·专题报道——健康老龄化与积极老龄化·

膳食因素在中老年人群咀嚼功能与糖尿病患病关系间的中介效应：一项 2022—2023 年横断面研究

汲金刚[1]，王惠君[1,2]，苏畅[1,2]，何宇纳[1,2]，黄绯绯[1,2]，陈同[3]，房玥晖[1,2]，刘一兵[1]，李静[1]，贾小芳[1,2]

1. 中国疾病预防控制中心营养与健康所，北京 100050；
2. 国家卫生健康委公共营养与健康重点实验室，北京 100050；
3. 中国中医科学院中药资源中心，北京 100700
通信作者：贾小芳，E-mail：jiaxf@ninh.chinacdc.cn

【摘　要】目的　了解中老年人群咀嚼功能与糖尿病患病的关系以及膳食因素在其中的中介作用，为口腔健康影响代谢疾病的机制研究以及糖尿病的早期干预提供参考依据。**方法**　收集 2022—2023 年“中国发展与营养健康影响队列调查”和“中国健康与营养调查”中黑龙江省、辽宁省、山东省、河南省、湖南省、湖北省、江苏省、陕西省、广西壮族自治区和贵州省 10 个地区具有完整人口经济学、咀嚼功能、食物摄入量、疾病史、体格测量和血生化检测数据的 2 509 名≥55 岁中老年人群的相关数据，应用多因素非条件 logistic 回归模型分析其咀嚼功能与糖尿病患病的关系，并应用中介效应模型检验不同种类食物摄入的中介效应。**结果**　纳入分析的 2 509 名中老年人群中，有咀嚼障碍者 805 人（32.08%），患糖尿病者 516 例（20.57%）；全人群中咀嚼功能正常中老年人群其他谷物和杂豆、薯类、蔬菜、水果、蛋类、豆类及其制品、坚果、鱼虾类、畜类和烹调油的摄入量分布均高于咀嚼功能障碍中老年人群，咀嚼功能正常中老年男性其他谷物和杂豆、薯类、水果、畜类和烹调油的摄入量分布均高于咀嚼功能障碍中老年男性，咀嚼功能正常中老年女性水果、蛋类、豆类及其制品、坚果、鱼虾类和畜类的摄入量分布均高于咀嚼功能障碍中老年女性（均 $P<0.05$）；在调整了性别、年龄、文化程度、居住地、工作状况、家庭人均年收入、吸烟情况、饮酒情况、总身体活动量、是否高血压、是否血脂异常、体质指数和各类食物摄入量等混杂因素后，多因素非条件 logistic 回归分析结果显示，咀嚼功能障碍中老年人群患糖尿病的可能性较咀嚼功能正常中老年人群高 28.8%（OR=1.288，95%CI=1.029～1.612），按性别分层后，咀嚼功能障碍中老年女性患糖尿病的可能性较咀嚼功能正常中老年女性高 39.8%（OR=1.398，95%CI=1.033～1.894）；中介效应分析结果显示，水果摄入量在全人群（ab=0.005，P=0.032）和女性（ab=0.006，P=0.018）中老年人群咀嚼功能与糖尿病患病关系中具有显著中介效应，豆类及其制品摄入量在女性中老年人群咀嚼功能与糖尿病患病关系中亦具有显著中介作用（ab=0.006，P=0.045）。**结论**　中老年人群咀嚼功能障碍与糖尿病患病可能性升高有关，水果摄入量是重要的中介因素。

【关键词】咀嚼功能；糖尿病；关系；膳食因素；中介效应；中老年人群

Mediating effect of dietary factors on the relationship between masticatory function and diabetes mellitus in middle-aged and older adults: a cross-sectional study, 2022–2023

JI Jingang[1], WANG Huijun[1,2], SU Chang[1,2], HE Yuna[1,2], HUANG Feifei[1,2], CHEN Tong[3], FANG Yuehui[1,2], LIU Yibing[1], LI Jing[1], JIA Xiaofang[1,2] (*1. National Institute for Nutrition and Health, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing* 100050, *China*; *2. NHC Key Laboratory of Public Nutrition and Health, Beijing* 100050, *China*; *3. National Resource Center for Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing* 100700, *China*)
Corresponding author: JIA Xiaofang, E-mail: jiaxf@ninh.chinacdc.cn

【Abstract】 Objective To understand the relationship between masticatory function and diabetes mellitus in middle-aged and older adults, along with the mediating role of dietary factors therein, thus providing a basis for research into the mechanisms by which oral health influences metabolic diseases and for the early intervention of diabetes mellitus. **Methods** Data were collected from the China Development and Nutrition Health Impact Cohort Survey (2022–2023) and the China Health and Nutrition Survey across ten regions: Heilongjiang province, Liaoning province, Shandong province, Henan province, Hunan province, Hubei province, Jiangsu province, Shaanxi province, Guangxi Zhuang Autonomous Region, and Guizhou province. This study utilized comprehensive demographic and epidemiological data from 2 509 middle-aged and older adults aged ≥55 years, encompassing masticatory function, dietary intake, medical history,

开放获取：CC BY-NC-ND 4.0　DOI：10.11847/zgggws1148505
基金项目：国家重点研发计划项目（2023YFF1104203）；国家财政项目（102393220020070000016）
第一作者：汲金刚（1999—），硕士在读，研究方向：营养流行病学。
收稿日期：2025-07-22　修回日期：2025-11-28　录用日期：2026-03-23
利益冲突：不存在　伦理审查：已获取　出版授权：全体作者已与编辑部签署作者贡献声明及版权转让协议

physical measurements, and blood biochemical test data. A multivariable unconditional logistic regression model was employed to analyze the relationship between masticatory function and the prevalence of diabetes mellitus. Mediating effect models were further employed to examine the mediating effects of different food categories. **Results** Among the 2 509 middle-aged and older adults included in the analysis, 805 (32.08%) exhibited masticatory dysfunction, while 516 (20.57%) had diabetes mellitus. Among the entire cohort, middle-aged and older adults with normal masticatory function consumed higher amounts of other cereals and pulses, tubers, vegetables, fruits, eggs, beans and bean products, nuts, fish and shellfish, meat, and cooking oil than those with masticatory dysfunction. Male middle-aged and older adults with normal masticatory function consumed higher amounts of other cereals and pulses, tubers, fruits, meat, and cooking oil than those with masticatory dysfunction. Female middle-aged and older adults with normal masticatory function consumed higher amounts of fruits, eggs, legumes and their products, nuts, fish and shellfish, and meat than those with masticatory dysfunction (all $P < 0.05$). After adjusting for confounding factors including gender, age, educational attainment, place of residence, employment status, annual household income per capita, smoking status, alcohol consumption, total physical activity, presence of hypertension, presence of dyslipidaemia, body mass index, and intake of various food categories, the results from unconditional multivariable logistic regression analysis revealed that middle-aged and older adults with masticatory dysfunction exhibited a 28.8% higher likelihood of developing diabetes mellitus than those with normal masticatory function (*OR* = 1.288, 95%*CI*: 1.029–1.612). After stratification by gender, female middle-aged and older adults with masticatory dysfunction had a 39.8% higher likelihood of developing diabetes mellitus than those with normal masticatory function (*OR* = 1.398, 95%*CI*: 1.033–1.894). Mediating effect analysis revealed that fruit intake exerted a mediating effect on the relationship between masticatory function and diabetes mellitus prevalence in the entire cohort (ab = 0.005, $P = 0.032$) and among female middle-aged and older adults (ab = 0.006, $P = 0.018$). Legume and legume product intake also mediated the relationship between masticatory function and diabetes mellitus prevalence among female middle-aged and older adults (ab = 0.006, $P = 0.045$). **Conclusions** Masticatory dysfunction in middle-aged and older adults is associated with an increased likelihood of diabetes mellitus, with fruit intake serving as an important mediating factor.

【Keywords】 masticatory function; diabetes mellitus; relationship; dietary factors; mediating effect; middle-aged and older adults

糖尿病是全球范围内重要的公共卫生问题，其患病率逐年上升，已成为威胁人类健康的主要慢性病之一[1]。据统计，全球 20～79 岁人群糖尿病患病率已从 2000 年的 4.6% 上升至 2021 年的 10.5%[2]，而中国成年人群患病率从 2002 年的 2.7% 快速跃升至 2018—2019 年的 11.9%～12.4%，增速更为显著[3]。值得注意的是，我国糖尿病流行呈显著的老龄化特征，2018—2019 年中国慢性病及危险因素监测数据显示 60～69 岁人群糖尿病患病率达 23.9%，≥70 岁人群高达 27.3%，表明中老年人群是糖尿病防控的重点人群[4]。在糖尿病防控的多维策略中，口腔健康，特别是咀嚼功能日益受到重视，有研究表明因牙周病和牙齿脱落等原因导致的咀嚼障碍与糖尿病患病存在显著正相关关系[5–7]，其作用机制可能是因为咀嚼功能受损可影响食物消化吸收而干扰糖代谢[8]，还可能是因为咀嚼可能通过改变饮食结构间接影响血糖调控[9]。然而，目前相关研究证据主要来自国外，且缺乏对二者关联潜在中介机制的深入探讨。为了解中老年人群咀嚼功能与糖尿病患病的关系以及膳食因素在其中的中介作用，为口腔健康影响代谢疾病的机制研究以及糖尿病的早期干预提供参考依据，本研究收集 2022—2023 年“中国发展与营养健康影响队列调查”和“中国健康与营养调查”中黑龙江省、辽宁省、山东省、河南省、湖南省、湖北省、江苏省、陕西省、广西壮族自治区和贵州省 10 个地区具有完整人口经济学、咀嚼功能、食物摄入量、疾病史、体格测量和血生化检测数据的 2 509 名≥55 岁中老年人群的相关数据，应用多因素非条件 logistic 回归模型分析其咀嚼功能与糖尿病患病的关系，并应用中介效应模型检验不同种类食物摄入的中介效应。结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 资料来源 资料来源于国家财政项目“中国发展与营养健康影响队列调查”，该项目是在中美合作纵向追踪调查项目“中国健康与营养调查”基础上于 2022—2023 年在黑龙江省、辽宁省、山东省、河南省、湖南省、湖北省、江苏省、陕西省、广西壮族自治区和贵州省 10 个地区开展的第 12 轮调查，由于该轮调查仅调查了≥55 岁中老年人群的咀嚼功能，因此最终纳入具有完整人口学特征（性别、年龄、居住地）、社会经济地位指标（文化程度、工作状况、家庭人均年收入）、健康相关行为（吸烟情况、饮酒情况、总身体活动量）、咀嚼功能、食物摄入量、疾病史（是否高血压、血脂异常等）、体格测量和血生化检测数据的 2 509 名≥55 岁中老年人群的相关数据进行分析。

1.2 分析指标 （1）家庭人均年收入和总身体活动量根据三分位数分为低、中、高 3 组；吸烟指平均吸烟≥1 支/天[10]；饮酒指过去 1 年喝过酒[11]。（2）咀嚼功能的评估采用主观咀嚼功能自评量表[12]进行评估，该量表涉及馒头、烧饼、米饭、

肉类 4 种软性食物和不切丝的生黄瓜、生黄瓜之外的其他生蔬菜、苹果、坚果 4 种硬性食物共 8 种常见食物的咀嚼感受，每种食物均有 6 个不同程度咀嚼感受的选项，分别为“我觉得它很容易咀嚼”“有一点点困难，但是我已经适应”“有一点点困难，而且我不能适应”“我觉得咀嚼困难，但是不能不吃这种食物”“我觉得咀嚼很困难，但是不能不吃这种食物”和“我觉得咀嚼很困难，但是我可以不吃这种食物”，依次对应评分为 1～6 分，评分越高代表咀嚼困难程度越大；将 4 种软性或硬性食物作为一个组合判断，当软性或硬性食物组中每一种食物评分均为 1 分，则认为无软性或硬性食物咀嚼问题，当≥1 种食物的评分>1 分，则认为有软性或硬性食物咀嚼问题，软性和硬性食物均无咀嚼问题为咀嚼功能正常，仅硬性食物有咀嚼问题或软性和硬性食物均有咀嚼问题为咀嚼功能障碍。(3)食物摄入量评估首先采用 3 d 24 h 膳食回顾法[13–14] 收集研究对象在 2 个工作日和 1 个休息日消费的所有食物信息，包括食物名称、摄入量等，并结合家庭称重记账法[15] 称量调查期间家庭烹调油及调味品使用情况，按家庭成员摄入能量比例将食用油和调味品消费量分配到每个家庭成员；然后按照《中国食物成分表》[16] 将膳食调查数据中的各种食物分组，计算平均每人每日各类食物、能量和营养素的摄入量。(4)高血压和血脂异常等疾病史由调查对象自报其曾在医疗机构确诊患有该种疾病的情况。(5)体格测量由经过统一培训且考核合格的测量人员按照标准测量方法测量身高和体重，并计算体质指数=体重(kg)/[身高(m)]^2。(6)血生化指标检测由专业护士采集调查对象空腹静脉血测量空腹血糖和糖化血红蛋白，根据《中国糖尿病防治指南(2024 版)》诊断标准，空腹血糖≥7.0 mmol/L 或糖化血红蛋白≥6.5% 定义为患 2 型糖尿病[17]。此外，根据问卷调查收集的疾病史信息，自我报告有糖尿病史或目前正在服用降糖药或注射胰岛素者也判定为患 2 型糖尿病。本研究经中国疾病预防控制中心营养与健康所伦理委员会审查批准(批号：NO.2022–024)，且所有调查对象在正式调查前均签署了知情同意书。

1.3　统计分析　应用 SAS 9.4 软件进行数据清理和统计分析。定性变量采用 n 和 % 进行描述，组间比较采用 χ^2 检验；定量变量采用 $M(IQR)$ 表示，组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。应用多因素非条件 logistic 回归模型分析咀嚼功能和糖尿病患病的关系，计算 OR 值及其 95%CI。采用 Mplus 7.4 软件进行基于偏差校正的非参数百分位 Bootstrap 法(重复抽样 2 000 次)检验不同种类食物摄入量(M，连续性变量)在咀嚼功能(X)与糖尿病(Y)关联中的中介效应，并校正上述协变量，计算直接效应(c')、间接(中介)效应(ab)和总效应(c)的标准化估计值及其 95%CI，若系数乘积 ab 的 95%CI 不包含 0 则中介效应存在[18]。检验水准为双侧检验 a=0.05。

2 结　果

2.1　中老年人群基本特征(表 1)　纳入的 2 509 名中老年人群中，男性 1 145 人(45.64%)，女性 1 364 人(54.36%)；全人群、男性和女性中老年人群的基本特征分布见表 1。

表 1　中老年人群基本特征分布情况

Table 1　Distribution of basic characteristics in the middle-aged and older adults

基本特征	分类	全人群(n=2 509)		男性(n=1 145)		女性(n=1 364)	
		人数	构成比/%	人数	构成比/%	人数	构成比/%
年龄/岁	55～64	1 229	48.98	554	48.38	675	49.49
	≥65	1 280	51.02	591	51.62	689	50.51
文化程度	小学及以下	1 017	40.53	348	30.39	669	49.05
	初中	915	36.47	471	41.14	444	32.55
	高中及以上	577	23.00	326	28.47	251	18.40
居住地	城市	702	27.98	315	27.51	387	28.37
	农村	1 807	72.02	830	72.49	977	71.63
工作状况	无	1 841	73.38	715	62.45	1 126	82.55
	有	668	26.62	430	37.55	238	17.45
家庭人均年收入	低	836	33.33	369	32.23	467	34.24
	中	837	33.34	390	34.06	447	32.77
	高	836	33.33	386	33.71	450	32.99
吸烟情况	不吸烟	1 968	78.44	642	56.61	1 326	97.21
	吸烟	541	21.56	503	43.39	38	2.79

续表 1
Table 1 Continued

基本特征	分类	全人群（*n*=2 509）		男性（*n*=1 145）		女性（*n*=1 364）	
		人数	构成比/%	人数	构成比/%	人数	构成比/%
饮酒情况	不饮酒	1 804	71.90	536	46.81	1 268	92.96
	饮酒	705	28.10	609	53.19	96	7.04
总身体活动量	低	832	33.16	395	34.50	437	32.04
	中	840	33.48	321	28.03	519	38.05
	高	837	33.36	429	37.47	408	29.91
咀嚼功能	正常	1 704	67.92	819	71.53	885	64.88
	障碍	805	32.08	326	28.47	479	35.12
高血压	否	1 678	66.88	767	71.97	911	66.79
	是	831	33.12	378	28.03	453	33.21
血脂异常	否	2 341	93.30	1 075	93.89	1 266	92.82
	是	168	6.70	70	6.11	98	7.18
体质指数/(kg/m²)	<24.0	1 075	42.85	505	44.10	570	41.79
	24.0～27.9	1 043	41.57	482	42.10	561	41.13
	≥28.0	391	15.58	158	13.80	233	17.08

2.2 中老年人群糖尿病患病情况（表 2） 纳入分析的 2 509 名中老年人群中，患糖尿病者 516 例，糖尿病患病率为 20.57%；1 145 名男性中老年人群中，患糖尿病者 250 例，糖尿病患病率为 21.83%；1 364 名女性中老年人群中，患糖尿病者 266 例，糖尿病患病率为 19.50%。不同特征全人群比较，不同年龄、居住地、工作状况、家庭人均年收入、总身体活动量、咀嚼功能、体质指数及是否高血压、血脂异常分组组间糖尿病患病率不同（均 $P<0.05$）；不同特征男性人群比较，不同居住地、工作状况、家庭人均年收入、总身体活动量、体质指数以及是否高血压、血脂异常分组组间糖尿病患病率不同（均 $P<0.05$）；不同特征女性人群比较，不同年龄、居住地、工作状况、总身体活动量、咀嚼功能、体质指数以及是否高血压、血脂异常分组组间糖尿病患病率不同（均 $P<0.05$）。

表 2 不同特征中老年人群糖尿病患病情况比较
Table 2 Comparison of diabetes mellitus prevalence among middle-aged and older adults with different characteristics

特征	分类	全人群			男性			女性		
		调查人数	患病例数	患病率/%	调查人数	患病例数	患病率/%	调查人数	患病例数	患病率/%
年龄/岁	55～64	1 229	223	18.14	554	118	21.30	675	105	15.56
	≥65	1 280	293	22.89 [b]	591	112	18.95	689	161	23.37 [c]
文化程度	小学及以下	1 017	208	20.45	348	64	18.39	669	144	21.52
	初中	915	179	19.56	471	101	21.44	444	78	17.57
	高中及以上	577	129	22.36	326	85	26.07	251	44	17.53
居住地	城市	702	177	25.21	315	87	27.62	387	90	23.26
	农村	1 807	339	18.76 [c]	830	163	19.64 [b]	977	176	18.01 [a]
工作状况	无	1 841	406	22.05	715	173	24.20	1 126	233	20.69
	有	668	110	16.47 [b]	430	77	17.91 [a]	238	33	13.87 [a]
家庭人均年收入	低	836	151	18.06	369	66	17.89	467	85	18.20
	中	837	149	17.80	390	64	16.41	447	85	19.02
	高	836	216	25.84 [c]	386	120	31.09 [c]	450	96	21.33
吸烟情况	不吸烟	1 968	410	20.83	642	151	23.52	1 326	259	19.53
	吸烟	541	106	19.59	503	99	19.68	38	7	18.42
饮酒情况	不饮酒	1 804	373	20.68	536	123	22.95	1 268	250	19.72
	饮酒	705	143	20.28	609	127	20.85	96	16	16.67

续表 2
Table 2 Continued

特征	分类	全人群			男性			女性		
		调查人数	患病例数	患病率/%	调查人数	患病例数	患病率/%	调查人数	患病例数	患病率/%
总身体活动量	低	832	206	24.76	395	106	26.84	437	100	22.88
	中	840	172	20.48	321	69	21.50	519	103	19.85
	高	837	138	16.49 c	429	75	17.48 b	408	63	15.44 b
咀嚼功能	正常	1 704	329	19.31	819	177	21.61	885	152	17.18
	障碍	805	187	23.23 a	326	73	22.39	479	114	23.80 b
高血压	否	1 678	261	15.55	767	138	17.99	911	123	13.50
	是	831	255	30.69 c	378	112	29.63 c	453	143	31.57 c
血脂异常	否	2 341	444	18.97	1 075	221	20.56	1 266	223	17.61
	是	168	72	42.86 c	70	29	41.43 c	98	43	43.88 c
体质指数/(kg/m²)	<24.0	1 075	178	16.56	505	81	16.04	570	97	17.02
	24.0～27.9	1 043	221	21.19	482	119	24.69	561	102	18.18
	≥28.0	391	117	29.92 c	158	50	31.65 c	233	67	28.76 c

注：各组内比较，a P<0.05；b P<0.01；c P<0.001。

2.3　不同咀嚼功能组中老年人群各类食物摄入量（表 3）　不同咀嚼功能中老年人群比较，全人群中咀嚼功能正常中老年人群其他谷物和杂豆、薯类、蔬菜、水果、蛋类、豆类及其制品、坚果、鱼虾类、畜类和烹调油的摄入量分布均高于咀嚼功能障碍中老年人群，男性咀嚼功能正常中老年人群其他谷物和杂豆、薯类、水果、畜类和烹调油的摄入量分布均高于咀嚼功能障碍中老年人群，女性咀嚼功能正常中老年人群水果、蛋类、豆类及其制品、坚果、鱼虾类和畜类的摄入量分布均高于咀嚼功能障碍中老年人群，差异均有统计学意义（均 P<0.05）。

表 3　不同咀嚼功能组中老年人群各类食物摄入量/[g/d，M(IQR)]
Table 3　Daily food intake of middle-aged and older adults by different masticatory functions

食物种类	全人群		男性		女性	
	咀嚼功能障碍组	咀嚼功能正常组	咀嚼功能障碍组	咀嚼功能正常组	咀嚼功能障碍组	咀嚼功能正常组
米类	176.67(181.67)	166.67(200.00)	200.00(193.34)	183.33(220.00)	166.67(176.67)	150.00(176.66)
面类	99.99(150.00)	100.00(147.92)	100.00(159.10)	116.67(165.71)	90.00(133.34)	90.00(133.00)
其他谷物杂豆	0.00(36.67)	0.00(51.75) a	0.00(28.47)	0.00(50.00) a	0.00(46.67)	1.67(53.84)
薯类	0.00(50.00)	12.27(56.40) a	0.00(50.00)	6.67(55.56) a	0.00(50.00)	14.00(56.52)
蔬菜	213.33(176.90)	225.17(196.05) a	222.40(183.23)	236.67(207.95)	206.67(168.14)	214.16(187.72)
水果	0.00(44.50)	0.00(76.14) a	0.00(33.34)	0.00(64.62) a	0.00(55.00)	0.00(86.67) a
奶类及其制品	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
蛋类	28.57(58.67)	33.34(50.00) a	30.33(60.00)	30.33(53.07)	26.67(56.67)	33.34(46.67) a
豆类及其制品	0.00(9.97)	2.24(15.38) a	0.00(11.59)	0.00(15.38)	0.00(9.44)	2.46(15.38) a
坚果	0.00(0.00)	0.00(0.00) a	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00) a
鱼虾类	0.00(29.00)	0.00(36.00) a	0.00(33.33)	0.00(41.67)	0.00(26.67)	0.00(33.33) a
畜类	50.00(93.33)	63.33(93.34) a	60.00(95.48)	70.00(91.67) a	50.00(88.50)	53.33(83.34) a
禽类	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
烹调油	32.67(33.51)	36.01(36.77) a	35.01(33.77)	39.04(39.19) a	30.54(32.89)	33.33(33.08)
烹调盐	6.86(6.50)	7.13(6.08)	7.63(6.71)	7.58(6.51)	6.41(6.69)	6.67(5.66)

注：同人群不同咀嚼功能组比较，a P<0.05。

2.4　中老年人群咀嚼功能与糖尿病患病关系　在调整了性别、年龄、文化程度、居住地、工作状况、家庭人均年收入、吸烟情况、饮酒情况、总身体活动量、是否高血压、是否血脂异常、体质指数和各类食物摄入量等混杂因素后，多因素非条件 logistic 回归分析结果显示，咀嚼功能障碍中老

年人群患糖尿病的可能性较咀嚼功能正常中老年人群高 28.8%（*OR*=1.288，95%*CI*=1.029～1.612）。按性别进行分层，在调整了、年龄、文化程度、居住地、工作状况、家庭人均年收入、吸烟情况、饮酒情况、总身体活动量、是否高血压、是否血脂异常、体质指数和各类食物摄入量等混杂因素后，咀嚼功能障碍中老年女性患糖尿病的可能性较咀嚼功能正常中老年女性高 39.8%（*OR*=1.398，95%*CI*=1.033～1.894）。

2.5 膳食因素在咀嚼功能与糖尿病患病关系间的中介效应 中介效应分析结果显示，水果摄入量在全人群（ab=0.005，*P*=0.032）和女性（ab=0.006，*P*=0.018）中老年人群咀嚼功能与糖尿病患病关系中具有显著中介效应，中介占比分别为 8.50% 和 6.90%；豆类及其制品摄入量在女性中老年人群咀嚼功能与糖尿病患病关系中亦具有显著中介作用（ab=0.006，*P*=0.045），中介占比为 6.82%。

3 讨 论

本研究基于 2022—2023 年中国 10 个地区调查数据分析≥55 岁中老年人群咀嚼功能与糖尿病患病之间的关系以及膳食因素在其中的中介效应，结果显示，中老年人群中有咀嚼障碍者比例为 32.08%，其中，男性和女性中老年人群中有咀嚼障碍者比例分别为 28.47% 和 35.12%。韩国老龄化纵向研究 2006—2020 年数据显示，≥60 岁人群咀嚼障碍检出率为 36.80%，其中男性和女性人群检出率分别为 35.58% 和 38.21%[19]；加拿大老龄化纵向研究 2011—2015 年数据显示，45～85 岁人群咀嚼障碍检出率为 8.0%[20]。本研究结果与其他国家之间存在的差异可能与研究对象的特征、种族、生活习惯和调查方法等不同有关。咀嚼功能是影响糖代谢的重要因素，既往研究表明咀嚼障碍可能增加糖尿病患病风险[21]，本研究多因素非条件 logistic 回归分析亦发现≥55 岁中老年人咀嚼障碍使糖尿病患病可能性升高 28.8%（*OR*=1.288，95%*CI*=1.029～1.612），且存在显著性别差异——女性群体增幅达 39.8%（*OR*=1.398，95%*CI*=1.033～1.894），而男性未发现显著关联。中介效应分析结果显示，食物摄入介导了咀嚼功能与糖尿病患病的关联，水果（全人群或女性）和豆类及其制品（女性）摄入量减少可能是咀嚼障碍增加糖尿病可能性的作用途径之一。提示改善中老年人口腔功能及优化膳食结构是预防糖尿病的潜在干预手段，但我国仍缺乏充足的研究证据，尤其是队列研究和干预试验。

2021 年日本的一项横断面研究结果显示，较好的咀嚼功能与较低的糖尿病患病可能性显著相关（*OR*=0.976，95%*CI*=0.960～0.992）[22]；2023 年日本随访 5 年的前瞻性队列研究亦发现，咀嚼功能持续恶化者糖尿病发病的可能性显著升高（*OR*=8.69，95%*CI*=1.98～38.22）[23]。尽管本研究与上述研究评估咀嚼功能的方式存在差异，但研究结果一致，均表明咀嚼功能障碍是中老年人群患糖尿病的危险因素。关于咀嚼功能影响糖尿病患病的潜在机制，现有研究主要支持两个方面：一是内分泌调节途径。咀嚼行为可通过多重生理机制影响糖代谢。首先，充分的机械性咀嚼能够显著增加食物颗粒的表面积，促进消化酶的作用效率，从而刺激胰腺迅速分泌胰岛素以降低血糖水平[24]。其次，咀嚼过程可刺激肠道释放关键的肠促胰岛素，特别是胰高血糖素样肽–1，在调节血糖水平和代谢中发挥着重要作用[25–26]，我国的一项干预试验发现，无论是正常体重或者肥胖的成年受试者，咀嚼 40 次与咀嚼 15 次相比能导致较低的能量摄入和餐后较高的胰高血糖素样肽–1 浓度[27]；与此同时，我国另一项干预试验研究结果显示，12 名健康且非肥胖的成年男性志愿者空腹 12 h 后以 80 次/2 分钟的频率咀嚼无糖口香糖，在试验进行到 30 min 时，试验组血液胰高血糖素样肽–1 水平 [（49.6±20.3）pmol/L] 显著高于对照组 [（38.9±20.9）pmol/L][28]，这些研究结果均表明咀嚼行为对糖代谢调控具有重要影响。二是膳食营养途径。咀嚼功能与营养状况密切相关，咀嚼障碍者往往会避免摄入不易咀嚼的食物，如水果、蔬菜、坚果和肉类产品[29]。本研究也发现咀嚼障碍者其他谷物和杂豆、薯类、蔬菜、水果、蛋类、豆类及其制品、坚果、鱼虾类、畜类摄入量均低于咀嚼功能正常者。一项针对 75～80 岁老年人的 5 年前瞻性队列研究发现，牙列缺损者蛋白质、膳食纤维及多种微量营养素（包括钠、钾、钙、维生素 A 和 E）摄入量均呈显著下降趋势（均 *P*<0.05）[30]；日本成年男性工人的横断面研究亦发现，咀嚼障碍者钙、维生素 D、维生素 B_2 等矿物质和维生素的摄入量显著低于咀嚼正常者，而添加糖的摄入量则高于咀嚼正常组（均 *P*<0.05）[31]。此外，膳食结构作为可调节因素，对糖尿病发生发展具有显著影响[17]。国内一项研究发现，较高的总水果和蔬菜摄入量（250～349 g/d）可以显著降低糖尿病患者的心脑血管死亡风险[32]；一项基于 60 项研究（含 42 项观察性研究和 18 项随机对照试验）的 meta 分析结果显示，增加全谷物、低脂乳制品、酸奶、橄榄油、膳食纤维或镁的摄入可以显著降低糖尿病的风险；而红肉、加工肉类以及糖或人工甜味剂饮料的高摄入会显著增加糖尿病的风险[33]。德国的一项基于前瞻性队列研究的

综述总结了饮食与 2 型糖尿病患者全因死亡率的证据，发现较高的鱼类、全谷物、膳食纤维和 n-3 多不饱和脂肪酸摄入量与全因死亡率均呈负相关[34]。以上研究结果均提示咀嚼障碍可能通过改变膳食摄入状况而影响糖尿病的发生。

本研究进一步通过中介效应分析发现，全人群或女性中老年人咀嚼障碍通过减少水果的摄入量从而增加糖尿病患病可能性，与既往研究[35]结果相似。首先，在咀嚼功能与水果摄入的关联方面，丹麦的一项横断面研究显示，65～95 岁人群中全口无牙/全口义齿佩戴者的水果摄入量显著低于有自然牙/非义齿佩戴者或局部义齿佩戴者[36]；类似地，我国一项横断面研究亦发现，≥75 岁人群咀嚼功能与水果摄入量呈显著负相关（P=0.001）[37]。在水果摄入与糖尿病风险的关联层面，基于 2008—2013 年和 2015—2019 年广州营养健康队列以及 2015 年和 2016 年广东肠道菌群计划的队列研究均发现，水果–肠道菌群指数与水果的摄入量呈正相关，且与 2 型糖尿病患病可能性呈负相关，该研究建议增加水果摄入以预防糖尿病[38]。另一项纳入 19 项随机对照试验的 meta 分析亦发现增加水果摄入量可以显著降低空腹血糖浓度（MD= −8.38，95%CI= −12.34～−4.43）[39]。上述研究结果均支持了本研究中发现的“咀嚼功能—水果摄入—糖尿病患病可能性”这一潜在作用路径的科学性。

按照性别分层，女性中老年人群咀嚼障碍显著增加糖尿病患病的可能性，而在男性中老年人群中却未发现此种关联，这可能与绝经后女性体内雌激素水平降低有关。研究表明，雌激素可通过调控胰岛素信号通路和抑制肝脏糖异生来维持糖代谢稳态[40]。当雌激素水平下降时，这种保护作用减弱，可能放大咀嚼功能障碍对代谢的不良影响。此外，绝经后女性牙周炎患病率显著升高[41]，而牙周炎与糖尿病存在双向关联[42]，这可能进一步解释了咀嚼功能与糖尿病的性别差异。此外，在女性中，除了水果，豆类及其制品的摄入量也介导了咀嚼功能与糖尿病的关联。这可能与豆类所含的植物化学物密切相关：其一，豆类富含植物雌激素（如大豆异黄酮），其分子结构与内源性雌激素相似，可能通过雌激素受体途径部分代偿绝经后女性雌激素缺乏状态，进而改善糖代谢功能；其二，豆类所含的生物活性肽具有抑制 α-淀粉酶和葡萄糖苷酶活性的作用，可有效延缓碳水化合物的消化吸收过程，从而调节餐后血糖反应[43]。这些结果提示改善绝经后女性的咀嚼功能并增加水果和豆类摄入可能是预防糖尿病的有效策略。

综上所述，咀嚼功能障碍可显著增加我国≥55 岁中老年人群糖尿病患病的可能性，尤其是女性，且水果和豆类摄入量的不足介导了两者间的关联，这为我国具有咀嚼障碍的中老年高危人群预防糖尿病提供了新思路，即改善口腔健康和咀嚼能力、建立平衡膳食可能是糖尿病的有效干预手段。但本研究仍具有一定的局限性：首先，本研究基于横断面数据无法明确咀嚼功能与糖尿病之间的因果关系；其次，采用自评量表评估咀嚼功能可能导致咀嚼障碍的判定存在一定的不准确性；最后，本研究未考虑牙齿缺失、有无义齿、口腔疾病等口腔健康问题、遗传等混杂因素，可能影响效应估计的准确性。因此，未来应该开展前瞻性队列研究以明确咀嚼功能与糖尿病之间的因果关系，并通过临床口腔检查结合客观膳食评估等方法提高测量准确性，同时纳入更多口腔健康指标及遗传等混杂因素以完善效应估计。

数据可用性声明　本研究的数据来源于对人类受试者的研究，涉及个人敏感信息。在进行研究之前，研究团队已按照国际伦理准则和国家相关法律法规的要求，向中国疾病预防控制中心营养与健康所伦理委员会提交了详细的研究方案并获批准。由于数据的敏感性以及保护参与者隐私的需要，无法公开提供原始数据。

参考文献

[1] GBD 2021 Diabetes Collaborators. Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. The Lancet, 2023, 402(10397): 203-234.

[2] Sun H, Saeedi P, Karuranga S, et al. IDF Diabetes Atlas: global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045[J]. Diabetes Research and Clinical Practice, 2022, 183: 109119.

[3] Jia W P, Chan J C, Wong T Y, et al. Diabetes in China: epidemiology, pathophysiology and multi-omics[J]. Nature Metabolism, 2025, 7(1): 16-34.

[4] Wang L M, Peng W, Zhao Z P, et al. Prevalence and treatment of diabetes in China, 2013–2018[J]. JAMA, 2021, 326(24): 2498-2506.

[5] Takeda M, Abe T, Toyama Y, et al. Combined association of oral and skeletal muscle health with type 2 diabetes mellitus among community-dwelling older adults in Japan: a cross-sectional study[J]. Journal of Rural Medicine, 2022, 17(2): 67-72.

[6] Da D X, Ge S Y, Zhang H, et al. Association of occlusal support with type 2 diabetes: a community-based study[J]. Frontiers in Endocrinology, 2022, 13: 934274.

[7] Su Y, Ye L L, Hu C, et al. Periodontitis as a promoting factor of T2D: current evidence and mechanisms[J]. International Journal of Oral Science, 2023, 15(1): 25.

[8] Madhu V, Shirali A, Pawaskar P N, et al. Mastication frequency and postprandial blood sugar levels in normoglycaemic and dysglycaemic individuals: a cross- sectional comparative study[J]. Journal of Clinical and Diagnostic Research, 2016, 10(7): OC06-OC08.

[9] Schwingshackl L, Hoffmann G, Lampousi A M, et al. Food groups and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis of prospective studies[J]. European Journal of Epidemiology, 2017, 32(5): 363-375.

[10] 赵健, 苏畅, 孙健, 等. 1991—2015 年中国 9 省份 18～64 岁男性吸烟状况与肥胖风险的关系 [J]. 中华流行病学杂志, 2021, 42(11):

1962-1968.
[11] Zhang Y G, Li Y, Zheng X B, et al. Association between alcohol consumption in midlife and cognitive function in old age: findings from the China health and Nutrition Survey[J]. Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 2021, 31(11): 3044-3053.
[12] Zhang Q, Witter D J, Bronkhorst E M, et al. Chewing ability in an urban and rural population over 40 years in Shandong Province, China[J]. Clinical Oral Investigations, 2013, 17(5): 1425-1435.
[13] 李佳玺, 房红芸, 公维一, 等. 2015 年中国≥65 岁老年人膳食摄入及慢性病共病流行现状 [J]. 中国公共卫生, 2025, 41(4): 443-451.
[14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 膳食调查方法 第 1 部分: 24 小时回顾法: WS/T 426.1-2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
[15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 膳食调查方法 第 2 部分: 称重法: WS/T 426.2—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
[16] 中国疾病预防控制中心营养与健康所. 中国食物成分表标准版 [M]. 6 版. 北京: 北京大学医学出版社, 2019.
[17] 中华医学会糖尿病学分会. 中国糖尿病防治指南 (2024 版)[J]. 中华糖尿病杂志, 2025, 17(1): 16-139.
[18] 刘梦冉, 王志宏, 王惠君, 等. 食物摄入对血糖水平影响的中介效应和调节效应研究 [J]. 中华流行病学杂志, 2024, 45(12): 1726-1735.
[19] Choi Y Y, Lee K H. Association between subjective masticatory function and mild cognitive impairment in older adults[J]. International Dental Journal, 2024, 74(3): 492-499.
[20] Haricharan P B, Feine J, Juwara L, et al. Chew on this: oral health is associated with cognitive function among Canadians enrolled in the Canadian longitudinal study on aging[J]. Journal of Dentistry, 2025, 157: 105720.
[21] Kosaka T, Yoshimuta Y, Kokubo Y, et al. Association between decreased occlusal support and diabetes mellitus diagnosed by the oral glucose tolerance test with and without periodontal disease: the Suita Study[J]. Journal of Prosthodontic Research, 2025, 69(3): 447-453.
[22] Abe T, Tominaga K, Ando Y, et al. Number of teeth and masticatory function are associated with sarcopenia and diabetes mellitus status among community-dwelling older adults: a Shimane CoHRE study[J]. PLoS One, 2021, 16(6): e0252625.
[23] Tominaga K, Abe T, Ando Y, et al. Changes in masticatory performance and the new onset of diabetes mellitus in older adults: a 5-year longitudinal study[J]. Diabetology International, 2023, 14(2): 165-171.
[24] Lu L W, Venn B, Lu J, et al. Effect of cold storage and reheating of parboiled rice on postprandial glycaemic response, satiety, palatability and chewed particle size distribution[J]. Nutrients, 2017, 9(5): 475.
[25] Chatonidi G, Dalile B, Verbeke K. More thorough mastication of bread may stimulate early-phase insulin release: preliminary associative results from a double-blind randomized controlled trial[J]. Proceedings, 2023, 91(1): 305.
[26] Kamemoto K, Tataka Y, Hiratsu A, et al. Effect of vegetable consumption with chewing on postprandial glucose metabolism in healthy young men: a randomised controlled study[J]. Scientific Reports, 2024, 14(1): 7557.
[27] 陈云霞, 司捷, 赵淑玲, 等. 咀嚼对不同糖耐量人群能量摄入和胃肠激素浓度的影响 [J]. 河北医科大学学报, 2017, 38(1): 79-86.
[28] Xu J P, Xiao X H, Li Y X, et al. The effect of gum chewing on blood GLP-1 concentration in fasted, healthy, non-obese men[J]. Endocrine, 2015, 50(1): 93-98.
[29] Mikami R, Komagamine Y, Aoyama N, et al. Association between occlusal supports and nutritional status in older adults: a systematic review[J]. Journal of Dental Sciences, 2024, 19(2): 813-827.
[30] Iwasaki M, Yoshihara A, Ogawa H, et al. Longitudinal association of dentition status with dietary intake in Japanese adults aged 75 to 80 years[J]. Journal of Oral Rehabilitation, 2016, 43(10): 737-744.
[31] Kawashima Bori F, Fukuhara M, Masaki C, et al. The relationship between masticatory performance and intakes of foods and nutrients in Japanese male workers: a cross-sectional study[J]. Journal of Oral Rehabilitation, 2020, 47(9): 1142-1149.
[32] 王赛怡, 孙中明, 文进博, 等. 2 型糖尿病患者水果和蔬菜摄入量与全死因及心脑血管死亡关系 [J]. 中国公共卫生, 2023, 39(8): 1013-1017.
[33] Toi P L, Anothaisintawee T, Chaikledkaew U, et al. Preventive role of diet interventions and dietary factors in type 2 diabetes mellitus: an umbrella review[J]. Nutrients, 2020, 12(9): 2722.
[34] Barbaresko J, Lang A, Szczerba E, et al. Dietary factors and all-cause mortality in individuals with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of prospective observational studies[J]. Diabetes Care, 2023, 46(2): 469-477.
[35] Seino Y, Iizuka K, Suzuki A. Eating whole fruit, not drinking fruit juice, may reduce the risk of type 2 diabetes mellitus[J]. Journal of Diabetes Investigation, 2021, 12(10): 1759-1761.
[36] Pedersen A M L, Dynesen A W, Heitmann B L. Older age, smoking, tooth loss and denture-wearing but neither xerostomia nor salivary gland hypofunction are associated with low intakes of fruit and vegetables in older Danish adults[J]. Journal of Nutritional Science, 2021, 10: e47.
[37] Wu X Q, Xu Y Q, Liu Y J, et al. Relationships between oral function, dietary intake and nutritional status in older adults aged 75 years and above: a cross-sectional study[J]. BMC Public Health, 2024, 24(1): 1465.
[38] Jiang Z L, Sun T Y, He Y, et al. Dietary fruit and vegetable intake, gut microbiota, and type 2 diabetes: results from two large human cohort studies[J]. BMC Medicine, 2020, 18(1): 371.
[39] Ren Y, Sun S, Su Y W, et al. Effect of fruit on glucose control in diabetes mellitus: a meta-analysis of nineteen randomized controlled trials[J]. Frontiers in Endocrinology, 2023, 14: 1174545.
[40] 蒋倩倩. 雌激素替代疗法对绝经后女性 2 型糖尿病患者代谢的影响 [J]. 医学理论与实践, 2021, 34(14): 2471-2473.
[41] Park K Y, Kim M H, Choi S H, et al. Association of periodontitis with menopause and hormone replacement therapy: a hospital cohort study using a common data model[J]. Journal of Periodontal and Implant Science, 2023, 53(3): 184-193.
[42] Wu C Z, Yuan Y H, Liu H H, et al. Epidemiologic relationship between periodontitis and type 2 diabetes mellitus[J]. BMC Oral Health, 2020, 20(1): 204.
[43] Grdeń P, Jakubczyk A. Health benefits of legume seeds[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2023, 103(11): 5213-5220.