· 健康与社会行为 ·

中国老年人身体圆度指数轨迹与不同类型日常生活活动能力的关联研究

张晓轩[1],唐健翔[1],王梓璇[2],赵星[1],郭冰[1]

1. 四川大学华西公共卫生学院/华西第四医院流行病与卫生统计学系,四川 成都 610041;2. 四川省疾病预防控制中心信息所

摘要:目的 探究中国老年人身体圆度指数(BRI)轨迹与日常生活活动能力(ADL)受损之间的关系。**方法** 基于中国健康与养老追踪调查(CHARLS)数据,纳入 2011 年、2013 年和 2015 年三次测量的 BRI 数据,采用潜类别增长混合效应模型识别 BRI 纵向轨迹。ADL 受损基于 2017 年第四轮调查评估,采用多因素 logistic 回归模型评估 BRI 轨迹与基本日常生活活动能力(BADL)和工具性日常生活活动能力(IADL)受损的关系。亚组分析用于探索不同子人群中 BRI 轨迹和功能受损间的关联。**结果** 共纳入 3 157 名 60 岁及以上的老年人,最终识别出两类 BRI 轨迹:低稳定组(87.6%)和高稳定组(12.4%)。调整混杂后,与 BRI 轨迹低稳定组相比,高稳定组 BADL 受损风险显著增加(*OR* = 1.82,95% *CI*: 1.11 ~ 2.96);IADL 受损风险呈正向关联,但未达统计学显著性(*OR* = 1.21,95% *CI*: 0.89 ~ 1.66)。亚组分析未发现显著交互作用。**结论** 持续高水平的 BRI 轨迹是老年人 BADL 受损的危险因素。BRI 的纵向轨迹可作为功能衰退风险的预测指标,为老年人功能受损的早期识别和干预提供新视角。

关键词:身体圆度指数;日常生活活动能力;轨迹模型

中图分类号:R161.7 **文献标志码**:A **文章编号**:1003 - 8507(2026)04 - 720 - 07

DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202504445

Association between body roundness index trajectories and different types of activities of daily living in elderly Chinese adults

ZHANG Xiao - xuan*, TANG Jian - xiang, WANG Zi - xuan, ZHAO Xing, GUO Bing

** Sichuan University West China School of Public Health/West China Fourth Hospital Department of Epidemiology and Health Statistics, Chengdu, Sichuan* 610041, *China*

Abstract: Objective To examine the association between trajectories of body roundness index (BRI) and impaired activities of daily living (ADL) among older adults in China. **Methods** Data were obtained from the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS). BRI was measured in 2011, 2013, and 2015, and latent class growth mixture modeling was used to identify longitudinal BRI trajectories. ADL impairment was assessed based on the 2017 (Wave 4) survey. Multivariable logistic regression models were employed to evaluate the associations between BRI trajectories and impairments in basic (BADL) and instrumental (IADL) activities of daily living. Subgroup analyses were conducted to explore potential effect modifications by sex, age, and chronic disease status. **Results** A total of 3 157 individuals aged 60 years and above were included. Two distinct BRI trajectories were identified: low - stable group (87.6%) and high - stable group (12.4%). After adjusting for potential confounders, the high - stable group was significantly associated with BADL impairment (*OR* = 1.82, 95% *CI*: 1.11 - 2.96), while the association with IADL impairment was positive but not statistically significant (*OR* = 1.21, 95% *CI*: 0.89 - 1.66). No significant interactions were found in subgroup analyses. **Conclusion** A persistently high BRI trajectory is significantly associated with an increased risk of BADL impairment in older adults. Longitudinal BRI trajectories may serve as predictive indicators for functional decline, offering new insights for the early identification and intervention of functional impairment in aging populations.

Keywords: Body roundness index (BRI); Activities of daily living (ADL); Trajectory model

随着全球老龄化进程加速,预计至 2050 年,中国 65 岁及以上人口比例将升至 26%,规模达 3.66 亿[1],维持老年人群的独立生活能力已成为公共卫生领域的重要议题。基本日常生活活动能力(Basic Activities of Daily Living, BADL)和工具性日常生活活动能力(Instrumental Activities of Daily Living, IADL)

基金项目:四川省自然科学基金项目(2026NSFSC0594)

作者简介:张晓轩(2000—),女,硕士在读,研究方向:卫生统计方法与应用

通信作者:郭冰,E - mail:guobing0111@scu.edu.cn

是评估老年人功能状态的核心指标,活动能力衰退,不仅影响个体生活质量,更对社会医疗资源分配构成严峻挑战[2]。肥胖作为影响老年人功能健康的重要可干预因素[3],其准确评估对制定有效的干预策略至关重要。目前临床实践中主要采用体质指数(Body Mass Index,BMI)作为肥胖评估指标,但 BMI 存在无法区分脂肪分布与肌肉质量的固有局限,有研究提出身体圆度指数(Body Roundness Index, BRI)作为补充[4]。BRI 作为一种整合腰围和身高的新型人体测量指标,能更精准地反映中心性肥胖和体脂分布特征,相较于 BMI 可能对健康风险有更好的预测价值[5-6]。尽管已有研究证实肥胖与功能衰退相关,但多数研究仅关注 BMI 或腰围等单一指标[7-8],而关于 BRI 与日常生活活动能力(Activities of Daily Living, ADL)关联的证据较为有限。

值得注意的是,老年人的体型状况往往随年龄增长发生显著改变,而 BRI 的长期变化轨迹可能比单一测量值更能反映代谢累积损害对功能健康的影响。随着纵向数据分析方法的进步,已有研究关注 BRI 的动态变化轨迹与健康结局的关联,发现 BRI 轨迹与全因死亡率、心血管事件风险显著相关[9-10]。然而,现有研究主要聚焦于临床终点(如死亡率、心血管疾病),关于 BRI 轨迹如何影响老年人 ADL 功能的纵向研究仍十分有限,尤其缺乏基于大样本、长期随访的实证证据。

中国健康与养老追踪调查(China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS)是一项具有全国代表性的中老年人研究。因此,本研究旨在使用 CHARLS 数据探讨 BRI 轨迹与老年人 ADL 受损的关联,为老龄化社会的个体化健康管理策略及肥胖相关 ADL 功能受损的早期预防提供参考依据。

1　资料与方法

1.1　*研究对象*　本研究基于 CHARLS 2011 至 2017 年四轮调查数据。纳入标准为:四轮调查均有参与记录、具有三次有效的身体测量数据、年龄≥60 岁且 2017 年结局信息完整。排除在 2011 年、2013 年、2015 年前三轮调查中已存在 ADL 受损,或关键变量缺失者。最终,纳入分析的研究对象共 3 157 名,研究对象筛选流程详见图 1。

CHARLS 严格遵循伦理规范,调查程序已获得北京大学生物医学伦理委员会的审核批准(IRB00001052-11015),并征得每位受访者的知情同意。

1.2　*指标定义*　BRI 由 Thomas 等人[4]提出,用于反映个体内脏脂肪的积累情况,通过以下公式计算:$BRI = 364.2 - 365.5 \times \sqrt{1 - \frac{(WC/2\pi)^2}{(0.5 \times Height)^2}}$

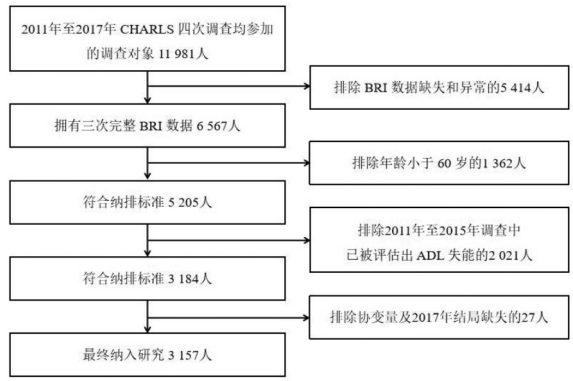


图 1　研究对象纳排流程图

Fig. 1　Flowchart of the enrollment process for study subjects

式中,WC 为腰围(单位:cm);Height 为身高(单位:cm)。

计算 BRI 所需的身高与腰围均由经过培训的专业人员按照标准化流程测量获得。身高测量时,受试者脱鞋直立在身高计上,头部正直,测量精确至 0.1 cm;腰围在最小呼气末,用无弹性软尺于肚脐水平围绕腹部一圈,测量精确至 0.1 cm。

ADL 是衡量个体日常自理能力的常用工具,根据 CHARLS 中的 ADL 量表进行评估。ADL 包括两个层次:基本日常生活活动能力(BADL):包括如厕、进食、穿衣、控制大小便、上下床和洗澡六项;工具性日常生活活动能力(IADL):包括做家务、做饭、购物、打电话、服药及管理钱财六项。每项活动的响应共分为四级:"没有困难"、"有困难但可独立完成"、"有困难需要协助完成"与"无法完成"。其中,前两项定义为该项功能正常,后两项定义为功能受损。若其中任一条目受损,则定义为相应的 BADL 或 IADL 功能受损。本研究中,BADL 和 IADL 量表的内部一致性良好,Cronbach α 系数分别为 0.81 和 0.77。

协变量包括年龄、性别、教育水平(文盲、小学、中学及以上)、婚姻状况(有配偶、无配偶)、自报健康状况(好、一般、差)、患慢性病种数(0 种、1 种、2 种及以上)、睡眠时间、吸烟状况、饮酒状况。

1.3　*统计分析*　潜在类别生长混合模型(Latent Class Growth Mixture Modeling,LCGMM)用于分析 BRI 的动态变化轨迹,以识别具有相似变化模式的亚组人群。建模过程,考虑以下关键要素:模型构建方面:采用线性、二次和三次多项式函数来描述 BRI 随时间的变化趋势,同时设置不同的固定效应和随机效应项,以准确捕捉类内和类间的变异特征[11]。对于个体 i 在时间 t 的 BRI 值 y_{it},其类内轨迹模型可表示为:

$$y_{it} = (\eta_{0k} + b_{0i}^{(k)}) + (\eta_{1k} + b_{1i}^{(k)}) \cdot t_{it} + (\eta_{2k} + b_{2i}^{(k)}) \cdot t_{it}^2 + \cdots \varepsilon_{it}$$

其中，η_{0k}，η_{1k}，$\eta_{2k}\cdots$为第 k 类的固定效应参数，$b_{0i}^{(k)}$，$b_{1i}^{(k)}\cdots$为个体 i 在该类中的随机效应，$\varepsilon_{it}\sim N(0,\sigma^2)$为误差项。

模型选择方面：基于综合标准进行评估[12]，包括：贝叶斯信息准则（Bayesian information criterions，BIC）的改善情况；每个轨迹亚组的样本比例≥5%；平均后验类成员概率≥0.70；轨迹图形模式的视觉区分度；临床可解释性。根据模型输出的轨迹图形特征，对不同轨迹的类别分配具有临床意义的标签，便于结果解释。

描述研究对象的基本特征时，分类变量以频数（百分比）描述，连续变量依正态性采用均数 ± 标准差或中位数（四分位数间距）表示。组间比较分别使用卡方检验、方差分析或 Kruskal – Wallis 检验。多因素 logistic 回归模型用于估计 BRI 轨迹与不同类型 ADL 受损之间的比值比（*ORs*）和 95% 置信区间（95% *CIs*），模型Ⅰ未经调整，模型Ⅱ调整性别和年龄，模型Ⅲ对所有协变量进行调整。此外，进行亚组分析，并采用似然比检验评估亚组间交互作用。双侧检验，检验水准 $\alpha=0.05$。

2 结 果

2.1 识别 BRI 潜在类别轨迹 根据轨迹建模的一般原则，结合既往文献和数据特征，尝试将人群划分为 1 ~ 5 类，并分别拟合线性、二次与三次时间项的多种模型。表 1 展示了模型拟合与分类结果，最终选择具有 2 个类别的二次模型用于后续分析：该模型的 BIC 值最低（25 692.06），平均后验概率大于 0.7，且人数分布合理。基于该模型识别出两类 BRI 轨迹，见图 1：第一类为低稳定组，其 BRI 水平始终较低，2011 年的平均 BRI 为 3.86，2013 年略升至 4.08，2015 年小幅下降至 3.95，整体呈轻微波动但相对稳定的趋势。第二类为高稳定组，BRI 始终处于较高水平，2011 年为 6.33，2013 年升至 6.72，2015 年基本维持在该水平。总体来看，两类轨迹均表现为 BRI 水平随时间推移保持相对稳定，且高稳定组在整个随访期间的 BRI 水平始终高于低稳定组。

表 1 潜类别增长混合模型的建模拟合结果

Table 1 Latent class growth mixture models（LCGMM）results of model fitting process

类别数	多项式次数	loglik	BIC	各类别人数比例（%）					各类别平均后验概率				
				class1	class2	class3	class4	class5	prob1	prob2	prob3	prob4	prob5
1 类	线性	–12 973.11	25 978.44	100.0									
	二次	–12 894.05	25 828.39	100.0									
	三次	–12 894.05	25 836.45	100.0									
2 类	线性	–12 889.35	25 835.11	87.5	12.5				0.93	0.77			
	二次	–12 809.77	25 692.06	87.6	12.4				0.93	0.77			
	三次	–12 809.77	25 708.18	87.6	12.4				0.93	0.77			
3 类	线性	–12 889.35	25 859.28	83.9	0.0	16.1			0.57	–	0.70		
	二次	–12 766.40	25 637.55	28.2	70.0	1.7			0.80	0.89	0.82		
	三次	–12 894.05	25 917.02	0.0	100.0	0.0			–	1.00	–		
4 类	线性	–12 889.35	25 883.45	80.9	0.0	0.0	19.1		0.40	–	–	0.64	
	二次	–12 746.37	25 629.72	46.8	39.8	11.9	1.5		0.86	0.76	0.78	0.83	
	三次	–12 713.36	25 595.93	0.0	98.3	1.7	0.0		–	1.00	0.89	–	
5 类	线性	–12 889.35	25 907.62	0.0	0.0	77.4	0.0	22.6	–	–	0.27	–	0.58
	二次	–12 543.52	25 256.25	12.2	85.2	0.0	0.8	1.8	0.73	0.78	–	0.84	0.87
	三次	–12 894.05	25 997.60	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	–	–	1.00	–	–

注：“ – ”表示缺失值，即该项在当前模型下无法估计。

2.2 基于 BRI 轨迹分组的基本特征 按 BRI 轨迹分组的研究对象基本特征见表 2。共纳入 3 157 名研究对象，男性占 55.5%，中位年龄为 69 岁。根据轨迹建模结果，87.6% 的参与者归为低稳定组，12.4% 归为高稳定组。两组在人口学特征、健康相关行为、慢性病情况及功能状态等方面存在显著差异。与低稳定组相比，高稳定组的女性比例、文盲比例、患有两种及以上慢性病的比例以及不吸烟不饮酒的比例更高，BRI 均值更大。且高稳定组 BADL 与 IADL 受损比例也相对较高，分别为 6.6% 和 17.1%（均 $P<0.01$）。

2.3 BRI 轨迹与 BADL 和 IADL 受损间的关联 表 3 显示了 BRI 轨迹类别与 BADL 和 IADL 受损之间的 logistic 回归结果。在 BADL 方面，与低稳定组相比，高稳定组人群的功能受损风险在三个模型中均显著升高：模型Ⅰ $OR=2.12$，95% *CI*：1.35 ~ 3.32；模型Ⅱ $OR=1.95$，95% *CI*：1.20 ~ 3.15；模型Ⅲ $OR=1.82$，95% *CI*：1.11 ~ 2.96，显示出稳健的关联趋势。相比之下，在 IADL 方面，仅模型Ⅰ中观察到显著关联（$OR=1.51$，95% *CI*：1.13 ~ 2.01，$P=0.005$），但在进一步调整协变量的模型Ⅱ和模型Ⅲ中，关联减弱且不再具

表 2　基于 BRI 轨迹类别分组的研究人群特征

Table 2　Characteristics of the study population based on BRI trajectory categories

变量	BRI 轨迹分组			
	总人群	低稳定组	高稳定组	*P* 值
人数	3 157	2 766	391	
年龄(岁)[$M(P_{25},P_{75})$]	69.0(65.0,74.0)	69.0(65.0,74.0)	69.0(65.0,74.0)	0.363
年龄分组[岁,n(%)]				0.409
60 ~ 69	1 702(53.9)	1 499(54.2)	203(51.9)	
70 ~ 79	1 159(36.7)	1 004(36.3)	155(39.6)	
≥80	296(9.4)	263(9.5)	33(8.4)	
性别[n(%)]				<0.001
男性	1 752(55.5)	1 662(60.1)	90(23.0)	
女性	1 405(44.5)	1 104(39.9)	301(77.0)	
教育水平[n(%)]				<0.001
文盲	633(20.1)	521(18.8)	112(28.6)	
小学	1 493(47.3)	1 312(47.4)	181(46.3)	
中学及以上	1 031(32.7)	933(33.7)	98(25.1)	
婚姻状况[n(%)]				0.454
单身(包括未婚、离异)	333(10.5)	287(10.4)	46(11.8)	
已婚	2 824(89.5)	2 479(89.6)	345(88.2)	
自报健康状况[n(%)]				0.235
好	271(8.6)	244(8.8)	27(6.9)	
一般	2 216(70.2)	1 945(70.3)	271(69.3)	
差	670(21.2)	577(20.9)	93(23.8)	
患慢病数量[种,n(%)]				<0.001
0	1 071(33.9)	973(35.2)	98(25.1)	
1	998(31.6)	887(32.1)	111(28.4)	
≥2	1 088(34.5)	906(32.8)	182(46.5)	
睡眠时间(h,$\bar{x} \pm s$)	6.42 ± 1.76	6.44 ± 1.76	6.28 ± 1.82	0.099
吸烟[n(%)]				<0.001
是	1 430(45.3)	1 352(48.9)	78(19.9)	
否	1 727(54.7)	1 414(51.1)	313(80.1)	
饮酒[n(%)]				<0.001
是	1 144(36.2)	1 077(38.9)	67(17.1)	
否	2 013(63.8)	1 689(61.1)	324(82.9)	
三次测量 BRI 均值[$M(P_{25},P_{75})$]	4.14(3.34,5.08)	3.94(3.23,4.70)	6.38(6.06,6.97)	<0.001
BADL[n(%)]				0.001
正常	3 041(96.3)	2 676(96.7)	365(93.4)	
受损	116(3.7)	90(3.3)	26(6.6)	
IADL[n(%)]				0.006
正常	2 756(87.3)	2 432(87.9)	324(82.9)	
受损	401(12.7)	334(12.1)	67(17.1)	

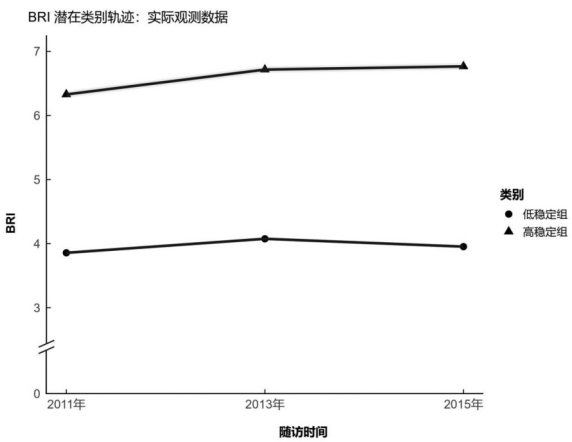


图 2　BRI 2011 至 2015 年两类 BRI 轨迹的变化趋势

Fig. 2　Trends of two types of BRI trajectories from 2011 to 2015

有统计学显著性,提示混杂因素可能解释了最初的关联。

2.4　*亚组分析*　为探讨 BRI 轨迹与 ADL 受损关联在不同人群中的一致性,进一步开展了亚组分析。结果显示,高稳定 BRI 轨迹在各亚组中与 BADL 受损风险总体呈一致正向关联,部分亚组关联更强,但交互作用均不显著;IADL 分析中关联相对较弱,显著性仅见于无慢性病亚组,亦未发现显著交互作用,详见表 4。

3　讨　论

本研究基于 3 157 名中国老年人的全国代表性样本,采用潜类别轨迹模型识别出两类 BRI 轨迹:低稳定和高稳定 BRI 轨迹。结果表明,BRI 的纵向轨迹

表 3 BRI 轨迹与 BADL 和 IADL 受损关联的 logistic 回归分析

Table 3 Logistic regression analysis of the association between BRI trajectories and disability in BADL and IADL

回归模型		BADL		IADL	
		OR(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值
模型Ⅰ					
BRI 轨迹类别	低稳定组	1.00(Ref)		1.00(Ref)	
	高稳定组	2.12(1.35 ~ 3.32)	0.001	1.51(1.13 ~ 2.01)	0.005
模型Ⅱ					
BRI 轨迹类别	低稳定组	1.00(Ref)		1.00(Ref)	
	高稳定组	1.95(1.20 ~ 3.15)	0.007	1.25(0.92 ~ 1.70)	0.148
模型Ⅲ					
BRI 轨迹类别	低稳定组	1.00(Ref)		1.00(Ref)	
	高稳定组	1.82(1.11 ~ 2.96)	0.017	1.21(0.89 ~ 1.66)	0.229

注:模型Ⅰ为粗模型,模型Ⅱ调整年龄和性别,模型Ⅲ进一步调整人口学变量、健康相关行为和健康状况等混杂因素。

表 4 BRI 轨迹分组与 BADL 和 IADL 受损之间关联的亚组分析

Table 4 Subgroup analysis of the association between BRI trajectory groups and impairment in BADL and IADL

亚组	BADL[*OR*(95% *CI*)]		*P* 值	$P_{交互}$	IADL[*OR*(95% *CI*)]		*P* 值	$P_{交互}$
	低稳定轨迹	高稳定轨迹			低稳定轨迹	高稳定轨迹		
年龄分组(岁)				0.147				0.946
60 ~ 69	1.00(Ref)	2.09(0.88 ~ 4.58)	0.078		1.00(Ref)	1.34(0.81 ~ 2.14)	0.243	
70 ~ 79	1.00(Ref)	2.41(1.18 ~ 4.74)	0.013		1.00(Ref)	1.14(0.71 ~ 1.80)	0.573	
≥80	1.00(Ref)	0.88(0.18 ~ 3.33)	0.866		1.00(Ref)	1.44(0.58 ~ 3.42)	0.417	
性别				0.142				0.478
男性	1.00(Ref)	3.46(1.42 ~ 7.58)	0.003		1.00(Ref)	1.06(0.48 ~ 2.09)	0.876	
女性	1.00(Ref)	1.43(0.78 ~ 2.55)	0.230		1.00(Ref)	1.27(0.89 ~ 1.80)	0.180	
教育水平				0.548				0.455
文盲	1.00(Ref)	1.23(0.47 ~ 2.94)	0.659		1.00(Ref)	1.43(0.86 ~ 2.34)	0.158	
小学	1.00(Ref)	1.76(0.83 ~ 3.51)	0.123		1.00(Ref)	1.00(0.61 ~ 1.58)	0.999	
中学及以上	1.00(Ref)	4.15(1.37 ~ 11.33)	0.007		1.00(Ref)	1.60(0.69 ~ 3.36)	0.240	
婚姻状况				0.602				0.326
已婚	1.00(Ref)	1.95(1.12 ~ 3.27)	0.014		1.00(Ref)	1.16(0.82 ~ 1.63)	0.382	
单身(包括未婚、离异)	1.00(Ref)	1.39(0.35 ~ 4.73)	0.610		1.00(Ref)	2.10(0.89 ~ 4.85)	0.083	
自报健康状况				0.297				0.392
差	1.00(Ref)	2.02(0.78 ~ 4.83)	0.126		1.00(Ref)	1.41(0.81 ~ 2.40)	0.208	
一般	1.00(Ref)	1.57(0.81 ~ 2.88)	0.162		1.00(Ref)	1.04(0.68 ~ 1.55)	0.854	
好	1.00(Ref)	8.07(0.97 ~ 68.06)	0.045		1.00(Ref)	3.15(0.91 ~ 10.00)	0.057	
患慢病数量(种)				0.533				0.065
0	1.00(Ref)	3.20(0.92 ~ 9.71)	0.049		1.00(Ref)	2.47(1.33 ~ 4.43)	0.003	
1	1.00(Ref)	1.39(0.44 ~ 3.70)	0.541		1.00(Ref)	0.79(0.38 ~ 1.52)	0.506	
≥2	1.00(Ref)	1.78(0.92 ~ 3.32)	0.078		1.00(Ref)	1.11(0.71 ~ 1.71)	0.639	
吸烟				0.238				0.669
是	1.00(Ref)	3.11(1.29 ~ 6.81)	0.007		1.00(Ref)	1.19(0.58 ~ 2.28)	0.614	
否	1.00(Ref)	1.45(0.78 ~ 2.61)	0.221		1.00(Ref)	1.25(0.87 ~ 1.77)	0.219	
饮酒				0.775				0.361
是	1.00(Ref)	2.33(0.61 ~ 6.90)	0.160		1.00(Ref)	0.99(0.36 ~ 2.27)	0.980	
否	1.00(Ref)	1.76(1.01 ~ 2.98)	0.038		1.00(Ref)	1.29(0.92 ~ 1.79)	0.136	

与 BADL 受损显著相关,持续高水平 BRI 轨迹在调整混杂因素后仍是 BADL 受损的危险因素;而 BRI 轨迹与 IADL 受损的关联仅在单因素模型中显著,调整后减弱至不显著。亚组分析未发现显著交互作用。

目前已有多项针对中国人群的研究发现 BRI 轨迹呈现显著异质性,但不同研究在轨迹数量和形态上存在差异,可能与研究人群、数据处理方法以及模型选择的不同有关。多数研究识别出三类轨迹:低稳定组、中等稳定组和高稳定组。例如,Chen 等人[13]基于开滦队列、Zhang 等人[14]针对中国农村人群,以及两项针对 45 岁以上中老年人群的研究[10,15]均发现类似的三类轨迹。这些轨迹在 BRI 水平上呈现低、中、高的稳定形态,但波动趋势略有不同。另有研究进一步细分高 BRI 组,识别出四类轨迹[9]。而本研究仅识别出低稳定组和高稳定组,该差异可能源于研究对象的年龄结构。本研究聚焦于 60 岁及以上老年人群,随

着年龄增长,生理功能衰退导致个体间 BRI 指标变异程度降低,从而导致轨迹数量相对简化。此外,模型设定与数据处理方式等差异也可能影响最终分类结果。

关于肥胖与 ADL 受损的关系,既往研究尚无一致结论。有研究认为二者呈 U 型关系,即体重过轻或肥胖均增加 ADL 受损风险[16]。一项系统评价指出,体重不足者 BADL 受损风险较高,超重者风险反而较低[7]。冈本等人[17]则认为超重是女性未来 BADL 能力下降的可靠预测因素。部分研究观察到“肥胖悖论”,认为 BMI 在某些情况下具有保护作用,但此类结论可能受限于 BMI 无法区分脂肪与肌肉,尤其在老年人群体中,肌肉减少是导致功能受损的重要因素,因此 BMI 可能会低估肥胖对功能受损的影响[18]。此外,腰围作为腹部脂肪的评估指标,已被证明与 ADL 功能受限相关[19]。但也有研究强调,单纯腹部肥胖与 BADL 关联不显著,若合并肌肉力量下降(即动力减少性肥胖)则显著增加 BADL 受损风险[20]。

BMI 和腰围是评估肥胖与 ADL 的常用指标,而 BRI 作为一种新型肥胖评估指标尚未得到充分应用。BRI 可在一定程度上反映体脂分布,或能更敏感地揭示肥胖对功能的影响。本研究首次基于 BRI 轨迹探讨其与 ADL 受损的关系,发现 BRI 高稳定组与 BADL 受损显著相关,提示持续高 BRI 状态可能是身体功能衰退的预测因素。而 BRI 与 IADL 受损之间的关联较弱,可能由于 IADL 更多受认知、社会支持等非身体因素的影响。亚组分析未发现年龄、性别等因素存在交互作用。

机制上,BRI 较高常反映腹部脂肪堆积,过多的腹部脂肪会增加关节、骨骼和肌肉负担,从而影响运动功能并导致 BADL 能力下降[19]。BRI 可能间接反映脂肪与肌肉比例失衡,提示肌肉减少性肥胖的存在,这种肥胖与老年人功能受损密切相关[20]。BRI 升高还与代谢综合征、糖尿病等慢性病风险增加相关[21-22],这些疾病可能加速身体功能的退化。此外,肥胖相关的社会歧视与心理压力可能降低老年人参与日常活动的意愿,间接影响其功能状态[23]。

本研究基于全国性纵向队列,采用多时点 BRI 测量构建轨迹,动态反映 BRI 变化趋势,更全面评估肥胖对 ADL 功能的长期影响。样本覆盖中国多个地区,具有较好的代表性,且控制多种混杂因素,增强结果的稳健性。但也存在一定局限,ADL 依赖自我报告,可能存在信息偏倚;尽管 BRI 在一定程度上能反映体脂分布,但作为间接指标,仍难以直接区分脂肪与肌肉成分。此外,结论主要适用于中国老年人群,普适性存限,且仍可能存在残余混杂。

总之,持续高水平的 BRI 轨迹与老年人群 BADL 受损显著相关。BRI 的纵向轨迹可作为预测 BADL 受损风险的有效指标,对于延缓功能衰退和老龄化管理提供新的可能。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Lobanov-Rostovsky S, He QY, Chen YT, et al. Growing old in China in socioeconomic and epidemiological context: systematic review of social care policy for older People[J]. BMC Public Health, 2023, 23(1): 1272.

[2] Fang EF, Xie CL, Schenkel JA, et al. A research agenda for ageing in China in the 21st century (2nd edition): Focusing on basic and translational research, long-term care, policy and social networks[J]. Ageing Research Reviews, 2020, 64: 101174.

[3] Ragusa FS, Tanaka T, Veronese N, et al. Weight of time: exploring the Link between obesity and aging[J]. Aging Clinical and Experimental Research, 2025, 37(1): 236.

[4] Thomas DM, Bredlau C, Bosy-Westphal A, et al. Relationships between body roundness with body fat and visceral adipose tissue emerging from a new geometrical model[J]. Obesity (Silver Spring, Md.), 2013, 21(11): 2264-2271.

[5] Schweitzer K. Could the body roundness index one day replace the BMI?[J]. JAMA: the Journal of the American Medical Association, 2024, 332(16): 1317-1318.

[6] Zhang X, Ma N, Lin Q. Body roundness index and all-cause mortality among US adults[J]. Jama Netw Open, 2024, 7(7): 1501.

[7] Wang LY, Zhu H, Chen HX, et al. Association of body mass index with disability in activities of daily living in older adults: a systematic review of the literature based on longitudinal data[J]. BMC Public Health, 2025, 25(1): 6.

[8] Sun J, Lin J, Shen WQ, et al. Associations of body mass index, waist circumference and the weight-adjusted waist index with daily living ability impairment in older Chinese People: A cross-sectional study of the Chinese Longitudinal Healthy Longevity Survey[J]. Diabetes Obesity & Metabolism, 2024, 26(9): 4069-4077.

[9] Wu MY, Yu X, Xu LL, et al. Associations of longitudinal trajectories in body roundness index with mortality and cardiovascular outcomes: a cohort study[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2022, 115(3): 671-678.

[10] Ding JC, Chen XJ, Shi Z, et al. Association of body roundness index and its trajectories with all-cause and cardiovascular mortality among a Chinese middle-aged and older population: A retrospective cohort study[J]. Front Public Health, 2023, 11: 158.

[11] 李秉哲,姜棋竞,卢珍珍,等. 轨迹模型在单次结局测量纵向数据分析中的应用[J]. 中华内科杂志,2024,63(9):844-848.
Li BZ, Jiang QJ, Lu ZZ, et al. Application of trajectory models in longitudinal data analysis with single-outcome measurements[J]. Chinese Journal of Internal Medicine, 2024, 63(9): 844-848. (In Chinese)

[12] Lennon H, Kelly S, Sperrin M, et al. Framework to construct and

interpret latent class trajectory modelling[J]. BMJ Open, 2018, 8(7): e020683.

[13] Chen Y, Wang YM, Zheng X, et al. Body roundness index trajectories and the risk of cancer: a cohort study[J]. Cancer Medicine, 2024, 13(23): e70447.

[14] Zhang SR, Han S, Zheng LQ, et al. Associations of trajectories in body roundness index with incident cardiovascular disease: a prospective cohort study in rural China[J]. Front Nutr, 2024, 11: 1291093.

[15] Yang M, Liu J, Shen Q, et al. Body roundness index trajectories and the incidence of cardiovascular disease: evidence from the China health and retirement longitudinal study[J]. Journal of the American Heart Association, 2024, 13(19): e034768.

[16] Nguyen VC, Hong GRS. Change in functional disability and its trends among older adults in Korea over 2008 – 2020: a 4 – year follow – up cohort study[J]. BMC Geriatrics, 2023, 23(1): 219.

[17] Okamoto S, Okamura T, Sugiyama D, et al. Overweight or underweight and the risk of decline in activities of daily living in a 22 – year cohort study of a Japanese sample[J]. Geriatrics & Gerontology International, 2018, 18(5): 799 – 805.

[18] Tutor AW, Lavie CJ, Kachur S, et al. Updates on obesity and the obesity paradox in cardiovascular diseases[J]. Progress in Cardiovascular Diseases, 2023, 78: 2 – 10.

[19] Du YH, Zhang WJ, Zhang XH, et al. Association between central obesity and ADL impairment among the middle – aged and elderly population in China based on CHARLS[J]. Scientific Reports, 2025, 15(1): 13455.

[20] Smith L, López Sánchez GF, Soysal P, et al. Dynapenic abdominal obesity and activities of daily living disability among older adults residing in low – and middle – income countries[J]. Aging Clinical and Experimental Research, 2024, 36(1): 212.

[21] Li YQ, Gui JF, Liu HY, et al. Predicting metabolic syndrome by obesity – and lipid – related indices in mid – aged and elderly Chinese: a population – based cross – sectional study[J]. Frontiers in Endocrinology, 2023, 25: 14.

[22] Qiu LT, Xiao ZX, Fan BY, et al. Association of body roundness index with diabetes and prediabetes in US adults from NHANES 2007 – 2018: a cross – sectional study[J]. Lipids in Health and Disease, 2024, 23(1): 252.

[23] Ghosh G, Khan HTA, Vohra S. A qualitative study to examine hidden care burden for older adults with overweight and obesity in England[J]. PLOS One, 2025, 20(3): e0320253.

收稿日期:2025-04-24

(上接第 661 页)

[10] 崔宇杰,张云婷,赵瑾,等. 我国儿童早期发展工作现状分析 及策略建议[J]. 华东师范大学学报:教育科学版,2019,37(3):107 – 117.
Cui YJ, Zhang YT, Zhao J, et al. Current situation analysis and strategy suggestions for early child development in China[J]. Journal of East China Normal University (Education Sciences), 2019, 37(3): 107 – 117. (In Chinese)

[11] 冯围围,徐轶群,刘金伟,等. 全国托育机构医育结合服务开展现状及影响因素调查[J]. 中国妇幼卫生杂志,2025,16(3):187 – 192.
Feng WW, Xu YQ, Liu JW, et al. Survey on the status of health and nursery integration services and its influencing factors in 1360 childcare institutions[J]. Chinese Journal of Women and Children Health, 2025, 16(3): 187 – 192. (In Chinese)

[12] 闵吉,吴蕾. 医育结合"模式在苏州市托育服务中的应用[J/OL]. 中国典型病例大全:1 – 6[2026 – 01 – 06]. https://doi.org/10.20256/j.cnki.zgdxbl.20250723.001.
Min J, Wu L. The application of the "Integration of Healthcare and Childcare" model in childcare services in Suzhou City[J/OL]. Chinses Typical Case Database: 1 – 6[2026 – 01 – 06]. https://doi.org/10.20256/j.cnki.zgdxbl.20250723.001. (In Chinese)

[13] 何鲁娜,王懿凡,黄楹,等. 托育质量与儿童心理行为发育的关联研究[J]. 中国妇幼保健,2025,40(14):2585 – 2590.
He LN, Wang YF, Huang Y, et al. Research on the association between childcare quality and psychomotor development of children[J]. Maternal & Child Health Care of China, 2025, 40(14): 2585 – 2590. (In Chinese)

[14] 胡艳,梁晶晶,宋燕燕,等. 医育结合模式下 3 岁以下婴幼儿照护服务的现状及展望[J]. 中国妇幼卫生杂志,2024,15(3):1 – 4.
Hu Y, Liang JJ, Song Y, et al. Current situation and prospects of child care services for children aged 0 – 3 based on the medical and educational integration model[J]. Chinese Journal of Women and Children Health, 2024, 15(3): 1 – 4. (In Chinese)

[15] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 全国托育服务统计调查制度[EB/OL]. [2026 – 01 – 06]. https://www.stats.gov.cn/fw/bmdcxmsp/bmzd/202302/t20230215_1907228.
National Health Commission of the PRC. National statistical survey system for childcare services[EB/OL]. [2026 – 01 – 06]. https://www.stats.gov.cn/fw/bmdcxmsp/bmzd/202302/t20230215_1907228. (In Chinese)

[16] 李硕林,崔汉辰,陈振南,等. 海南省大学生代餐食品知信行调查分析[J]. 现代预防医学,2025,52(6):1037 – 1043.
Li SL, Cui HC, Chen ZN, et al. Investigation on knowledge – attitude – practices (KAP) of meal replacement food among college students in Hainan Province[J]. Modern Preventive Medicine, 2025, 52(6): 1037 – 1043. (In Chinese)

[17] 滕艳云,费淑君,陈娟,等. 医育结合"高品质托育服务模式在托育服务中的推广应用[J]. 中文科技期刊数据库:引文版医药卫生,2022,12:4.
Teng YY, Fei SJ, Chen J, et al. The promotion and application of the high – quality "healthcare and childcare integration" childcare service model in childcare services[J]. Chinese Science and Technology Journal Database: Citation Edition – Medicine and Health, 2022, 12: 4. (In Chinese)

[18] 陈杰,刘绪义,宋文健,等. 四川省眉山市 29 家托育机构服务能力的现状调查[J]. 中国妇幼卫生杂志,2024,15(4):55 – 60.
Chen J, Liu XY, Song WJ, et al. Research on the current situation of infant care service capability of 29 nursery institution in Meishan, Sichuan Province[J]. Chinese Journal of Women and Children Health, 2024, 15(4): 55 – 60. (In Chinese)

收稿日期:2025-08-15