YANG Juan^{1,2}, YU Hong-jie^{1,2,3}

1. Key Laboratory of Public Health Safety of Ministry of Education, Department of Epidemiology, School of Public Health, Fudan University, Shanghai 200032, China;

2. Shanghai Institute of Major Infectious Disease and Biosecurity, Shanghai 200032, China;

3. Department of Infectious Diseases, Huashan Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai 200032, China

Corresponding author: YU Hong-jie, E-mail: yhj@fudan.edu

Abstract: **Objective** To investigate the willingness to receive COVID-19 vaccines before granting market approval and its influencing factors among general population and healthcare workers in China. **Methods** A telephone survey and a web-based

基金项目: 上海市科学技术委员会应急攻关项目(20411950100)

作者简介: 时慧琳(1997-), 女, 江苏苏州人, 硕士在读, 研究方向: 公共卫生。

通信作者: 余宏杰, E-mail: yhj@fudan.edu.cn。

[19] Kim J, Choi Y. Physical activity, dietary vitamin C, and metabolic syndrome in the Korean adults; the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008 to 2012 [J]. Public Health, 2016, 135:30-37.

[20] 顾秀瑛. 新疆哈萨克族膳食因素与代谢综合征的关系研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2014.

[21] 胡浙芳, 丁钢强, 章荣华, 等. 浙江省城市居民膳食营养与代谢综合征关系研究[J]. 营养学报, 2014, 36(1):17-21.

[22] 辛鹏, 李昌昆, 范莉莉, 等. 膳食营养与机体免疫力[J]. 职业与健康, 2021, 37(13):1846-1851.

[23] Granger M, Eck P. Dietary vitamin C in human health[J]. Adv Food Nutr Res, 2018, 83:281-310.

[24] 李娜, 张志强, 马强, 等. 维生素 D 水平与代谢综合征的 meta 分析[J]. 医药论坛杂志, 2018, 39(8):73-78.

[25] Wong SK, Chin K, Ima-Nirwana S. Vitamin C: a review on its role in the management of metabolic syndrome[J]. Int J Med Sci, 2020, 17(11):1625-1638.

[26] Bhattacharyya A, Chattopadhyay R, Mitra S, et al. Oxidative stress: an essential factor in the pathogenesis of gastrointestinal mucosal diseases[J]. Physiol Rev, 2014, 94(2):329-354.

[27] Karam BS, Chavez-Moreno A, Koh W, et al. Oxidative stress and inflammation as central mediators of atrial fibrillation in obesity and diabetes[J]. Cardiovasc Diabetol, 2017, 16(1):120.

[28] Chakraborty A, Ramani P, Sherlin HJ, et al. Antioxidant and pro-oxidant activity of vitamin C in oral environment[J]. Indian J Dent Res, 2014, 25(4):499-504.

[29] Carr AC, Maggini S. Vitamin C and immune function[J]. Nutrients, 2017, 9(11):1211.

收稿日期: 2022-02-06