

# 膳食番茄红素摄入与老年人认知功能的相关性研究

刘睿<sup>1</sup>, 汪晓语<sup>2</sup>, 王斐<sup>3</sup>, 陈梦雪<sup>2</sup>, 周嗣全<sup>1</sup>, 熊静远<sup>1</sup>, 成果<sup>2,4</sup>

1. 四川大学华西公共卫生学院/华西第四医院, 四川 成都 610041;

2. 四川大学华西第二医院西部妇幼医学研究院妇儿营养中心;

3. 四川大学华西医院管理研究所医疗服务管理与政策研究中心; 4. 四川大学华西护理学院

**摘要:**目的 探讨 60 岁以上老年人膳食番茄红素摄入和认知功能之间的关联。方法 选择 2011—2014 年 NHANES 数据库中 60 岁以上老年人作为研究对象, 通过构建 logistic 回归模型, 对年龄、性别等混杂因素进行调整, 探究膳食番茄红素摄入与老年人认知功能之间的关联。结果 本研究共纳入 2 524 人, 膳食番茄红素摄入量中位数为 1 905.25 mcg。在调整了年龄、性别等混杂因素后的 logistic 回归模型显示出即时回忆测试 ( $OR = 0.75; 95\% CI: 0.58 \sim 0.98$ )、延迟回忆测试 ( $OR = 0.78; 95\% CI: 0.60 \sim 0.99$ ) 和数字符号替代测试 ( $OR = 0.67; 95\% CI: 0.49 \sim 0.91$ ) 得分下的认知功能障碍与膳食番茄红素摄入量之间呈显著负相关; 在调整了年龄、性别等混杂因素后的 logistic 回归模型显示出综合化认知评分下的认知功能障碍与膳食番茄红素摄入量之间呈显著负相关 ( $OR = 0.67; 95\% CI: 0.50 \sim 0.90$ )。此外, 趋势性检验结果表明认知功能障碍的患病风险随着膳食番茄红素摄入量的增加而逐步降低。结论 膳食番茄红素摄入与老年认知功能障碍之间存在负相关关系, 摄入番茄红素可能会降低老年人患认知功能障碍的风险。

**关键词:** 番茄红素; 认知功能; NHANES; logistic 回归模型

中图分类号: R161.7 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2025)10-1768-08

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202411565

## A study on the correlation between dietary lycopene intake and cognitive function in older adults

LIU Rui\*, WANG Xiao-yu, WANG Fei, CHEN Meng-xue, ZHOU Si-qian,  
XIONG Jing-yuan, CHENG Guo

\* West China School of Public Health and West China Fourth Hospital, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610041, China

**Abstract: Objective** To investigate the association between dietary lycopene intake and cognitive function in adults aged 60 years and older. **Methods** Participants were selected from adults aged 60 years and older in the 2011-2014 NHANES database. A logistic regression model was constructed and adjusted for confounding factors such as age and gender to explore the relationship between dietary lycopene intake and cognitive function in older adults. **Results** A total of 2 524 participants were included in this study, with a median dietary lycopene intake of 1 905.25 mcg. After adjusting for age, gender, and other confounding factors, the logistic regression model showed a significant negative correlation between cognitive impairment and dietary lycopene intake in immediate recall test ( $OR = 0.75; 95\% CI: 0.58 - 0.98$ ), delayed recall test ( $OR = 0.78; 95\% CI: 0.60 - 0.99$ ), and digit-symbol substitution test ( $OR = 0.67; 95\% CI: 0.49 - 0.91$ ). Additionally, a significant negative correlation was observed between cognitive impairment and dietary lycopene intake based on composite cognitive scores ( $OR = 0.67; 95\% CI: 0.50 - 0.90$ ). Trend analysis indicated that the risk of cognitive impairment decreased progressively with increasing dietary lycopene intake. **Conclusion** Dietary lycopene intake is negatively correlated with cognitive impairment in older adults. Increased lycopene intake may reduce the risk of cognitive impairment in the elderly.

**Keywords:** Lycopene; Cognitive function; NHANES; Logistic regression models

认知功能障碍是由于脑部加速老化造成的<sup>[1]</sup>, 其特征包括记忆力衰退、注意力不集中、信息处理效能减弱、思维清晰度下降或记忆缺失, 以及语言意义理

解上的偏差。此外, 它还可能扰乱正常的逻辑与决策过程<sup>[2-3]</sup>。认知功能障碍老年人的理解力、记忆力及其他认知功能的衰退不仅加剧了其自身的生存挑战, 同时也加重了照护者及家庭其他成员的心理与经济负担。根据世界卫生组织 2021 年公布的《公共卫生领域应对痴呆症全球状况报告》, 随着人口老龄化的

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(82173512)

作者简介: 刘睿(1997—), 男, 硕士在读, 研究方向: 营养与食品卫生学

通信作者: 成果, E-Mail: ehw\_cheng@126.com

加剧,预计到 2030 年全球患认知功能障碍的人数将达到 7 800 万,到 2050 年将达到 1.39 亿<sup>[4]</sup>。认知功能障碍的发病机制复杂,目前临床上缺乏特异性的治疗手段<sup>[5]</sup>,故防控措施转向各种风险因素。在公共卫生视角下,认知功能障碍风险防控应集中针对高危群体。对早期认知功能衰退者实施干预管理,能有效延缓其发展<sup>[6]</sup>。近年来,营养因素对老年人认知功能障碍的影响成为研究热点,其作为可调控的因素对预防老年人认知功能障碍方面具有重要意义。

番茄红素是一种多不饱和烃类植物色素,普遍存在于红色果蔬当中,是四元萜类胡萝卜素家族的重要成员,在番茄中存在最为广泛<sup>[7]</sup>,主要通过食物摄入,具有诱导细胞间隙连接通讯、调控细胞增殖和抗氧化应激等生物活性<sup>[8]</sup>。有动物研究表明,番茄红素有通过减轻氧化应激、抑制炎症因子的产生等生物学作用,并显示出神经保护作用,从而改善认知功能障碍<sup>[9-10]</sup>。但番茄红素和认知功能关系的人群研究尚未得到广泛的关注。

因此,本研究拟根据 2011—2014 年美国国家营养与健康调查(National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES)中 24 小时膳食回顾数据和认知测试问卷,探索 60 岁及以上年龄老年人番茄红素摄入量 and 认知功能之间的关系。

## 1 材料与方法

**1.1 研究人群** 本研究选取 NHANES 2011—2014 年的数据集,该数据集包含 2011—2012、2012—2014 两个周期的调查结果(具有认知功能测试评分最近的两个周期),共有 19 931 名参与者的信息,因为只有 60 岁及以上的参与者接受了全面的认知功能评估,故排除年龄小于 60 岁的参与者( $n = 16\ 299$ ),进一步排除没有完整番茄红素摄入信息的参与者( $n = 825$ )和认知功能测试数据不全的参与者( $n = 283$ ),最终本研究共纳入 2 524 名研究对象,样本筛选过程见图 1。

**1.2 膳食番茄红素数据** 本研究中膳食番茄红素的数据来源于对所有参与者进行的两次 24 小时膳食回忆访谈,两次回忆访谈提供了两个 24 小时内的详细膳食摄入信息,随后用这些信息来估计能量、营养素和其他食物成分的摄入量,并保存在膳食数据模块中。第一次访谈是在移动检查中心面对面进行,随后,在第一次访谈后的 3 至 10 天内,通过电话方式完成了第二次访谈<sup>[11]</sup>。本研究取两次回忆访谈中番茄红素摄入量的平均值作为参与者番茄红素膳食摄入量<sup>[12]</sup>。

**1.3 认知功能评估** 在 NHANES 2011—2014 年的两个调查周期中,60 岁及以上老年人参与者的认知

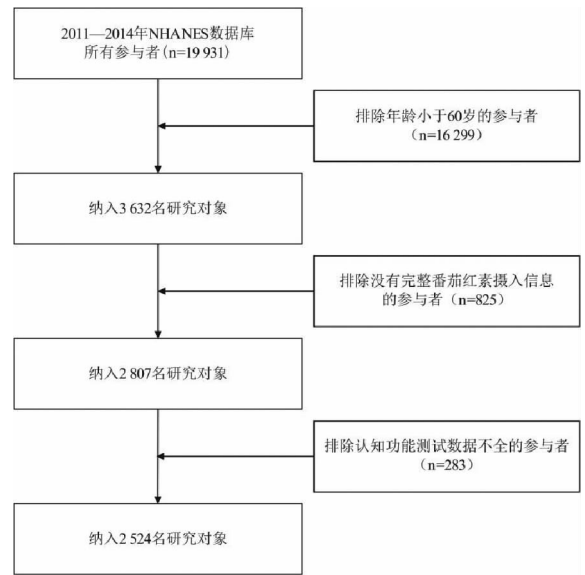


图 1 样本筛选流程图

Fig. 1 Flow chart of sample screening

功能评估是通过以下测试完成的:阿尔茨海默病注册中心(CERAD)的即时回忆测试(IRT)和延迟回忆测试(DRT),分别用于评估对新语言信息的即时和延迟学习能力;动物流畅性测试(AFT),用于检查分类语言流利程度,这是执行功能的组成部分,AFT得分较低意味着语言功能的损害;数字符号替代测试(DSST),是韦氏成人智力量表(WAIS III)的一个性能模块,它依赖于处理速度、持续注意力和工作记忆。CERAD的即时回忆测试结果三个单独的试验得分,范围为0到10,三个试验的总分范围为0到30;延迟回忆测试得分范围为0到10;动物流畅性测试的得分范围为3到39;最后,数字符号得分范围在0到105之间。

运用整个队列基线的均值与标准差,将认知测试所取得的分数转化为标准化的z分数。再对这四项z分数进行平均处理以得到一个综合化的认知分数<sup>[13]</sup>。鉴于目前尚无公认的金标准截断值来界定IRT、DRT、AFT及DSST测试中认知功能障碍的阈值,根据已有的研究,本研究以研究群体中四项测试分数的25%分位点作为截断值,以此表示不同维度的认知功能障碍<sup>[14]</sup>。

**1.4 协变量** 协变量包括年龄(60~69岁、70~79岁、≥80岁)、性别(男、女)、种族(墨西哥裔、其他西班牙裔、非西班牙裔白人、非西班牙裔黑人或其他)、教育程度(高中以下、高中、高中以上)、家庭收入与贫困比率(>1,高于贫困线、≤1,低于贫困线)<sup>[15]</sup>、体重指数(BMI)(<25 kg/m<sup>2</sup>、25~30 kg/m<sup>2</sup>、>30 kg/m<sup>2</sup>)、吸烟情况(一生中抽过100支烟被定义为“吸烟”)、饮酒情况(在任何一年中至少喝过12杯任何

类型的酒被定义为“饮酒”)。另外,糖尿病和高血压的数据来自问卷数据模块。曾被医生或其他健康专业人士告知过患有糖尿病,回答“是”即定义为“患有糖尿病”;曾被医生或其他健康专业人士告知过患有高血压,回答“是”即定义为“患有高血压”。在所有收集到的数据中,协变量的缺失比例均维持在 8% 以下<sup>[16]</sup>。因此,本研究采用 R 语言环境下 Mice 包提供的多重插补技术来对缺失数据进行填补,以减少缺失数据可能导致的偏倚,从而提高统计效能。

**1.5 统计分析** 本研究的数据分析使用 R 4.1.1 进行;在研究人群的基线数据描述中,分类变量用频数(百分比)表示,使用 $\chi^2$ 检验或 Fisher 确切概率法比较组间差异;服从正态分布的连续变量用( $\bar{x} \pm s$ )表示,使用单因素方差分析或  $t$  检验比较组间差异;不服从正态分布的资料以  $M(P_{25}, P_{75})$  表示,使用 Wilcoxon 秩和检验比较组间差异;最后,采用 Wilcoxon 秩和检验分析等级资料。将 IRT、DRT、AFT、DSST 及综合化认知评分根据 25% 分位点作为截断值转化为认知功能障碍和正常认知功能两组纳入分析,使用 logistic

回归模型分析番茄红素摄入量与认知功能障碍的关系。为了调整混杂因素,本研究构建了三个模型,模型 1 未调整协变量;模型 2 调整参与者的年龄、性别、种族、教育程度、家庭收入与贫困比率(经济状况)、BMI、吸烟、饮酒;模型 3 在模型 2 的基础上再根据参与者是否患糖尿病和高血压进行调整。

## 2 结果

**2.1 研究对象的基线特征** 本研究经筛选后共纳入研究对象 2 524 人,其中男性 1 217 人(48.2%),女性 1 307 人(51.8%)。番茄红素摄入量中位数为 1 905.25 mcg,所有类型认知功能障碍人群番茄红素摄入量均低于正常认知功能人群,且差异具有统计学意义。参与者平均年龄为 69.45 岁,60~69 岁、70~79 和  $\geq 80$  岁人群分别占 50.2%、27.8% 和 22.0%。按认知功能障碍综合化评分、IRT、DRT、AFT、DSST 得分分组,分别有 631、541、983、730、592 人被定义为不同维度的认知功能障碍。具体见表 1。

表 1 研究人群特征

Table 1 Characteristics of the study population

指标	总计	IRT			DRT		
		正常认知功能	认知功能障碍	<i>P</i> 值	正常认知功能	认知功能障碍	<i>P</i> 值
参与者数量	2 524	1 835	689		1 541	983	
番茄红素摄入量[mcg, $M(P_{25}, P_{75})$ ]	1 905.25 (441.00, 5 338.13)	2 051.50 (515.00, 5 504.00)	1 498.00 (245.50, 4 678.00)	0.010	2 124.50 (568.50, 5 501.50)	1 548.50 (282.00, 4 875.00)	0.030
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	69.45 $\pm$ 6.76	68.54 $\pm$ 6.46	71.86 $\pm$ 6.95	<0.001	68.13 $\pm$ 6.33	71.51 $\pm$ 6.90	<0.001
年龄[岁, $n(\%)$ ]				<0.001			<0.001
60~69	1 267(50.2)	1 019(55.5)	248(36.0)		373(37.9)	894(58.0)	
70~79	702(27.8)	495(27.0)	207(30.0)		294(29.9)	408(26.5)	
$\geq 80$	555(22.0)	321(17.5)	234(34.0)		316(32.1)	239(15.5)	
性别[ $n(\%)$ ]				<0.001			<0.001
男	1 217(48.2)	806(43.9)	411(59.7)		645(41.9)	572(58.2)	
女	1 307(51.8)	1 029(56.1)	278(40.3)		896(58.1)	411(41.8)	
种族[ $n(\%)$ ]				<0.001			<0.001
墨西哥裔	211(8.4)	138(7.5)	73(10.6)		118(7.7)	93(9.5)	
其他西班牙裔	244(9.7)	155(8.4)	89(12.9)		138(9.0)	106(10.8)	
非西班牙裔白人	1 269(50.3)	950(51.8)	319(46.3)		787(51.1)	482(49.0)	
非西班牙裔黑人	594(23.5)	436(23.8)	158(22.9)		346(22.5)	248(25.2)	
其他	206(8.2)	156(8.5)	50(7.3)		152(9.9)	54(5.5)	
教育程度[ $n(\%)$ ]				<0.001			<0.001
高中以下	603(23.9)	326(17.8)	277(40.3)		273(17.7)	330(33.6)	
高中	599(23.8)	441(24.0)	158(23.0)		357(23.2)	242(24.7)	
高中以上	1 320(52.3)	1 067(58.2)	253(36.8)		911(59.1)	409(41.7)	
家庭收入与贫困比率[ $n(\%)$ ]				<0.001			0.002
贫困线以上(>1)	2 117(83.9)	1 581(86.2)	536(77.8)		1 321(85.7)	796(81.0)	
贫困线以下( $\leq 1$ )	407(16.1)	254(13.8)	153(22.2)		220(14.3)	187(19.0)	
BMI[kg/m <sup>2</sup> , $n(\%)$ ]				0.010			0.042
<25	665(26.3)	468(25.5)	197(28.6)		401(26.0)	264(26.9)	
25~30	892(35.3)	631(34.4)	261(37.9)		521(33.8)	371(37.7)	
>30	967(38.3)	736(40.1)	231(33.5)		619(40.2)	348(35.4)	
吸烟[ $n(\%)$ ]				0.684			0.255
是	1 275(50.5)	932(50.8)	343(49.8)		764(49.6)	511(52.0)	

(续表)

指标	总计	IRT			DRT		
		正常认知功能	认知功能障碍	P 值	正常认知功能	认知功能障碍	P 值
否	1 249 (49.5)	903 (49.2)	346 (50.2)		777 (50.4)	472 (48.0)	
饮酒[n(%)]				0.062			<0.001
是	1 404 (55.6)	1 042 (56.8)	362 (52.5)		902 (58.5)	502 (51.1)	
否	1 120 (44.4)	793 (43.2)	327 (47.5)		639 (41.5)	481 (48.9)	
糖尿病[n(%)]				0.009			0.003
是	595 (23.6)	404 (22.0)	191 (27.7)		336 (21.8)	259 (26.3)	
否	1 813 (71.8)	1 348 (73.5)	465 (67.5)		1 144 (74.2)	669 (68.1)	
糖尿病前期	116 (4.6)	83 (4.5)	33 (4.8)		61 (4.0)	55 (5.6)	
高血压[n(%)]				0.158			0.284
是	1 576 (62.4)	1 130 (61.6)	446 (64.7)		949 (61.6)	627 (63.8)	
否	948 (37.6)	705 (38.4)	243 (35.3)		592 (38.4)	356 (36.2)	
番茄红素摄入量[n(%)]				0.001			0.001
Q1	632 (25.0)	425 (23.2)	207 (30.0)		350 (22.7)	282 (28.7)	
Q2	630 (25.0)	455 (24.8)	175 (25.4)		375 (24.3)	255 (25.9)	
Q3	631 (25.0)	483 (26.3)	148 (21.5)		416 (27.0)	215 (21.9)	
Q4	631 (25.0)	472 (25.7)	159 (23.1)		400 (26.0)	231 (23.5)	

指标	总计	AFT			DSST		
		正常认知功能	认知功能障碍	P 值	正常认知功能	认知功能障碍	P 值
参与者数量	2 524	1 794	730		1 892	632	
番茄红素摄入量[mcg, M(P <sub>25</sub> , P <sub>75</sub> )]	1 905.25 (441.00, 5 338.13)	2 047.00 (528.12, 5 675.75)	1 520.25 (257.50, 3 867.25)	0.005	2 066.50 (517.00, 5 772.50)	1 372.75 (230.75, 3 920.88)	<0.001
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	69.45 ± 6.76	68.82 ± 6.61	71.00 ± 6.88	<0.001	68.78 ± 6.59	71.45 ± 6.89	<0.001
年龄[岁, n(%)]				<0.001			<0.001
60 ~ 69	1 267 (50.2)	971 (54.1)	296 (40.5)		1 025 (54.2)	242 (38.3)	
70 ~ 79	702 (27.8)	487 (27.1)	215 (29.5)		512 (27.1)	190 (30.1)	
≥80	555 (22.0)	336 (18.7)	219 (30.0)		355 (18.8)	200 (31.6)	
性别[n(%)]				0.759			<0.001
男	1 217 (48.2)	869 (48.4)	348 (47.7)		865 (45.7)	352 (55.7)	
女	1 307 (51.8)	925 (51.6)	382 (52.3)		1 027 (54.3)	280 (44.3)	
种族[n(%)]				<0.001			<0.001
墨西哥裔	211 (8.4)	155 (8.6)	56 (7.7)		131 (6.9)	80 (12.7)	
其他西班牙裔	244 (9.7)	160 (8.9)	84 (11.5)		126 (6.7)	118 (18.7)	
非西班牙裔白人	1 269 (50.3)	1 007 (56.1)	262 (35.9)		1 076 (56.9)	193 (30.5)	
非西班牙裔黑人	594 (23.5)	348 (19.4)	246 (33.7)		378 (20.0)	216 (34.2)	
其他	206 (8.2)	124 (6.9)	82 (11.2)		181 (9.6)	25 (4.0)	
教育程度[n(%)]				<0.001			<0.001
高中以下	603 (23.9)	334 (18.6)	269 (37.0)		258 (13.6)	345 (54.8)	
高中	599 (23.8)	398 (22.2)	201 (27.6)		450 (23.8)	149 (23.7)	
高中以上	1 320 (52.3)	1 062 (59.2)	258 (35.4)		1 184 (62.6)	136 (21.6)	
家庭收入与贫困比率[n(%)]				<0.001			<0.001
贫困线以上(>1)	2 117 (83.9)	1 559 (86.9)	558 (76.4)		1 680 (88.8)	437 (69.1)	
贫困线以下(≤1)	407 (16.1)	235 (13.1)	172 (23.6)		212 (11.2)	195 (30.9)	
BMI[kg/m <sup>2</sup> , n(%)]				0.176			0.706
<25	665 (26.3)	454 (25.3)	211 (28.9)		491 (26.0)	174 (27.5)	
25 ~ 30	892 (35.3)	644 (35.9)	248 (34.0)		675 (35.7)	217 (34.3)	
>30	967 (38.3)	696 (38.8)	271 (37.1)		726 (38.4)	241 (38.1)	
吸烟[n(%)]				0.416			0.766
是	1 275 (50.5)	916 (51.1)	359 (49.2)		952 (50.3)	323 (51.1)	
否	1 249 (49.5)	878 (48.9)	371 (50.8)		940 (49.7)	309 (48.9)	
饮酒[n(%)]				<0.001			<0.001
是	1 404 (55.6)	1 054 (58.8)	350 (47.9)		1 105 (58.4)	299 (47.3)	
否	1 120 (44.4)	740 (41.2)	380 (52.1)		787 (41.6)	333 (52.7)	
糖尿病[n(%)]				0.001			<0.001
是	595 (23.6)	386 (21.5)	209 (28.6)		387 (20.5)	208 (32.9)	
否	1 813 (71.8)	1 325 (73.9)	488 (66.8)		1 416 (74.8)	397 (62.8)	
糖尿病前期	116 (4.6)	83 (4.6)	33 (4.5)		89 (4.7)	27 (4.3)	

(续表)

指标	总计	AFT			DSST		
		正常认知功能	认知功能障碍	P 值	正常认知功能	认知功能障碍	P 值
高血压[n(%)]				<0.001			<0.001
是	1 576(62.4)	1 075(59.9)	501(68.6)		1 138(60.1)	438(69.3)	
否	948(37.6)	719(40.1)	229(31.4)		754(39.9)	194(30.7)	
番茄红素摄入量[n(%)]				<0.001			<0.001
Q1	632(25.0)	409(22.8)	223(30.5)		436(23.0)	196(31.0)	
Q2	630(25.0)	456(25.4)	174(23.8)		471(24.9)	159(25.2)	
Q3	631(25.0)	451(25.1)	180(24.7)		479(25.3)	152(24.1)	
Q4	631(25.0)	478(26.6)	153(21.0)		506(26.7)	125(19.8)	

**2.2 番茄红素摄入量 and 不同维度认知功能障碍的 logistic 分析** 本研究使用了三个模型分别对番茄红素摄入量和 IRT、DRT、AFT、DSST 评分下的认知功能障碍进行了 logistic 分析,自变量为番茄红素摄入量(Q1、Q2、Q3、Q4),因变量为四种不同维度下的认知功能障碍(正常认知功能、认知功能障碍)。以探索番茄红素摄入量 and 不同维度下的认知功能障碍之间的潜在关联性。计算结果见表 2。

在 IRT 和 DRT 中,三个模型的 Q3 和 Q4 组的 OR 值显著低于 Q1,趋势性检验结果均有统计学意义,表

明即时学习能力和延迟学习能力方面的认知功能障碍患病风险随着番茄红素摄入量的增加而降低;在 AFT 中,Q2、Q3 和 Q4 组的 OR 值均低于 Q1,但模型 2 和模型 3 均未显示出统计学意义,趋势性检验也未显示出统计学意义,表明动物流畅性得分下的认知功能障碍患病风险可能与番茄红素摄入量呈负相关,但差异无统计学意义;在 DSST 中,Q4 组的 OR 值显著低于 Q1,趋势性检验结果均有统计学意义,表明数字符号替代测试得分下的认知功能障碍患病风险随着番茄红素摄入量的增加而降低。

表 2 番茄红素摄入量 and 不同维度认知功能障碍的 logistic 回归分析

Table 2 Logistic regression analysis of lycopene intake and cognitive dysfunction in different dimensions

认知功能	番茄红素摄入量	模型 1		模型 2		模型 3	
		OR 值(95% CI)	P 值	OR 值(95% CI)	P 值	OR 值(95% CI)	P 值
IRT	Q1	ref		ref		ref	
	Q2	0.790(0.621~1.005)	0.055	0.890(0.686~1.154)	0.378	0.895(0.689~1.162)	0.406
	Q3	0.629(0.491~0.806)	<0.001	0.687(0.524~0.901)	0.007	0.694(0.529~0.910)	0.008
	Q4	0.692(0.541~0.883)	0.003	0.753(0.576~0.984)	0.038	0.753(0.576~0.984)	0.038
<i>P</i> 趋势		<0.001		0.011		0.011	
DRT	Q1	ref		ref		ref	
	Q2	0.844(0.675~1.055)	0.137	0.948(0.746~1.205)	0.662	0.939(0.738~1.195)	0.609
	Q3	0.641(0.511~0.805)	<0.001	0.692(0.540~0.885)	0.003	0.697(0.545~0.893)	0.004
	Q4	0.717(0.572~0.898)	0.004	0.782(0.612~0.999)	0.049	0.777(0.608~0.993)	0.044
<i>P</i> 趋势		<0.001		0.008		0.009	
AFT	Q1	ref		ref		ref	
	Q2	0.700(0.551~0.889)	0.003	0.772(0.597~0.999)	0.049	0.777(0.600~1.006)	0.056
	Q3	0.732(0.577~0.928)	0.010	0.901(0.696~1.167)	0.430	0.906(0.699~1.174)	0.455
	Q4	0.587(0.460~0.750)	<0.001	0.804(0.617~1.048)	0.107	0.801(0.614~1.044)	0.100
<i>P</i> 趋势		<0.001		0.221		0.210	
DSST	Q1	ref		ref		ref	
	Q2	0.751(0.587~0.961)	0.023	0.852(0.632~1.148)	0.293	0.878(0.649~1.184)	0.392
	Q3	0.706(0.551~0.905)	0.006	0.848(0.625~1.150)	0.289	0.862(0.634~1.170)	0.340
	Q4	0.550(0.424~0.712)	<0.001	0.664(0.485~0.908)	0.010	0.666(0.486~0.912)	0.011
<i>P</i> 趋势		<0.001		0.015		0.016	

注:模型 1 未调整;模型 2 调整了年龄、性别、种族、教育程度、家庭收入与贫困比率(经济状况)、BMI、吸烟、饮酒八个协变量;模型 3 在模型 2 的基础上再调整了高血压和糖尿病。Q1、Q2、Q3、Q4 分别代表将番茄红素摄入量(mcg)按四分位数划分后的四个分类水平分别为 0~441.000, >441.000~1 905.250, >1 905.250~5 338.125, >5 338.125。

**2.3 番茄红素摄入量 and 综合化评分下认知功能障碍的 logistic 分析** 为了进一步探索番茄红素摄入量 and 认知功能障碍之间的潜在关联性,本研究使用了三个模型对番茄红素摄入量 and 综合化认知评分下的认知

功能障碍进行了 logistic 分析,自变量为番茄红素摄入量(Q1、Q2、Q3、Q4),因变量为综合化认知评分下的认知功能障碍(正常认知功能、认知功能障碍)。调整的协变量同番茄红素摄入量 and 不同维度认知功能

障碍的 logistic 分析一致。将番茄红素摄入量按照四分位数分组进行计算,计算结果见表 3。三个模型都显示出认知功能障碍与番茄红素摄入量之间呈负相

关,且具有统计学意义。此外,趋势性检验结果均具有统计学意义,表明认知功能障碍的患病风险随着番茄红素摄入量的增加而逐步降低。

表 3 番茄红素摄入量和综合化评分下认知功能障碍的 logistic 回归分析

Table 3 Logistic regression analysis of cognitive impairment under lycopene intake and composite score

番茄红素摄入量分组	模型 1		模型 2		模型 3	
	OR 值(95% CI)	P 值	OR 值(95% CI)	P 值	OR 值(95% CI)	P 值
Q1	ref		ref		ref	
Q2	0.653(0.510~0.836)	<0.001	0.722(0.546~0.954)	0.022	0.730(0.552~0.966)	0.028
Q3	0.564(0.438~0.726)	<0.001	0.627(0.470~0.836)	0.001	0.633(0.474~0.845)	0.002
Q4	0.564(0.438~0.726)	<0.001	0.672(0.504~0.896)	0.007	0.674(0.506~0.899)	0.007
<i>P</i> <sub>趋势</sub>	<0.001		0.003		0.003	

注:模型 1 未调整;模型 2 调整了年龄、性别、种族、教育程度、家庭收入与贫困比率(经济状况)、BMI、吸烟、饮酒八个协变量;模型 3 在模型 2 的基础上再调整了高血压和糖尿病。Q1、Q2、Q3、Q4 分别代表将番茄红素摄入量(mcg)按四分位数划分后的四个分类水平分别为 0~441.000, >441.000~1 905.250, >1 905.250~5 338.125, >5 338.125。

2.4 亚组分析 在对番茄红素摄入量和认知功能障碍进行 logistic 分析后,本研究进一步根据认知功能综合化评分进行了不同年龄、性别下的亚组分析和交互作用分析,自变量为番茄红素摄入量(Q1、Q2、Q3、Q4),因变量为综合化认知评分下的认知功能障碍(正常认知功能、认知功能障碍)。见表 4 和表 5。结果显示,70~79 岁人群中与番茄红素摄入量与最低

组相比,最高组的认知功能障碍患病风险最低且具有统计学意义上的关联;在男性和女性人群中,番茄红素摄入量均和认知功能障碍患病风险呈负相关性,且具有统计学意义。交互作用分析结果显示,年龄和性别在与番茄红素摄入量影响认知功能障碍方面不具有交互作用。

表 4 不同年龄番茄红素摄入量与认知功能障碍的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of lycopene intake and cognitive dysfunction at different ages

分组	OR 值(95% CI)	P 值	OR 值(95% CI)	P 值	交互作用 P 值	OR 值(95% CI)	P 值	交互作用 P 值
年龄(岁)	60~69		70~79		0.856	≥80		0.419
番茄红素摄入量分组(ref:Q1)								
Q2	0.819(0.520~1.290)	0.389	0.668(0.394~1.133)	0.134		0.758(0.460~1.248)	0.276	
Q3	0.589(0.366~1.949)	0.296	0.622(0.359~1.076)	0.089		0.856(0.511~1.432)	0.554	
Q4	0.819(0.515~1.304)	0.401	0.547(0.319~0.938)	0.028		0.614(0.365~1.033)	0.066	

注:调整了性别、种族、教育程度、家庭收入与贫困比率(经济状况)、BMI、吸烟、饮酒、高血压、糖尿病。

表 5 不同性别番茄红素摄入量与认知功能障碍的相关性分析

Table 5 Correlation analysis of lycopene intake and cognitive dysfunction in different genders

分组	OR 值(95% CI)	P 值	OR 值(95% CI)	P 值	交互作用 P 值
性别	男		女		0.884
番茄红素摄入量分组(ref:Q1)					
Q2	0.609(0.407~0.912)	0.016	0.829(0.557~1.235)	0.357	
Q3	0.607(0.407~0.905)	0.014	0.669(0.436~1.026)	0.066	
Q4	0.724(0.495~1.060)	0.097	0.571(0.360~0.904)	0.017	

注:调整了性别、种族、教育程度、家庭收入与贫困比率(经济状况)、BMI、吸烟、饮酒、高血压、糖尿病。

### 3 讨论

本研究从 NHANES 数据库纳入了共 2 524 名研究对象,探讨了 60 岁以上老年人群的认知功能障碍和膳食番茄红素摄入之间的关系,结果表明,认知功

能障碍患者膳食番茄红素摄入量明显低于正常人群且差异具有统计学意义,较高的膳食番茄红素摄入量与更低的认知功能障碍患病风险相关。亚组分析的结果提示两者的关联性在 70~79 岁年龄区间更加明显,而在男性和女性人群中没有明显差异。

番茄红素因其抗炎、抗氧化的特点而备受关注<sup>[17]</sup>。在阿尔茨海默病的体外研究中,番茄红素通过抑制活性氧的产生、减少线粒体功能障碍和降低促凋亡因子的表达,从而抑制小胶质细胞的促炎症反应,抑制 A $\beta$ 1-42 刺激的细胞凋亡,进而降低 A $\beta$  暴露诱导的细胞损伤<sup>[10]</sup>。另外研究表明番茄红素可以穿过血脑屏障,在人脑中可以检测到,这表明番茄红素可能在维持神经元健康和减轻氧化应激引起的神经损伤方面发挥作用<sup>[18]</sup>。

除此之外,动物实验表明番茄红素可以改善大鼠和小鼠的认知功能。例如,用番茄红素干预 3 个月后的衰老小鼠模型,其大脑衰老和与年龄相关的认知缺陷得到有效控制,其可能通过激活肝脑 FGF21 信号传导,从而通过增加线粒体 ATP 水平和增强突触囊泡融合进而促进神经递质释放<sup>[19]</sup>。另外,番茄红素可以减弱邻苯二甲酸酯诱导的海马组织 CA1 和 CA3 区神经元的无序排列,通过调节铁代谢、抑制脂质过氧化、激活半胱氨酸转运蛋白和核因子 E2 相关因子 2/血红素加氧酶-1 (Nrf2/HO-1) 信号通路来抑制邻苯二甲酸酯诱导的铁死亡的发生从而减轻小鼠的认知功能障碍<sup>[20]</sup>。此外,番茄红素可通过其抗氧化特性、激活 MAPK/ERK 通路和抑制神经元凋亡对大鼠海马双酚 A 中毒发挥神经保护作用,从而改善其学习和认知记忆能力<sup>[21]</sup>。本研究进一步在老年人中发现了较高的番茄红素摄入量与更低的认知功能障碍患病风险相关,这些结果为后续认知功能障碍防控措施制定提供了理论依据。

本研究的研究对象从 NHANES 数据库中获得,该调查的样本通过复杂的分层多阶段抽样获得,所得样本具有代表性;在调整变量时更加全面地调整了种族、教育水平、家庭收入与贫困比率、吸烟、饮酒状况以及糖尿病和高血压两个疾病变量,减少了混杂因素对结果的影响;在分别探讨了番茄红素摄入量和四个不同维度认知功能障碍之间的关联性之后又探讨了番茄红素摄入量和认知功能综合化评分下认知功能障碍之间的关联性;此外,采用了亚组分析分别探讨了年龄和性别对番茄红素摄入量和认知功能关联的影响。同时,本研究还存在一定的局限性。首先,该研究属于横断面研究,无法推断因果关系;其次,膳食数据获取方式为两次 24 小时膳食回忆访谈,可能存在一些回忆偏倚;最后,该研究主要依赖于几种常用的认知功能测试,可能无法全面评估老年人的认知能力。因此,后续需要继续开展更多的纵向研究以及更加精确的认知功能评估方法以更进一步探索膳食中番茄红素摄入量与老年人认知功能障碍之间的关系。

**利益冲突声明** 本研究不存在任何利益冲突

## 参考文献

- [1] Reynaert NL, Gopal P, Rutten EPA, et al. Advanced glycation end products and their receptor in age-related, non-communicable chronic inflammatory diseases; Overview of clinical evidence and potential contributions to disease [J]. *International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, 2016, 81 (Pt B): 403-418.
- [2] Brito DVC, Esteves F, Rajado AT, et al. Assessing cognitive decline in the aging brain: lessons from rodent and human studies [J]. *NPJ Aging*, 2023, 9(1): 23.
- [3] Han J, Du Z, Lim MH. Mechanistic insight into the design of chemical tools to control multiple pathogenic features in Alzheimer's disease [J]. *Accounts of Chemical Research*, 2021, 54 (20): 3930-3940.
- [4] World Health Organization. Global status report on the public health response to dementia: executive summary [M]. Geneva: World Health Organization, 2021.
- [5] Luck T, Riedel-Heller SG, Luppá M, et al. Risk factors for incident mild cognitive impairment - results from the German Study on Ageing, Cognition and Dementia in Primary Care Patients (AgeCoDe) [J]. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 2010, 121(4): 260-272.
- [6] Yang SY, Zhou HH, Wang GP, et al. Quercetin is protective against short-term dietary advanced glycation end products intake induced cognitive dysfunction in aged ICR mice [J]. *Journal of Food Biochemistry*, 2020, 44(4): e13164.
- [7] Cruz bojórquez RM, González gallego J, Sánchez collado P. [Functional properties and health benefits of lycopene] [J]. *Nutricion Hospitalaria*, 2013, 28(1): 6-15.
- [8] 屈明彥,邱洪杰,胡红芳. 番茄红素防治神经退行性疾病的研究进展 [J]. *解放军预防医学杂志*, 2018, 36(3): 422-425. Qu MN, Qiu HJ, Hu HF. Research progress of lycopene in the prevention and treatment of neurodegenerative diseases [J]. *PLA Journal of Preventive Medicine*, 2018, 36(3): 422-425. (In Chinese)
- [9] Wang J, Li LX, Wang Z, et al. Supplementation of lycopene attenuates lipopolysaccharide-induced amyloidogenesis and cognitive impairments via mediating neuroinflammation and oxidative stress [J]. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 2018, 56: 16-25.
- [10] Liu CB, Wang R, Yi YF, et al. Lycopene mitigates  $\beta$ -amyloid induced inflammatory response and inhibits NF- $\kappa$ B signaling at the choroid plexus in early stages of Alzheimer's disease rats [J]. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 2018, 53: 66-71.
- [11] Hariharan D, Vellanki K, Kramer H. The western diet and chronic kidney disease [J]. *Current Hypertension Reports*, 2015, 17(3): 16.
- [12] Christensen K, Gleason CE, Mares JA. Dietary carotenoids and cognitive function among US adults, NHANES 2011-2014 [J]. *Nutritional Neuroscience*, 2020, 23(7): 554-562.
- [13] Dong YH, Sharma VK, Chan BPL, et al. The Montreal cognitive assessment (MoCA) is superior to themini-mental state examination (MMSE) for the detection of vascular cognitive impairment after acute stroke [J]. *Journal of the Neurological Sciences*, 2010, 299(1/2): 15-18.

- 防医学,2023,50(14):2620-2626.
- Cui JH, Ren JY, Shi SF, et al. Associations between social activities and cognitive trajectories in Chinese middle-aged and older adults: an eight-year follow-up study [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2023, 50(14): 2620-2626. (In Chinese)
- [12] Yang CR, Mao ZF, Wu ST, et al. Influencing factors, gender differences and the decomposition of inequalities in cognitive function in Chinese older adults: a population-based cohort study [J]. *BMC Geriatrics*, 2024, 24(1): 371.
- [13] Du YR, Hu NF, Yu ZF, et al. Characteristics of the cognitive function transition and influencing factors among Chinese older People: An 8-year longitudinal study [J]. *Journal of Affective Disorders*, 2023, 324: 433-439.
- [14] Zheng H, Jia CQ. Gender differences in the association of depression trajectories with executive and memory functions: Evidence from the longitudinal study of the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe (2004-2017) [J]. *Journal of Psychiatric Research*, 2022, 149: 177-184.
- [15] Wang XN, Luo LL, Zhao JX, et al. Associations between sleep duration trajectories and cognitive decline: A longitudinal cohort study in China [J]. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 2024, 124: 105445.
- [16] Ferraro OE, Guaita A, Villani S. Cognitive, physical and disability trajectories in community-dwelling elderly people [J]. *Aging Clinical and Experimental Research*, 2021, 33(10): 2671-2677.
- [17] Lee HE, Ryan LH, Ofstedal MB, et al. Multigenerational households during childhood and trajectories of cognitive functioning among U.S. older adults [J]. *The Journals of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 2021, 76(6): 1161-1172.
- [18] 郝晓燕,李承圣,王晓晖,等.老年人认知功能轨迹识别及生活方式的影响研究[J].*护理学杂志*,2023,38(3):103-108.
- Hao XY, Li CS, Wang XH, et al. The trajectories of cognitive function and its influence on lifestyle in the elderly [J]. *Journal of Nursing Science*, 2023, 38(3): 103-108. (In Chinese)
- [19] 吴锦萍,田函,张妍,等.社会参与对中老年人认知衰弱的影响效应分析[J].*现代预防医学*,2025,52(2):315-321.
- Wu JP, Tian H, Zhang Y, et al. Analysis of the effect of social participation on cognitive weakness in middle-aged and older adults [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2025, 52(2): 315-321. (In Chinese)
- [20] 郝雨晴,胡慧秀,赵雅洁,等.老年人社交活动与认知功能关系的研究进展及护理启示[J].*中华护理杂志*,2025,60(2):251-256.
- Hao YQ, Hu HX, Zhao YJ, et al. Research progress and nursing inspiration on the relationship between social activities and cognitive function in older adults [J]. *Chinese Journal of Nursing*, 2025, 60(2): 251-256. (In Chinese)
- [21] Zhang MG, Jia JF, Yang Y, et al. Effects of exercise interventions on cognitive functions in healthy populations: A systematic review and meta-analysis [J]. *Ageing Research Reviews*, 2023, 92: 102116.
- [22] 曹宜璠,邓怡青,张璟.社区独居与共居老年人轻度认知障碍发生情况及其影响因素研究[J].*中国卫生事业管理*,2024,41(8):928-932.
- Cao YF, Deng YQ, Zhang J. Study on the status and influencing factors of mild cognitive impairment among the cohabitation and solitude elderly in communities [J]. *Chinese Health Service Management*, 2024, 41(8): 928-932. (In Chinese)

收稿日期:2024-12-12

(上接第 1774 页)

- [14] Lerner AJ, Mitchell AJ. A meta-analysis of the accuracy of the Addenbrooke's Cognitive Examination (ACE) and the Addenbrooke's Cognitive Examination-Revised (ACE-R) in the detection of dementia [J]. *International Psychogeriatrics / IPA*, 2014, 26(4): 555-563.
- [15] Hu P, Pan C, Su W, et al. Associations between exposure to a mixture of phenols, parabens, and phthalates and sex steroid hormones in children 6-19 years from NHANES, 2013-2016 [J]. *The Science of the Total Environment*, 2022, 822: 153548.
- [16] Sterne JAC, White IR, Carlin JB, et al. Multiple imputation for missing data in epidemiological and clinical research: potential and pitfalls [J]. *BMJ*, 2009, 338: b2393.
- [17] Caris-Veyrat C, Garcia AL, Reynaud E, et al. A review about Lycopene-Induced nuclear hormone receptor signalling in inflammation and lipid metabolism via still unknown endogenous Apo-10-Lycopeneoids [J]. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 2016, 86(1/2): 62-70.
- [18] Khachik F, Carvalho L, Bernstein PS, et al. Chemistry, distribution, and metabolism of tomato carotenoids and their impact on human health [J]. *Experimental Biology and Medicine*, 2002, 227(10): 845-851.
- [19] Wang J, Li L, Li L, et al. Lycopene alleviates age-related cognitive deficit via activating liver-brain fibroblast growth factor-21 signalling [J]. *Redox Biology*, 2024, 77: 103363.
- [20] Wang HR, Li MZ, Cui JG, et al. Lycopene prevents phthalate-induced cognitive impairment via modulating ferroptosis [J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2023, 71(44): 16727-16738.
- [21] El morsy EM, Ahmed M. Protective effects of lycopene on hippocampal neurotoxicity and memory impairment induced by bisphenol A in rats [J]. *Human & Experimental Toxicology*, 2020, 39(8): 1066-1078.

收稿日期:2024-11-29