


慢性阻塞性肺疾病患者身体成分与心肺运动能力的相关性研究



扫描二维码
查看原文

于春艳^{1, 2}, 董芬³, 雷洁萍³, 杨汀^{1, 2*}, 夏金根², 曲木诗玮², 杨天祎⁴, 李晓盼²

1.100191 北京市, 北京大学中日友好临床医学院呼吸与危重症医学科

2.100029 北京市, 国家呼吸医学中心 呼吸和共病全国重点实验室 国家呼吸系统疾病临床研究中心 中国医学科学院呼吸病学研究院 中日友好医院呼吸中心呼吸与危重症医学科

3.100029 北京市, 国家呼吸医学中心 呼吸和共病全国重点实验室 国家呼吸系统疾病临床研究中心 中国医学科学院呼吸病学研究院 中日友好医院呼吸中心研究项目及数据管理部

4.100029 北京市, 中日友好医院康复医学科

* 通信作者: 杨汀, 主任医师/博士生导师; E-mail: zryyyangting@163.com

【摘要】 背景 心肺运动试验 (CPET) 对于评估慢性阻塞性肺疾病 (COPD) 患者最大运动能力以及制订康复处方有着至关重要的作用。有研究表明, 身体成分与 CPET 结果相关。CPET 操作复杂、耗时长、禁忌证较多且风险大, 一些 COPD 患者无法完成, 而身体成分分析操作简单快捷。**目的** 探讨 COPD 患者的身体成分与 CPET 的相关性, 为不能完成 CPET 的 COPD 患者预测最大运动能力、制订康复处方、合理营养支持提供依据。**方法** 回顾性选取 2021 年 7 月—2022 年 3 月于中日友好医院进行身体成分检测和 CPET 检测的稳定期 COPD 患者 77 例, 依次进行身体成分测定和负荷连续递增的 CPET, 评估身体成分和 CPET 结果的关系。**结果** 77 例符合要求的稳定期 COPD 患者均完成了身体成分测定和 CPET。相关性分析结果显示, 体脂率 (BFP) 与最高运动状态时代谢当量 (peakMETs) 呈负相关 ($P<0.01$); 骨骼肌质量指数 (SMI) 与最高运动状态时摄氧量 (peakVO₂)、最高运动状态时运动负荷 (peakLoad)、最大分钟通气量 (peakVE)、最高运动状态时心率 (peakHR)、最高运动状态时氧脉搏 (peakO₂pulse)、摄氧效率斜率 (OUES) 呈正相关 ($P<0.01$); 去脂体质量指数 (FFMI) 与 peakVO₂、peakLoad、peakVE、peakO₂pulse、OUES 呈正相关 ($P<0.01$)。多元线性回归分析结果显示, SMI、FFMI 与 COPD 患者 peakLoad、peakVE、peakO₂pulse、OUES 呈独立正相关 ($P<0.05$); BFP 与 COPD 患者 peakMETs 呈独立负相关 ($P<0.05$)。其中在因变量为 peakLoad、peakVE、peakO₂pulse、OUES 的多元线性回归分析中, SMI 的 β 值高于 FFMI。**结论** 肌肉含量与 COPD 患者的运动能力呈正相关, 身体成分测定结果可以作为 COPD 患者运动能力预测、指导康复运动、合理营养支持治疗的重要标准。

【关键词】 慢性阻塞性肺疾病; 心肺运动试验; 身体成分; 康复; 多元线性回归

【中图分类号】 R 563.9 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0095

Correlation between Body Composition and Cardiopulmonary Exercise Capacity in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease

YU Chunyan^{1, 2}, DONG Fen³, LEI Jieping³, YANG Ting^{1, 2*}, XIA Jingen², QUMU Shiwei², YANG Tianyi⁴, LI Xiaopan²

1.Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Peking University China-Japan Friendship School of Clinical Medicine, Beijing 100191, China

2.National Center for Respiratory Medicine/State Key Laboratory of Respiratory Health and Multimorbidity/National Clinical Research Center for Respiratory Diseases/Institute of Respiratory Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences/Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Center of Respiratory Medicine, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China

3.National Center for Respiratory Medicine/State Key Laboratory of Respiratory Health and Multimorbidity/National Clinical

基金项目: 中国医学科学院医学与健康科技创新工程 (2021-12M-1-049)

引用本文: 于春艳, 董芬, 雷洁萍, 等. 慢性阻塞性肺疾病患者身体成分与心肺运动能力的相关性研究 [J]. 中国全科医学, 2024, 27 (29): 3629-3634. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2024.0095. [www.chinagp.net]

YU C Y, DONG F, LEI J P, et al. Correlation between body composition and cardiopulmonary exercise capacity in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. Chinese General Practice, 2024, 27 (29): 3629-3634.

© Editorial Office of Chinese General Practice. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license.

Research Center for Respiratory Diseases/Institute of Respiratory Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences/Research Programs and Data Management Department, Center of Respiratory Medicine, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China

4.Department of Rehabilitation Medicine, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China

*Corresponding author: YANG Ting, Chief physician/Doctoral supervisor; E-mail: zryyyangting@163.com

【Abstract】 Background Cardiopulmonary exercise testing (CPET) is essential for assessing the maximal exercise capacity of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and for developing rehabilitation prescriptions. Body composition has been shown to be associated with CPET results, which is complex, time-consuming, contraindicated, and risky, and cannot be performed in some COPD patients, whereas body composition analysis is simple and fast. **Objective** This paper focuses on the correlation between body composition and CPET in patients with COPD, and provides a basis for predicting maximal exercise capacity, formulating rehabilitation prescriptions, and rational nutritional support for patients with COPD who are unable to complete cardiopulmonary exercise testing. **Methods** Stable COPD patients were enrolled in the outpatient respiratory clinic of China-Japan Friendship Hospital between July 2021 and March 2022, and were sequentially subjected to body composition measurements and CPET with continuous incremental loading, and the test results were analyzed to assess the relationship between body composition and CPET results, and to analyze the value of the body composition indexes in predicting the results of CPET. **Results** Seventy-seven eligible patients with stable COPD completed body composition measurement and exercise cardiopulmonary exercise testing. Correlation analysis showed that body fat percentage (BFP) was negatively correlated with peak metabolic equivalents (peakMETs) ($P<0.01$); skeletal muscle mass index (SMI) was positively correlated with peak oxygen uptake (peakVO₂), peak load, peak ventilation volume (peakVE), maximum heart rate (peakHR), peak oxygen pulse (peakO₂pulse), and oxygen uptake efficiency slope (OUES) at the highest exercise state were positively correlated ($P<0.01$); and the fat free mass index (FFMI) was positively correlated with peakVO₂, peakLoad, peakVE, peakO₂pulse, and OUES ($P<0.01$). The results of multivariable linear regression analysis showed that SMI and FFMI were independently and positively correlated with peakLoad, peakVE, peakO₂pulse, and OUES in patients with COPD ($P<0.05$). BFP was independently and negatively correlated with peakMETs in patients with COPD ($P<0.05$). SMI had better predictive ability than FFMI for the results of the CPET trial in COPD patients peakLoad, peakVE, peakO₂pulse, and OUES. **Conclusion** Muscle content is positively correlated with the exercise capacity of COPD patients, and the results of body composition measurement can be used as an important criterion for predicting the exercise capacity of COPD patients, guiding the rehabilitation exercise and rational nutritional support therapy.

【Key words】 Chronic obstructive pulmonary disease; Cardiopulmonary exercise test; Body composition; Rehabilitation; Multifactor linear regression

慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 是以持续存在气流受限为特征的可以预防和治疗疾病, 病情呈渐进性进展^[1]。此病常年反复发作, 严重影响患者的生活质量和劳动能力。COPD 稳定期患者的治疗, 现有措施仍以支气管扩张、祛痰和长期家庭氧疗为主, 但效果不能满足患者日常生活需求^[2]。COPD 全球倡议 (global initiative for chronic obstructive lung disease, GOLD) 2019 年修订版提出了中国特色 COPD 康复方法, 明确了肺康复治疗在改善患者长期预后方面的重要性^[3]。而肺康复处方需要根据心肺运动试验 (cardiopulmonary exercise test, CPET) 的结果来制订, 且有研究表明, CPET 是一种优于肺功能试验 (pulmonary function test, PFT) 的对 COPD 患者呼吸损伤程度测定的方法^[4]。CPET 可以对受试者气体交换能力、运动能力的受限进行定量评估, 在疾病的鉴别诊断、预后评估、医疗干预效果评价、运动处方制订等方面具有重要的临床价值^[5-6]。但 CPET 检查操作仪器

价格昂贵, 检查时间长且检查风险较高。而身体成分检查操作简单, 能快速分析人体的组成成分。既往对于身体成分和 CPET 的相关性研究多数是针对正常人或冠心病患者^[7-8]。有研究表明 COPD 患者最大运动能力与 BMI、去脂体质量 (FFM)、腿部肌肉量 (LBMI_{legs}) 相关^[9-11]。本研究旨在分析 COPD 患者身体成分参数与 CPET 结果的相关性, 并探讨身体成分检查是否能预测 COPD 患者的心肺运动功能, 为不能进行 CPET 检查的 COPD 患者预测最大运动能力、制订康复处方以及为 COPD 患者合理营养支持治疗提供一定的理论依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

回顾性选取 2021 年 7 月—2022 年 3 月于中日友好医院进行身体成分检测和 CPET 检测的稳定期 COPD 患者 77 例。本研究已获得中日友好医院伦理委员会审批同意 (2022-KY-141), 所有研究对象知情同意并签署

知情同意书。

1.2 纳排标准

1.2.1 纳入标准：参照 GOLD 2020^[12] 相关标准，明确诊断为 COPD 的患者，且疾病处于稳定期。

1.2.2 排除标准：排除急性加重期的患者及有 CPET 禁忌证的患者。急性加重的判断标准^[13]：呼吸系统症状恶化超出日间变异，如气促加重伴喘息、胸闷、咳嗽加剧、痰量增加等症状，并由此需改变其药物治疗。CPET 禁忌证包括^[14]：未控制的急性冠脉综合征；急性心力衰竭；有症状的重度主动脉瓣狭窄、严重主动脉缩窄或降主动脉瘤；急性主动脉夹层；急性心肌炎、心包炎或心内膜炎；有症状或血流动力学不稳定的严重心律失常；严重的缓慢性心律失常；急性肺栓塞及肺梗死；急性呼吸衰竭；未控制的哮喘；休息时外周血氧饱和度 <85%；急性下肢深静脉血栓；近期发生非心脏原因可影响运动能力的疾病，或患有可因运动而加剧病情的疾病。

1.3 资料收集

1.3.1 人口统计学数据：从患者的身体成分报告和 CPET 报告中收集患者的人口统计学数据（即性别、年龄等）。

1.3.2 身体成分：应用身体成分分析仪 MC-780MA 进行检测，采用 8 点接触式电极法直接测定人体各部分的阻抗值。采集的测量指标包括：BMI、体脂率（BFP）、骨骼肌质量指数（SMI）、去脂体质量指数（FFMI）等。

1.3.3 CPET：采用德国耶格公司的 MasterScreen 心肺运动功能仪踏车。调节室内温度和湿度（温度 20~25℃，湿度 45%~60%），每天校准环境、容量、气体，以保证 CPET 检测的准确性。

1.3.3.1 CPET 检测前准备：受试者穿舒适的衣服、鞋子，禁烟和咖啡 2 h，检查之前不要做其他运动，向患者介绍 CPET 流程和注意事项，签署知情同意书。

1.3.3.2 测试方法及步骤：CPET 检查前先做肺通气功能测试。根据患者的体型、疾病状况、日常活动能力选择功率递增的幅度。所选功率递增幅度以患者能保持 CPET 测试 8~12 min 为宜。测试过程中，患者先静坐 3 min，采集静息时的呼吸循环系统相关数据。再进行 3 min 的无负荷踏车，然后进入到以 Ramp 方案负荷连续递增的（5~25 W/min）的运动测试。测试期间患者的蹬车转速需保持在 55~65 r/min，也可以用节拍器辅助患者保持转速。若没有终止的指征，鼓励患者尽可能坚持运动。

1.3.3.3 终止 CPET 测试的标准^[15]：（1）出现中度至重度心绞痛。（2）出现眩晕、共济失调、发绀或面色苍白、严重疲乏、呼吸困难等。（3）心电图示相邻导联 ST 段水平型或下斜型压低 ≥ 0.2 mV，持续 2 min 及以上；ST 段弓背向上型抬高 ≥ 0.1 mV。（4）出现严重心律失常，如二至三度房室传导阻滞、室性心动过速、频发室性早

搏、新发快速心室率的心房颤动等。（5）随着功率递增，收缩压下降 ≥ 10 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa）或持续低于基线血压；或收缩压 ≥ 220 mmHg 和 / 或舒张压 ≥ 110 mmHg。（6）因下肢无力或肌肉疼痛、痉挛，导致踏车转速明显下降。（7）受试者要求终止运动。

1.3.3.4 测得的 CPET 指标：在运动中检测受试者最高运动状态时摄氧量（peakVO₂）、最高运动状态时代谢当量（peakMETs）、最高运动状态时运动负荷（peakLoad）、最大分钟通气量（peakVE）、最高运动状态时心率（peakHR）、最高运动状态时氧脉搏（peakO₂pulse）、摄氧效率斜率（OUES）。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件进行统计处理。符合正态分布的计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示，不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示，计数资料以相对数表示。相关性分析采用 Pearson 相关或 Spearman 秩相关分析。再将相关分析 $P < 0.01$ 的预测变量纳入多元线性回归模型，同时调整协变量年龄、性别、第 1 秒用力呼气末容积（FEV₁），分析身体成分与心肺运动功能的关系。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者基本临床资料

77 例患者中，男 60 例（77.9%），女 17 例（22.1%）；年龄 64（58，69）岁；BMI（24.8 ± 3.9）kg/m²；身体成分：BFP（25.47 ± 6.95）%，SMI（8.77 ± 1.33）kg/m²，FFMI 18.02（16.04，19.37）kg/m²；肺功能：FEV₁（2.12 ± 0.82）L，FEV₁ 占预计值百分比（FEV₁%pred）79.9%（62.9%，89.1%）；COPD GOLD 分级：轻度（FEV₁ $\geq 80\%$ ）38 例（49.35%），中度（50% \leq FEV₁ < 80%）30 例（38.96%），重度（30% \leq FEV₁ < 50%）5 例（6.49%），极重度（FEV₁ < 30%）4 例（5.19%）；CPET：peakVO₂ 1 358.00（1 079.25，1 692.55）mL/min，peakMETs（5.76 ± 1.57），peakLoad 100.0（77.0，129.5）W，peakVE（56.78 ± 18.16）L/min，peakHR（141.36 ± 22.05）次/min，peakO₂pulse（88.65 ± 20.60）mL/次，OUES 1 691.00（1 245.85，2 069.70）。

2.2 COPD 患者的身体成分和 CPET 指标的相关性分析

相关性分析结果显示，BFP 与 peakMETs 呈负相关（ $P < 0.01$ ）；SMI 与 peakVO₂、peakLoad、peakVE、peakHR、peakO₂pulse、OUES 呈正相关（ $P < 0.01$ ）；FFMI 与 peakVO₂、peakLoad、peakVE、peakO₂pulse、OUES 呈正相关（ $P < 0.01$ ），见表 1。

2.3 多元线性回归分析

分别以 peakVO₂、PeakMETs、peakLoad、peakVE、peakHR、peakO₂pulse、OUES 为因变量，以相关分析

表 1 COPD 患者身体成分与心肺运动指标的相关分析
Table 1 Correlation analysis between body composition and cardiopulmonary exercise indices

项目	BMI		BFP		SMI		FFMI	
	$r(r_s)$ 值	P 值	$r(r_s)$ 值	P 值	$r(r_s)$ 值	P 值	$r(r_s)$ 值	P 值
peakVO ₂	0.12 ^a	0.32	-0.05 ^a	0.669	0.66 ^a	<0.001	0.56 ^a	<0.001
peakMETs	0.20	0.08	-0.37	0.001	0.18	0.12	0.05 ^a	0.666
peakLoad	0.12 ^a	0.31	-0.07 ^a	0.529	0.68 ^a	<0.001	0.57 ^a	<0.001
peakVE	-0.05	0.68	-0.11	0.350	0.66	<0.001	0.55 ^a	<0.001
peakHR	0.09	0.42	-0.93	0.422	0.29	0.01	0.15 ^a	0.195
peakO ₂ pulse	0.03	0.79	-0.04	0.765	0.55	<0.001	0.56 ^a	<0.001
OUES	0.05 ^a	0.68	0.02 ^a	0.849	0.60 ^a	<0.001	0.56 ^a	<0.001

注: ^a 为 r_s 值; BFP= 体脂率, SMI= 骨骼肌质量指数, FFMI= 去脂体质量指数, FEV₁= 第 1 秒用力呼气末容积, peakVO₂= 最高运动状态时摄氧量, peakMETs= 最高运动状态时代谢当量, peakLoad= 最高运动状态时运动负荷, peakVE= 最大分钟通气量, peakHR= 最高运动状态时心率, peakO₂pulse= 最高运动状态时氧脉搏, OUES= 摄氧效率斜率。

$P<0.01$ 的体成分变量为自变量, 同时调整协变量性别、年龄、FEV₁, 多元线性回归分析结果显示, SMI、FFMI 与 COPD 患者 peakLoad、peakVE、peakO₂pulse、OUES 呈独立正相关, BFP 与 COPD 患者 peakMETs 呈独立负相关 ($P<0.05$)。其中在因变量为 peakLoad、peakVE、peakO₂pulse、OUES 的多元线性回归分析中, SMI 的 β 值高于 FFMI, 见表 2。

3 讨论

COPD 主要累及肺部, 但也会引起肺外多器官受累及骨骼肌萎缩等全身性反应^[10]。BMI 曾是评估 COPD 患者营养状况最常用的工具, 但体质量变化和 BMI 分类并没有考虑身体成分的变化, 包括脂肪和肌肉分布。随着身体成分学的发展, 临床能更加简单、快速地了解人体组成、分析营养状况。有研究表明, 中国 COPD 患者发生营养不良的情况较为普遍^[15]。而营养不良的情况可以通过体成分中的 FFMI 等指标降低来体现^[16]。有研究表明, 低 FFMI 与总体死亡率和 COPD 死亡率增加相关, 即使在 BMI 正常的受试者中, 低 FFMI 也与总体死亡率的增加有关^[17]。也曾有研究表明 BMI 与 COPD 患者的 CPET 结果有一定的相关性^[9], 但本研究表明, COPD 患者的运动能力与身体成分结果相关性更大。所以应该更加注重身体成分的结果而不是单纯地进行 BMI 分析。

COPD 患者气流受限严重程度与营养不良相关, 通气不足增加能量消耗, 应采用营养支持疗法联合康复改善体质和运动耐力^[18]。有研究通过 6 分钟步行试验证明了营养不良患者的运动能力较低^[15], 本研究结果与之相一致。本研究表明, COPD 患者的 BFP 与 peakMETs 呈独立负相关。有研究表明, 代谢当量值每增加 1 个单位, 生存率会增加 12%^[11]。所以肥胖的人寿命和运动能力会相对降低。

本研究表明, COPD 患者 SMI、FFMI 与 CPET 中

的 peakLoad、peakVE、peakO₂pulse、OUES 呈独立正相关。所以肌肉指数高的患者运动时可以达到更高的运动功率、更大的分钟通气量、更高的氧脉搏以及更高的 OUES。在因变量为 peakLoad、peakVE、peakO₂pulse、OUES 的多元线性回归分析中 SMI 的 β 值高于 FFMI, 说明 SMI 对于 COPD 患者踏车 CPET 的结果 peakLoad、peakVE、peakO₂pulse、OUES 的影响程度大于 FFMI。这可能是由于 SMI 只反映骨骼肌, 而 FFMI 反映的肌肉除了骨骼肌, 还有平滑肌和心肌。所以骨骼肌对 COPD 患者心肺运动能力影响较大。COPD 患者更应该加强营养, 增加蛋白质的摄入。对于不能进行 CPET 检查的 COPD 患者可以通过身体成分的结果预测患者的运动能力, 为患者制订肺康复运动处方提供理论依据。

本研究的局限性: 本研究为单中心的回顾性研究, 纳入分析的样本量有限, 该医疗单位的 COPD 人群疾病严重程度可能并不能类推到全国各地的 COPD 患者。而且不同医疗单位所用的踏车设备、操作人员不同也会对试验结果产生影响。本研究结论有待于大样本量、多中心研究进一步证实。此外, 本研究患者的基线心血管功能状况、日常活动水平、药物治疗等因素均可影响运动试验的结果, 有待于纳入多维生理指标和疾病特征的临床研究进一步探讨。

4 小结

BFP 与 COPD 患者 peakMETs 呈独立负相关, SMI、FFMI 与 COPD 患者 peakLoad、peakVE、peakO₂pulse、OUES 呈独立正相关。肌肉量与 COPD 患者的运动能力呈正相关, 身体成分测定结果可以作为 COPD 患者运动能力预测、指导康复运动、合理营养支持治疗的重要标准。

作者贡献: 于春艳提出主要研究目标, 负责研究的构思与设计, 研究的实施, 撰写论文; 董芬、雷洁萍进行数据的收集与整理, 统计学处理, 表格的绘制与展示;

表2 COPD患者身体成分与心肺运动指标相关性的多元线性回归分析

Table 2 Multivariable linear regression analysis between body composition and cardiopulmonary exercise indices in COPD patients

因变量	自变量	B (95%CI)	SE	β	t 值	P 值
peakVO ₂	FEV ₁	3.323 (1.557~5.089)	0.886	0.486	3.752	<0.001
	SMI	-0.478 (-1.711~-0.755)	0.619	-0.114	-0.773	0.442
peakVO ₂	FEV ₁	3.335 (1.646~5.023)	0.847	0.488	3.937	<0.001
	FFMI	-0.392 (-1.061~-0.277)	0.336	-0.15	-1.168	0.247
peakMETs	FEV ₁	0.804 (0.373~1.234)	0.216	0.417	3.720	<0.001
	BFP	-0.084 (-0.132~-0.037)	0.024	-0.372	-3.532	0.001
peakLoad	FEV ₁	18.938 (11.322~26.553)	3.82	0.377	4.957	<0.001
	SMI	15.035 (9.717~20.353)	2.668	0.486	5.636	<0.001
peakLoad	FEV ₁	22.166 (14.476~29.856)	3.857	0.441	5.746	<0.001
	FFMI	7.179 (4.132~10.226)	1.528	0.374	4.697	<0.001
peakVE	FEV ₁	13.651 (9.926~17.377)	1.869	0.613	7.304	<0.001
	SMI	4.570 (1.969~7.172)	1.305	0.334	3.502	0.001
peakVE	FEV ₁	14.470 (10.869~18.071)	1.806	0.65	8.011	<0.001
	FFMI	2.415 (0.988~3.842)	0.716	0.284	3.374	0.001
peakHR	FEV ₁	6.884 (-0.126~13.894)	3.517	0.255	1.958	0.054
	SMI	2.913 (-1.982~7.809)	2.456	0.175	1.186	0.239
peakO ₂ pulse	FEV ₁	1.394 (0.577~2.21)	0.41	0.402	3.401	0.001
	SMI	0.936 (0.366~1.506)	0.286	0.439	3.272	0.002
peakO ₂ pulse	FEV ₁	1.570 (0.779~2.362)	0.397	0.453	3.954	<0.001
	FFMI	0.482 (0.168~0.796)	0.157	0.364	3.063	0.003
OUES	FEV ₁	-156.332 (-398.025~85.362)	121.243	-0.17	-1.289	0.201
	SMI	385.795 (217.022~554.568)	84.663	0.682	4.557	<0.001
OUES	FEV ₁	-66.030 (-308.883~176.823)	121.825	-0.072	-0.542	0.589
	FFMI	173.525 (77.295~269.754)	48.273	0.494	3.595	0.001

注：以 peakVO₂ 为因变量，年龄、性别、FEV₁ 和 SMI 为自变量的多元线性回归方程：调整 R²=0.278，F=8.304，P<0.001；以 peakVO₂ 为因变量，年龄、性别、FEV₁ 和 FFMI 为自变量的多元线性回归方程：调整 R²=0.285，F=8.583，P<0.001；以 peakMETs 为因变量，年龄、性别、FEV₁ 和 BFP 为自变量的多元线性回归方程：调整 R²=0.368，F=12.045，P<0.001；以 peakLoad 为因变量，年龄、性别、FEV₁ 和 SMI 为自变量的多元线性回归方程：调整 R²=0.752，F=58.478，P<0.001；以 peakLoad 为因变量，年龄、性别、FEV₁ 和 FFMI 为自变量的多元线性回归方程：调整 R²=0.726，F=51.325，P<0.001；以 peakVE 为因变量，年龄、性别、FEV₁ 和 SMI 为自变量的多元线性回归方程：调整 R²=0.697，F=44.704，P<0.001；以 peakVE 为因变量，年龄、性别、FEV₁ 和 FFMI 为自变量的多元线性回归方程：调整 R²=0.694，F=44.053，P<0.001；以 peakHR 为因变量，年龄、性别、FEV₁ 和 SMI 为自变量的多元线性回归方程：调整 R²=0.272，F=8.104，P<0.001；以 peakO₂pulse 为因变量，年龄、性别、FEV₁ 和 SMI 为自变量的多元线性回归方程：调整 R²=0.400，F=13.651，P<0.001；以 peakO₂pulse 为因变量，年龄、性别、FEV₁ 和 FFMI 为自变量的多元线性回归方程：调整 R²=0.39，F=13.144，P<0.001；以 OUES 为因变量，年龄、性别、FEV₁ 和 SMI 为自变量的多元线性回归方程：调整 R²=0.275，F=7.41，P<0.001；以 OUES 为因变量，年龄、性别、FEV₁ 和 FFMI 为自变量的多元线性回归方程：调整 R²=0.183，F=5.262，P=0.001。

夏金根、曲木诗玮进行论文的修订；杨汀、杨天祯、李晓盼负责文章的质量控制与审查，对文章整体负责，监督管理。

本文无利益冲突。

于春艳 : <https://orcid.org/0009-0002-9531-7854>

参考文献

- [1] LIAO Y X, CHEN Y H. Twenty years of changes in the disease assessment method of the Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease [J]. Chin Med J, 2020, 133 (17): 2098-2103. DOI: 10.1097/CM9.0000000000000920.
- [2] 黄鑫, 钱钧, 陈法余, 等. 有氧运动对稳定期慢性阻塞性肺疾病患者血清炎症因子及心肺运动功能的影响 [J]. 中国全科医学, 2021, 24 (28): 3615-3619, 3628. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2021.00.217.
- [3] 陈亚红. 2019 年 GOLD 慢性阻塞性肺疾病诊断、治疗及预防全球策略解读 [J]. 中国医学前沿杂志 (电子版), 2019, 11 (1): 1-14. DOI: 10.12037/YXQY.2019.01-01.
- [4] FINK G, MOSHE S, GOSHEN J, et al. Functional evaluation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: pulmonary function test versus cardiopulmonary exercise test [J]. J Occup Environ Med, 2002, 44 (1): 54-58. DOI: 10.1097/00043764-200201000-00009.
- [5] ADACHI H. Cardiopulmonary exercise test [J]. Int Heart J, 2017, 58 (5): 654-665. DOI: 10.1536/ihj.17-264.

- [6] HERDY A H, RITT L E F, STEIN R, et al. Cardiopulmonary exercise test: background, applicability and interpretation [J]. Arq Bras Cardiol, 2016, 107 (5): 467-481. DOI: 10.5935/abc.20160171.
- [7] HEILESON J L, PAPADAKIS Z, ISMAEEL A, et al. The benefits of utilizing total body composition as a predictor of cardiorespiratory fitness based on age: a pilot study [J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19 (9): 5758. DOI: 10.3390/ijerph19095758.
- [8] 白瑾, 赵威, 徐昕晔, 等. 冠心病患者体成分与运动能力的相关性 [J]. 北京大学学报 (医学版), 2014, 46 (6): 854-858. DOI: 10.3969/j.issn.1671-167X.2014.06.007.
- [9] 周锋, 刘锦铭, 孙兴国. 慢性阻塞性肺疾病患者 BMI 指数对心肺运动耐力的影响 [C]// 中华医学会呼吸病学年会——2011 (第十二次全国呼吸病学学术会议) 论文汇编. 广州, 2011: 411-412.
- [10] 周锋, 刘锦铭, 杨文兰, 等. 慢性阻塞性肺疾病患者去脂体重与最高运动状态反应的相关性 [J]. 国际呼吸杂志, 2011, 31 (13): 968-972. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-436X.2011.013.002.
- [11] YOSHIKAWA M, YONEDA T, TAKENAKA H, et al. Distribution of muscle mass and maximal exercise performance in patients with COPD [J]. Chest, 2001, 119 (1): 93-98. DOI: 10.1378/chest.119.1.93.
- [12] Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). Global strategy for the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease 2020 report [EB/OL]. [2020-11-01]. https://goldcopd.org/wp-content/uploads/2019/12/GOLD-2020-FINAL-verl.2-03Dec19_WMV.pdf.
- [13] 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组, 中国医师协会呼吸医师分会慢性阻塞性肺疾病工作委员会. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南 (2021 年修订版) [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2021, 44 (3): 170-205. DOI: 10.3760/cma.j.cn112147-20210109-00031.
- [14] 中华医学会心血管病学分会, 中国康复医学会心肺预防与康复专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 心肺运动试验临床规范应用中国专家共识 [J]. 中华心血管病杂志, 2022, 50 (10): 973-986. DOI: 10.3760/cma.j.cn112148-20220316-00180.
- [15] MYERS J, PRAKASH M, FROELICHER V, et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing [J]. N Engl J Med, 2002, 346 (11): 793-801. DOI: 10.1056/NEJMoa011858.
- [16] CEDERHOLM T, BOSAEUS I, BARAZZONI R, et al. Diagnostic criteria for malnutrition – an ESPEN consensus statement [J]. Clin Nutr, 2015, 34 (3): 335-340. DOI: 10.1016/j.clnu.2015.03.001.
- [17] VESTBO J, PRESCOTT E, ALMDAL T, et al. Body mass, fat-free body mass, and prognosis in patients with chronic obstructive pulmonary disease from a random population sample: findings from the Copenhagen City Heart Study [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2006, 173 (1): 79-83. DOI: 10.1164/rccm.200506-9690C.
- [18] 陈亚红. 2022 年 GOLD 慢性阻塞性肺疾病诊断、治疗、管理及预防全球策略更新要点解读 [J]. 中国全科医学, 2022, 25 (11): 1294-1304, 1308. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2022.01.302.
(收稿日期: 2024-03-10; 修回日期: 2024-05-20)
(本文编辑: 贾萌萌)
- (上接第 3622 页)
- [20] 熊燕, 杨星, 杨敬源, 等. 贵州农村老年人社会支持与认知功能的关系及焦虑睡眠的中介作用 [J]. 现代预防医学, 2022, 49 (20): 3717-3722. DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202204492.
- [21] 王志如, 贾小芳, 王志宏. 代谢性危险因素与认知功能障碍关联的研究进展 [J]. 卫生研究, 2024, 53 (2): 326-331. DOI: 10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2024.02.023.
- [22] LIVINGSTON G, HUNTLEY J, SOMMERLAD A, et al. Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission [J]. Lancet, 2020, 396 (10248): 413-446. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30367-6.
- [23] YU S K, JI H W, LU Y Y, et al. Significance of the combination of inter-limb blood pressure differences in the elderly: the Northern Shanghai Study [J]. J Clin Hypertens, 2019, 21 (7): 884-892. DOI: 10.1111/jch.13588.
- [24] 张亚清, 刘秀梅, 余苹, 等. 脑微出血与认知功能障碍的相关性研究 [J]. 中国卒中杂志, 2022, 17 (7): 748-752. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2022.07.012.
- [25] CHANG Y, LEE S A, LEE S H, et al. Interarm blood pressure difference has various associations with the presence and burden of cerebral small-vessel diseases in noncardioembolic stroke patients [J]. J Clin Neurol, 2019, 15 (2): 159-167. DOI: 10.3988/jcn.2019.15.2.159.
- [26] 肖悠美, 孙晓静. AIS 血压变异性对颈动脉粥样硬化及认知功能影响 [J]. 青岛大学学报 (医学版), 2023, 59 (5): 740-744.
- [27] CLARK C E, TAYLOR R S, SHORE A C, et al. Association of a difference in systolic blood pressure between arms with vascular disease and mortality: a systematic review and meta-analysis [J]. Lancet, 2012, 379 (9819): 905-914. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)61710-8.
- [28] OCHOA V M, YEGHIAZARIANS Y. Subclavian artery stenosis: a review for the vascular medicine practitioner [J]. Vasc Med, 2011, 16 (1): 29-34. DOI: 10.1177/1358863X10384174.
- [29] 袁琳丽, 傅荣, 李敬伟, 等. 社区老年人轻度认知障碍影响因素 Meta 分析 [J]. 现代预防医学, 2019, 46 (22): 4099-4104.
- [30] AUSTIN T R, NASRALLAH I M, ERUS G, et al. Association of brain volumes and white matter injury with race, ethnicity, and cardiovascular risk factors: the multi-ethnic study of atherosclerosis [J]. J Am Heart Assoc, 2022, 11 (7): e023159. DOI: 10.1161/JAHA.121.023159.
- [31] MUÑOZ-TORRES F J, ANDRIANKAJA O M, RUIZ J I, et al. Longitudinal association between adiposity and inter-arm blood pressure difference [J]. J Clin Hypertens, 2019, 21 (10): 1519-1526. DOI: 10.1111/jch.13678.
(收稿日期: 2024-03-10; 修回日期: 2024-05-20)
(本文编辑: 毛亚敏)