

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2026.04.027

基于生物电阻抗分析的成人骨骼肌量与基础代谢率的关联分析

赵永飞, 田俊梅*

(洛阳市中心医院 临床营养科, 河南洛阳 471000)

【摘要】目的 基于生物电阻抗分析(bioelectrical impedance analysis, BIA)分析成人骨骼肌量(skeletal muscle mass, SMM)与基础代谢率(basal metabolic rate, BMR)的关联。**方法** 连续收集2024年1月至2025年12月于洛阳市中心医院营养门诊完成InBody720检查的270例成人检测数据。暴露变量为SMM, 结局变量为BMR。根据SMM三分位数将研究对象分为低、中、高三组。通过单因素及多因素线性回归估计SMM对BMR的效应值, 并按性别、年龄、体质指数(body mass index, BMI)、肥胖度及体脂率(body fat percentage, BFP)等进行亚组分析。**结果** SMM与BMR在未校正模型中呈明显正相关($\beta=35.6$, 95%CI: 35.4~35.7), 控制性别与年龄后 β 升至36.0(95%CI: 35.8~36.2); 继续控制身高、BFP和内脏脂肪面积(visceral fat area, VFA)后 β 为34.0(95%CI: 33.5~34.5)。高SMM组的BMR较低SMM组高出215.3 kcal/d。亚组分析显示各分层内SMM的 β 估计值接近, 关联方向未发生改变。**结论** 在本研究人群中, SMM与BMR存在独立的正向关联, 其效应未受性别或体型指标的干扰, 提示SMM在基础代谢调控中发挥关键作用。

【关键词】 骨骼肌量; 基础代谢率; 生物电阻抗分析; 成人**【中图分类号】** R151.4; R589.2**【文献标志码】** A

文章编号: 1674-1242 (2026) 04-0128-05

Correlation between adult skeletal muscle mass and basal metabolic rate based on bioelectrical impedance analysis

ZHAO Yongfei, TIAN Junmei*

(Department of Clinical Nutrition, Luoyang Central Hospital, Luoyang 471000, Henan, China)

【Abstract】Objective To analyze the correlation between skeletal muscle mass (SMM) and basal metabolic rate (BMR) in adult based on bioelectrical impedance analysis (BIA). **Methods** The data of 270 adults who completed the InBody720 examination in the nutrition clinic of Luoyang Central Hospital from January 2024 to December 2025 were collected continuously. The exposure variable was SMM, and the outcome variable was BMR. According to the SMM tertiles, the subjects were divided into three groups: low, medium and high. The effect value of SMM on BMR was estimated by univariate and multivariate linear regression, and subgroup analysis was performed by gender, age, body mass index (BMI), obesity degree and body fat percentage (BFP). **Results** There was a significant positive correlation between SMM and BMR in the uncorrected model ($\beta=35.6$, 95%CI: 35.4–35.7). After controlling for gender and age, β increased to 36.0 (95%CI: 35.8–36.2); after controlling for height, BFP and visceral fat area (VFA), β was 34.0 (95%CI: 33.5–34.5). The BMR of the high SMM group was 215.3 kcal/d higher than that of the low SMM group. Subgroup analysis showed that the β estimates of SMM in each layer were close, and the correlation direction did not change. **Conclusion** In this study, there is an independent positive correlation between SMM and BMR, and its effect is not interfered by gender or body shape index, suggesting that SMM plays a key role in basal metabolic regulation.

【Key words】 Skeletal muscle mass; Basal metabolic rate; Bioelectrical impedance analysis; Adult

基础代谢率(basal metabolic rate, BMR)是指维持心跳、呼吸、体温等基本生命活动所需的最低能量

消耗^[1-3]。BMR的个体差异不仅与体重管理效果直接相关, 还与多种代谢性疾病的发生发展密切关

收稿日期: 2026-06-03。

作者简介: 赵永飞, 硕士研究生, 主治医师, 研究方向: 临床营养。E-mail: zhaoyongfeihao@163.com。

通信作者: 田俊梅, 硕士, 主任医师, 研究方向: 临床营养。E-mail: 305600057@qq.com。

联^[4]。去脂体重(fat-free mass, FFM)是 BMR 的主要决定因素^[5],但其包含骨骼肌、内脏、骨骼等代谢速率各异的多种组分^[6-7]。FFM 中占比较大的部分主要是骨骼肌量(skeletal muscle mass, SMM),其代谢活性受年龄、性别、运动习惯等因素影响较大^[8-9]。有研究建议将 SMM 从 FFM 中单独分析,以便准确评估 SMM 对 BMR 的独立影响^[10]。已有 SMM 与 BMR 关联研究多以运动员或老年人群为研究对象^[11-12],针对普通营养门诊成年患者的大样本数据仍较为匮乏;不同研究的分析方法缺乏统一标准,导致该领域研究结论存在异质性^[13]。生物电阻抗分析(bioelectrical impedance analysis, BIA)因操作简便、无创伤等优势,已广泛用于临床人体成分分析,且测量可靠性较好^[14-15]。基于此,本研究通过分析 SMM 与 BMR 间的定量关联,并通过多变量校正和分层分析进一步验证该关联的独立性,旨在为临床能量代谢评估和精准营养干预提供可量化的参考依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究为回顾性横断面研究。纳入 2024 年 1 月至 2025 年 12 月洛阳市中心医院营养门诊完成 InBody720 人体成分检测的成人。以 SMM 与 BMR 的相关性分析为主要终点,设 $\alpha=0.05$, $\text{power}=0.8$, 预期相关系数 $r=0.6$ ^[14], 估算得所需最小样本量为 68 例,因拟开展亚组分析,需扩大样本量,最终纳入 270 例。

纳入标准:① 年龄 18~60 周岁;② 可配合完成 BIA 检测;③ 临床检测记录完整。排除标准:① 年龄 <18 周岁或 >60 周岁;② 妊娠或哺乳期女性;③ 存在严重水肿或脱水状态者;④ 近 1 周内剧烈运动或发热者;⑤ 合并严重心、肝、肾功能不全或恶性肿瘤者。研究期间共 1 154 例成人于营养门诊完成 InBody720 人体成分检测。根据纳入与排除标准,最终纳入 270 例。本研究已获得洛阳市中心医院伦理委员会批准(批件号:LWLL-2026-05-26-01)。

1.2 方法

受试者于清晨空腹状态下,排空膀胱后,身着统一检测服,赤足站立于 InBody 720 生物电阻抗分析仪(InBody Co., Ltd., Seoul, Korea)上,双手握住手部电极,双臂外展约 15°。仪器采用多频(1 kHz、5 kHz、50 kHz、250 kHz、500 kHz、1 000 kHz)分段测

量技术,自动测定并输出如下指标:SMM(kg)、BMR(kcal/d)、体质指数(body mass index, BMI)(kg/m²)、肥胖度(%)以及体脂率(body fat percentage, BFP)。所有测量均由经过统一培训的同一名技师操作。肥胖度(%)=实际体重(kg)/标准体重(kg)×100%。标准体重按中国成人常用公式计算:标准体重(kg)=身高(cm)-105。

1.3 变量定义与分组

SMM 按三分位法进行分组^[16]:低分位组:SMM≤25.4 kg, 91 例;中分位组:SMM 25.4~32.2 kg, 90 例;高分位组:SMM>32.2 kg, 89 例。年龄、BMI、肥胖度及 BFP 亦分别按三分位法分组,以低分位组为参照,用于分层分析及敏感性分析。年龄三分位切点:≤26 岁、27~36 岁、>36 岁;BMI^[17]:≤23.9 kg/m²、24.0~27.9 kg/m²、≥28.0 kg/m²;肥胖度:≤111.6%、111.6%~134.9%、>134.9%;BFP:≤27.2%、27.2%~35.9%、>35.9%。对处于分组临界值的个体,本研究同时以 SMM 连续变量纳入回归分析,连续变量的效应估计不受分组切点选择的影响。本研究同时纳入 BMI 和肥胖度进行分层分析,考察不同肥胖定义下 SMM 与 BMR 关联的稳定性,二者互为敏感性分析。

1.4 统计学方法

所有统计分析均使用 R 4.3.1 软件完成。服从正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,多组间比较采用单因素方差分析并进行事后两两比较;计数资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。以 BMR 为因变量,将 SMM 分别以连续变量和三分位分类变量形式纳入线性回归模型,通过构建 3 个逐步嵌套调整模型进行分析。设置未调整模型、模型 I、模型 II,分层引入协变量控制混杂因素,对比 3 个模型的 β 系数变化,定量评估各层次混杂因素对 SMM 效应估计的调整幅度。依据性别、年龄、BMI、肥胖度及 BFP 进行分层分析,并采用乘积项进行交互作用检验。本研究采用偏回归系数(β)及其 95% 置信区间(95% confidence interval, 95%CI)量化 SMM 对 BMR 的独立效应大小与估计精度,以双侧 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究人群基线特征

270 例研究对象根据 SMM 三分位分为低分位组、中分位组和高分位组,平均年龄为(33.5±11.6)

岁, SMM 总均值为 (29.3 ± 6.9) kg, BMR 总均值为 $(1\ 509.6 \pm 245.5)$ kcal/d。随 SMM 水平由低到高, BMI、肥胖度和 BMR 均呈递增趋势; BFP 在 SMM 高分

组较低。三组间年龄差异较小, 但仍有统计学意义 ($P=0.043$); 性别构成差异亦有统计学意义 ($P<0.001$) (表 1)。

表 1 研究人群特征 ($\%, \bar{x} \pm s$)

SMM 三分位	年龄 (年)	BMI (kg/m^2)	肥胖度 (%)	BFP (%)	SMM (kg)	BMR (kcal/d)	性别 (%)	男	女
低 ($n=91$)	33.6 ± 11.4	25.1 ± 4.7	119.2 ± 22.5	35.0 ± 8.3	22.2 ± 2.0	1255.7 ± 72.1		2.2	97.8
中 ($n=90$)	36.0 ± 12.1	26.4 ± 5.3	122.4 ± 26.6	29.9 ± 10.0	28.6 ± 2.0	1483.7 ± 69.0		62.2	37.8
高 ($n=89$)	30.9 ± 10.9	30.7 ± 6.0	140.2 ± 28.6	30.2 ± 9.4	37.4 ± 4.3	1795.3 ± 155.4		92.1	7.9
P	0.043	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		

注: SMM: 骨骼肌量; BMI: 体质指数; BFP: 体脂率; BMR: 基础代谢率。

2.2 SMM 与 BMR 的单因素线性回归分析

以 BMR 为因变量的单因素回归分析显示, SMM 每增加 1 kg, BMR 增加 35.6 kcal/d。以 SMM 低分位组为参照, 中分位组 BMR 升高 228.0 kcal/d, 高分位组升高 539.6 kcal/d。此外, BMI、肥胖度与 BMR 呈正相关 (β 分别为 21.8 和 3.9, 均 $P<0.001$), 而女性、年龄增长和 BFP 升高与 BMR 呈负相关 ($P<0.05$) (表 2)。

表 2 各变量对 BMR 影响的单因素线性回归分析 [$\bar{x} \pm s$, 例 (%)]

暴露因素	统计量	BMR β (95%CI)	P
SMM (kg)	29.3 ± 6.9	35.6 (35.4 ~ 35.7)	<0.001
SMM 三分位			
低	91 (33.7%)	0	
中	90 (33.3%)	228.0 (199.5 ~ 256.6)	<0.001
高	89 (33.0%)	539.6 (511.0 ~ 568.1)	<0.001
性别			
男	140 (51.9%)	0	
女	130 (48.1%)	-337.7 (-377.5 ~ -297.1)	<0.001
年龄 (年)	33.5 ± 11.6	-3.2 (-5.4 ~ -0.7)	0.013
年龄三分位			
低	83 (30.7%)	0	
中	90 (33.3%)	-58.7 (-129.2 ~ 11.8)	0.104
高	97 (35.9%)	-90.9 (-160.2 ~ -21.6)	0.011
BMI (kg/m^2)	27.4 ± 5.9	21.8 (17.3 ~ 26.2)	<0.001
BMI 三分位			
低	80 (29.6%)	0	
中	83 (30.7%)	104.6 (38.6 ~ 170.6)	0.004
高	107 (39.6%)	238.2 (176.5 ~ 299.9)	<0.001
肥胖度 (%)	127.2 ± 27.5	3.9 (2.9 ~ 4.9)	<0.001
肥胖度三分位			
低	90 (33.3%)	0	
中	90 (33.3%)	72.8 (8.0 ~ 137.6)	0.028
高	90 (33.3%)	215.9 (151.1 ~ 280.7)	<0.001
BFP (%)	31.7 ± 9.5	-4.5 (-7.5 ~ -1.5)	0.003
BFP 三分位			
低	89 (33.0%)	0	
中	89 (33.0%)	-45.8 (-115.5 ~ 23.9)	0.199
高	92 (34.1%)	-78.0 (-147.1 ~ -8.8)	0.028

注: BMR: 基础代谢率; β : 回归系数; 95%CI: 95% 置信区间; SMM: 骨骼肌量; BMI: 体质指数; BFP: 体脂率。

2.3 不同亚组中 SMM 对 BMR 影响的分层分析

在性别分层分析中, SMM 每增加 1 kg, 男性 BMR 增加 35.9 kcal/d (95%CI: 35.5 ~ 36.3), 女性 BMR 增加 35.8 kcal/d (95%CI: 35.5 ~ 36.1), 两者非常接近但仍略有差异。在年龄、BMI、肥胖度及 BFP 各亚组中, β 值波动于 34.9 ~ 35.8, 各层内关联均具有统计学意义 ($P<0.001$), 且估计值高度稳定。这一结果表明, SMM 对 BMR 的效应不受性别或体型特征的明显修饰 (表 3)。

表 3 不同亚组中 SMM 对 BMR 影响的分层分析

亚组	N	BMR β (95%CI)	P
X=SMM			
性别			
男	140	35.9 (35.5 ~ 36.3)	<0.001
女	130	35.8 (35.5 ~ 36.1)	<0.001
年龄三分位			
低	83	35.5 (35.2 ~ 35.8)	<0.001
中	90	35.4 (35.1 ~ 35.8)	<0.001
高	97	35.5 (35.1 ~ 35.9)	<0.001
BMI 三分位			
低	80	35.1 (34.7 ~ 35.5)	<0.001
中	83	34.9 (34.5 ~ 35.4)	<0.001
高	107	35.8 (35.5 ~ 36.2)	<0.001
肥胖度三分位			
低	90	35.1 (34.7 ~ 35.5)	<0.001
中	90	35.0 (34.5 ~ 35.4)	<0.001
高	90	35.8 (35.4 ~ 36.1)	<0.001
BFP 三分位			
低	89	35.2 (34.7 ~ 35.6)	<0.001
中	89	35.4 (35.0 ~ 35.7)	<0.001
高	92	35.8 (35.5 ~ 36.1)	<0.001

注: SMM: 骨骼肌量; BMR: 基础代谢率; 95%CI: 95% 置信区间; BMI: 体质指数; BFP: 体脂率。

2.4 SMM 与 BMR 关联的多因素线性回归分析

为明确 SMM 与 BMR 关联的独立性, 本研究进一步构建了多因素模型。在未调整模型中, SMM 每增加 1 kg, BMR 升高 35.6 kcal/d。校正性别、年龄后 (模

型 I), β 值增至 36.0; 进一步校正身高、BFP、内脏脂肪面积 (visceral fat area, VFA) 后 (模型 II), β 值为 34.0, 提示性别等混杂因素轻度削弱了 SMM 与 BMR 的粗关联, 校正后 SMM 的独立效应更为凸显。以

SMM 三分类为暴露变量时, 模型 II 中, 与低分位组相比, 中分位组 BMR 升高 88.9 kcal/d, 高分组升高 215.3 kcal/d, 均呈显著的剂量-反应趋势 (表 4)。

表 4 SMM 与 BMR 关联的多因素线性回归模型

	未调整模型	模型 I	模型 II
SMM	35.6 (35.4, 35.7) <0.001	36.0 (35.8, 36.2) <0.001	34.0 (33.5, 34.5) <0.001
SMM 三分位			
低	0	0	0
中	228.0 (199.5, 256.6) <0.001	108.1 (74.8, 141.5) <0.001	88.9 (57.6, 120.3) <0.001
高	539.6 (511.0, 568.1) <0.001	260.2 (215.1, 305.3) <0.001	215.3 (169.1, 261.5) <0.001

注: 表中数据为 β (95%CI) P 值; SMM: 骨骼肌量; BMR: 基础代谢率。

2.5 回归方程

根据多因素回归分析结果, 以 BMR 为因变量的回归方程如下 (性别赋值: 男=0, 女=1): 未调整模型: $BMR (\text{kcal/d}) = 464.9 + 35.6 \times SMM (\text{kg})$, $R^2 = 0.998$ 。模型 I: $BMR (\text{kcal/d}) = 444.1 + 36.0 \times SMM (\text{kg}) + 7.1 \times \text{性别} - 0.2 \times \text{年龄} (\text{岁})$, $R^2 = 0.9982$ 。模型 II: $BMR (\text{kcal/d}) = 331.6 + 34.0 \times SMM (\text{kg}) + 5.4 \times \text{性别} - 0.3 \times \text{年龄} (\text{岁}) + 1.0 \times \text{身高} (\text{cm}) - 1.2 \times \text{BFP} (\%) + 0.3 \times \text{VFA} (\text{cm}^2)$, $R^2 = 0.9988$ 。

3 讨论

本研究结果提示, SMM 是成人 BMR 的独立影响因素, 其贡献权重高于纳入的其他体型相关指标, SMM 每增加 1 kg, BMR 约升高 34.0 kcal/d, 该数值与既往影像学手段估算的组织代谢率研究结果方向一致^[8]。需注意的是, BIA 检测定义的 SMM 并非纯肌纤维质量, 还包含肌内结缔组织及部分结合水^[12,15], 这可能使单位重量的代谢估值在一定程度上偏高, 但并不会改变 SMM 代谢贡献远优于脂肪组织的总体判断^[2]。此外, InBody720 输出的 BMR 为设备内置公式推算, 本研究中模型决定系数极高 ($R^2 > 0.998$), 可能部分反映了设备算法预设的数学关系, 后续基于直接实测 BMR 的研究, 可进一步验证本研究观察到的关联强度。本研究采用的 InBody720 BIA 技术已被多项国内临床研究证实具备良好的信效度, 在普通人群和慢性疾病人群的人体成分测量中均表现稳定^[18]。

亚组分析结果显示, 男性、女性两层的 SMM 效应 β 值分别为 35.9 kcal/d 和 35.8 kcal/d, 数值高度接近但并非完全相等, 这一结果与部分文献中“女性骨骼肌静息代谢率略低”的观点不完全一致^[9]。出现

这一差异可能与本研究中女性样本以年轻人群为主、肌纤维类型构成较好有关。不同年龄层的 β 系数波动幅度较小, 提示非老年阶段 SMM 与 BMR 的线性斜率较为固定, 尚未观察到随年龄增长出现的“代谢解耦联”现象^[10]。按 BMI、肥胖度及 BFP 划分亚组后, 不同肥胖程度个体间的效应值未出现有统计学意义的分离, 提示肥胖状态本身并不会显著改变 SMM 与 BMR 间的线性关系斜率, 这与近年来针对 2 型糖尿病肥胖患者的观察性研究结论方向一致^[1]。此外, 在维持性血液透析等特殊疾病人群中, SMM 的临床重要性同样得到证实^[19], 进一步支持了本研究结论的普适性。

由于本研究中 SMM 与性别高度相关 (低 SMM 组以女性为主, 高 SMM 组以男性为主, 表 1), 在未校正性别的模型中, SMM 的效应可能被女性较低的基础 BMR 所稀释 (女性静息代谢率较男性低 5%~10%)^[20]。校正性别后, SMM 对 BMR 的独立效应得以更清晰地显现^[21-22]。这也提示, 在 SMM 性别分布差异极大的样本中, 忽略性别因素可能导致对 SMM 效应的低估^[22]。

从 3 个嵌套模型的 β 系数变化来看, 未调整模型中 SMM 每增加 1 kg 对应 BMR 升高 35.6 kcal/d (表 4); 校正性别与年龄后 β 值上升至 36.0, 提示粗关联因性别混杂被轻度低估; 进一步校正身高、BFP 与 VFA 后 β 值回落至 34.0, 反映体型因素对 SMM 效应存在部分稀释, 但 SMM 仍保持独立的正向关联, 表明 SMM 对 BMR 的贡献不完全依赖于其他体型指标。

本研究存在以下局限性: 数据收集方面, 回顾性设计未能获取研究对象的职业类型、膳食摄入及规

律运动习惯等可能同时影响 SMM 与 BMR 的生活方式信息,上述未测量混杂因素可能在一定程度上造成关联估计偏倚。此外,研究人群来源于单中心营养门诊,就诊原因以体重管理和营养评估为主,年龄结构偏年轻(平均 33.5 岁),结论向一般社区人群及老年人群的外推需持审慎态度。

综上,SMM 是成人 BMR 的独立影响因素。SMM 每增加 1 kg,BMR 升高约 34.0 kcal/d,且该效应不受性别、年龄、肥胖程度等因素干扰。在临床营养评估和体重管理中,维持或适度增加 SMM 可作为提高 BMR 的重要策略之一。

参考文献

- [1] GITSI E, KOKKINOS A, KONSTANTINIDOU S K, *et al.* The relationship between resting metabolic rate and body composition in people living with overweight and obesity[J]. *J Clin Med*, 2024, 13(19):5862.
- [2] PONTZER H, YAMADA Y, SAGAYAMA H, *et al.* Daily energy expenditure through the human life course[J]. *Science*, 2021, 373(6556):808-812.
- [3] FERNÁNDEZ-VERDEJO R, SANCHEZ-DELGADO G, RAVUSSIN E. Energy expenditure in humans: principles, methods, and changes throughout the life course[J]. *Ann Rev Nutr*, 2024, 44(1):51-76.
- [4] EGAN A M, COLLINS A L. Dynamic changes in energy expenditure in response to underfeeding: a review[J]. *Proc Nutr Soc*, 2022, 81(2):199-212.
- [5] RIBEIRO A S, SOFIATI S L, KASSIANO W, *et al.* Agreement between fat-free mass from bioelectrical impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry and their use in estimating resting metabolic rate in resistance-trained men[J]. *J Int Soc Sports Nutr*, 2024, 21(1):2357319.
- [6] REITER D A, COEN P M, GOODPASTER B H, *et al.* Increased adiposity is associated with altered skeletal muscle energetics[J]. *J Appl Physiol*, 2023, 134(5):1083-1092.
- [7] HE P, DU G, QIN X, *et al.* Reduced energy metabolism contributing to aging of skeletal muscle by serum metabolomics and gut microbiota analysis[J]. *Life Sci*, 2023, 323:121619.
- [8] CASANOVA N, BOSY-WESTPHAL A, BEAULIEU K, *et al.* Associations between high-metabolic rate organ masses and fasting hunger: a study using whole-body magnetic resonance imaging in healthy males[J]. *Physiol Behav*, 2022, 250:113796.
- [9] JAGIM A R, CAMIC C L, KISIOLEK J, *et al.* Sex differences in resting metabolic rate among athletes and association with body composition parameters: a follow-up investigation[J]. *J Funct Morphol Kinesiol*, 2023, 8(3):109.
- [10] SARTO F, FRANCHI M V, MONTI E, *et al.* Anabolic resistance in the pathogenesis of sarcopenia in the elderly: role of nutrition and exercise in young and old people[J]. *Nutrients*, 2023, 15(18):4073.
- [11] BOSY-WESTPHAL A, BRAUN W, SCHAUTZ B, *et al.* Issues in characterizing resting energy expenditure in obesity and after weight loss[J]. *Front Physiol*, 2013, 4:47.
- [12] MÜLLER M J, GEISLER C, HÜBERS M, *et al.* Normalizing resting energy expenditure across the life course in humans: challenges and hopes[J]. *Eur J Clin Nutr*, 2018, 72(5):628-637.
- [13] MACKENZIE-SHALDERS K, KELLY J T, SO D, *et al.* The effect of exercise interventions on resting metabolic rate: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Sports Sci*, 2020, 38(14):1635-1649.
- [14] SERDAR C C, CIHAN M, YÜCEL D, *et al.* Sample size, power and effect size revisited: simplified and practical approaches in pre-clinical, clinical and laboratory studies[J]. *Biochemia Medica*, 2021, 31(1):010502.
- [15] BUCKINX F, LANDI F, CESARI M, *et al.* Pitfalls in the measurement of muscle mass: a need for a reference standard[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2018, 9(2):269-278.
- [16] HE Y Y, JIN M L, FANG X Y, *et al.* Associations of muscle mass and strength with new-onset diabetes among middle-aged and older adults: evidence from the China health and retirement longitudinal study (CHARLS) [J]. *Acta Diabetol*, 2024, 61(7):869-878.
- [17] 中国肥胖问题工作组. 中国成人超重和肥胖症预防与控制指南(节录) [J]. *营养学报*, 2004, 26(1):1-4.
- [18] 孙琦, 陶静, 华建武, 等. 生物电阻抗法在血液透析患者营养状况评估中的应用 [J]. *实用临床医药杂志*, 2020, 24(13):4-8.
- [19] 谢萌萌, 马春元, 蔡忠林, 等. 骨骼肌质量指数与血液透析患者营养指标的相关性分析 [J]. *实用临床医药杂志*, 2021, 25(23):86-88, 94.
- [20] FERRARO R, LILLIOJA S, FONTVIEILLE A M, *et al.* Lower sedentary metabolic rate in women compared with men[J]. *J Clin Invest*, 1992, 90(3):780-784.
- [21] RABBEE N. Statistical considerations for sex inclusion in clinical studies[J]. *Ann Epidemiol*, 2026, 115:64-73.
- [22] BI X, FORDE C G, GOH A T, *et al.* Basal metabolic rate and body composition predict habitual food and macronutrient intakes: gender differences[J]. *Nutrients*, 2019, 11(11):2653.