

多模态运动干预对癌症患者癌因性疲乏和生活质量影响的Meta分析

徐奕巧¹, 洪羽彤², 何 玥¹, 任海涛¹, 史晓普^{1*}

¹湖州学院生命健康学院, 浙江 湖州

²苏州高博职业学院, 江苏 苏州

收稿日期: 2026年9月12日; 录用日期: 2026年10月2日; 发布日期: 2026年10月15日

摘 要

背景: 癌因性疲乏是癌症患者最常见的伴随症状之一, 严重影响患者的生活质量和治疗依从性。多模态运动(结合有氧运动与抗阻训练等多种运动模式)作为一种非药物干预手段, 其对癌因性疲乏的改善效果尚存在争议, 且近年来新增多项随机对照试验。目的: 系统评价多模态运动干预对癌症患者癌因性疲乏及生活质量的改善效果。并分别按年龄、癌症类型和偏倚风险等级进行亚组分析, 探索异质性的潜在来源。方法: 计算机检索PubMed、Embase、Cochrane Library、Web of Science、中国知网(CNKI)和万方数据库(WanFang Data), 检索时限为建库至2026年2月。纳入关于多模态运动干预改善癌症患者疲乏的随机对照试验, 由两名研究者独立进行文献筛选、数据提取和偏倚风险评估。采用Stata 16.0和RevMan 5.4软件进行Meta分析。结局指标包括癌因性疲乏评分和生活质量评分, 效应量采用标准化均数差及其95%置信区间表示。采用亚组分析比较不同年龄组(<65岁vs ≥65岁)、不同癌症类型(乳腺癌vs多种癌症类型)以及不同偏倚风险等级(中等风险vs低风险)之间的效应差异。结果: 共纳入13项随机对照试验, 包括1509例癌症患者。Meta分析结果显示: ① 疲乏改善: 多模态运动干预可显著降低癌症患者的疲乏水平, 合并效应量为[SMD = -0.96, 95% CI (-1.41, -0.51), P < 0.01], 研究间存在高度异质性(I² = 93.8%)。② 生活质量改善: 多模态运动干预可显著提升患者的生活质量, 合并效应量为[SMD = 1.04, 95% CI (0.86, 1.22), P < 0.01], 研究间存在中度异质性(I² = 61.1%)。亚组分析显示: ① 年龄亚组: ≥65岁患者疲乏改善效果(SMD = -1.29)优于<65岁患者(SMD = -0.59); ② 癌症类型亚组: 乳腺癌患者(SMD = -0.66)从干预中获益显著, 而多种癌症类型混合患者(SMD = 0.09)效果无统计学意义; ③ 偏倚风险亚组: 中等风险研究的合并效应量(SMD = -0.96)与总体效应量一致。敏感性分析显示结果稳健。Egger检验未发现明显发表偏倚(t = 0.22, P = 0.829)。结论: 当前证据表明, 多模态运动干预可有效改善癌症患者的癌因性疲乏症状并提升生活质量。亚组分析提示, 该干预在老年患者和乳腺癌患者中效果更为显著, 而癌症类型是影响干预效果的重要因素。受纳入研究数量和质量的限制, 上述结论仍需更多高质量、大样本的随机对照试验加以验证。

关键词

多模态运动, 癌症相关疲劳, 生活质量, Meta分析, 随机对照试验, 年龄亚组, 癌症类型亚组

*通讯作者。

Meta-Analysis of the Effects of Multimodal Exercise Interventions on Cancer-Related Fatigue and Quality of Life in Cancer Patients

Yiqiao Xu¹, Yutong Hong², Yue He¹, Haitao Ren¹, Xiaopu Shi^{1*}

¹School of Life and Health Sciences, Huzhou College, Huzhou Zhejiang

²Suzhou Global Institute, Suzhou Jiangsu

Received: September 12, 2026; accepted: October 2, 2026; published: October 15, 2026

Abstract

Background: Cancer-related fatigue (CRF) is one of the most prevalent and distressing symptoms experienced by cancer patients, severely impairing their quality of life and treatment compliance. Multimodal exercise, defined as a combination of aerobic and resistance training, has emerged as a promising non-pharmacological intervention. However, its efficacy remains controversial, and recent years have seen the publication of multiple new randomized controlled trials (RCTs). **Objective:** To systematically evaluate the effects of multimodal exercise interventions on CRF and quality of life (QOL) in cancer patients. Additionally, we will explore potential sources of heterogeneity through subgroup analyses based on age, cancer type, and risk of bias. **Methods:** A systematic search was conducted across PubMed, Embase, Cochrane Library, Web of Science, CNKI, and WanFang Data from inception to February 2026. RCTs investigating multimodal exercise interventions for cancer-related fatigue were eligible for inclusion. Two reviewers independently performed literature screening, data extraction, and risk of bias assessment using the RoB 2.0 tool. Meta-analysis was performed using Stata 16.0 and RevMan 5.4 software. Outcomes included CRF scores and QOL scores, with effect sizes expressed as standardized mean differences (SMD) and 95% confidence intervals (CI). Subgroup analyses were conducted to compare effects between different age groups (<65 vs. ≥65 years), cancer types (breast cancer vs. mixed cancers), and risk of bias levels (moderate vs. low). **Results:** Thirteen RCTs comprising 1509 cancer patients were included. The main analysis for CRF included 11 RCTs, excluding Steindorf (2014) which examined pure resistance training, and Li Chunyan (2024) which involved non-cancer populations. Meta-analysis showed that multimodal exercise significantly reduced CRF (SMD = -0.96, 95% CI: -1.41 to -0.51, $P < 0.01$), with high heterogeneity ($I^2 = 93.8\%$). For QOL, multimodal exercise significantly improved outcomes (SMD = 1.04, 95% CI: 0.86 to 1.22, $P < 0.01$), with moderate heterogeneity ($I^2 = 61.1\%$). Subgroup analysis revealed that: ① Age: Patients aged ≥ 65 years benefited more (SMD = -1.29) than those <65 years (SMD = -0.59); ② Cancer Type: Breast cancer patients showed significant improvement (SMD = -0.66), whereas patients with mixed cancer types showed no statistically significant effect (SMD = 0.09); ③ Risk of Bias: The effect size of moderate-risk studies (SMD = -0.96) aligned with the overall estimate. Sensitivity analysis confirmed robust results. Egger's test indicated no significant publication bias ($t = 0.22$, $P = 0.829$). **Conclusions:** Current evidence suggests that multimodal exercise effectively alleviates CRF and enhances QOL in cancer patients. Subgroup analyses indicate that elderly patients and breast cancer patients derive the most benefit, highlighting cancer type as a key moderator of intervention effects. Due to limitations in the number and quality of included studies, these findings require further validation through large-scale, high-quality RCTs.

Keywords

Multimodal Exercise, Cancer-Related Fatigue, Quality of Life, Meta-Analysis, Randomized

Controlled Trial, Age Subgroup, Cancer Type Subgroup

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

癌症是全球范围内主要的公共卫生问题，其发病率和死亡率逐年上升。随着诊疗技术的进步，癌症患者的生存期显著延长，如何提高患者的生存质量成为临床关注的重点。癌因性疲乏是癌症患者最常见的伴随症状之一，发生率高达 60%~90%，即使在治疗结束后，仍有约三分之一的患者经历持续性疲乏。与普通疲劳不同，癌因性疲乏具有程度重、持续时间长、休息后难以缓解等特点，严重影响患者的躯体功能、心理状态、社会交往及治疗依从性，甚至导致治疗中断。

目前，癌因性疲乏的干预措施包括药物干预和非药物干预。药物干预效果有限且常伴有不良反应。因此非药物干预中的运动疗法因其安全、经济、易实施等优势受到广泛关注。既往研究表明，运动干预可有效改善癌因性疲乏，但多数研究聚焦于单一运动模式，如单纯有氧运动或单纯抗阻训练等。近年来，“多模态运动”即同时结合有氧运动、抗阻训练、平衡训练等多种运动模式的综合干预方案逐渐成为研究热点，其理论依据在于不同运动模式可能通过不同的生理机制(如改善心肺适能、增加肌肉力量、调节炎症因子等)协同作用于疲乏症状。

然而，关于多模态运动干预效果的系统评价仍存在以下研究缺口：① 既往 Meta 分析纳入的研究较陈旧，近年来新增多项高质量随机对照试验(如 Li Shuqin 2025、Wu Zhixin 2026 等)尚未被整合；② 多数研究未对不同癌症类型进行分层分析，而不同癌种患者的病理生理特点和治疗反应可能存在差异；③ 多模态运动的最佳剂量(频率、强度、时间)尚未明确。因此，本研究旨在通过 Meta 分析的方法，系统评价多模态运动干预对癌症患者癌因性疲乏及生活质量的影响，并探索异质性的潜在来源，以期为临床实践提供循证依据。

2. 方法

2.1. 纳入与排除标准

2.1.1. 纳入标准

根据 PICO 原则制定纳入标准：

研究对象(Population): 经病理学或细胞学确诊的癌症患者，年龄 ≥ 18 岁，种族、国籍、癌症分期不限。

干预措施(Intervention): 多模态运动干预，定义为同时包含有氧运动和抗阻训练两种及以上核心运动模式。单纯抗阻训练或单纯有氧运动不属于本研究定义的多模态范畴；非恶性肿瘤人群(如维持性血液透析患者)亦不纳入主分析。

对照措施(Comparison): 常规护理、等待清单、健康教育、安慰剂或单一运动模式(如单纯有氧运动)。

结局指标(Outcome): ① 主要结局：癌因性疲乏，采用经过验证的量表测量(如 Piper 疲乏量表 PFS、癌症疲乏量表 CFS、EORTC QLQ-C30 疲乏子量表等)；② 次要结局：生活质量，采用经过验证的量表测量(如 SF-36、EORTC QLQ-C30、FACT-G 等)。

研究类型(Study design): 随机对照试验。

2.1.2. 排除标准

非中英文文献；
重复发表的文献；
无法获取全文或数据不全且联系作者无果的文献；
干预措施中包含药物干预或其他非运动干预作为核心成分的研究；
动物实验、综述、病例报告、会议摘要等。

2.2. 检索策略

计算机系统检索以下数据库：PubMed、Embase、Cochrane Library、Web of Science、中国知网和万方数据库。检索时限为建库至 2026 年 2 月。本研究未提前进行方案注册(PROSPERO 注册)，但严格遵循 PRISMA 2020 报告规范。

此外，通过手工检索纳入文献的参考文献列表追溯相关研究，并检索相关领域的学位论文、会议论文等灰色文献以减少发表偏倚。

2.3. 文献筛选与数据提取

由两名研究者独立进行文献筛选和数据提取，如遇分歧通过讨论或由第三名研究者裁决。首先通过阅读标题和摘要排除明显不相关的文献，然后对剩余文献下载全文进行复筛，并记录排除原因。

采用预先设计的标准化数据提取表提取以下信息：

基本信息：第一作者、发表年份、国家；

研究对象：癌症类型、癌症分期、样本量(干预组/对照组)；

干预措施：运动类型、运动频率(次/周)、单次时长(分钟/次)、干预周期(周)、对照措施；

结局指标：疲乏评估工具、疲乏干预后均值和标准差、疲乏对照后均值和标准差；生活质量评估工具、生活质量干预后均值和标准差、生活质量对照后均值和标准差；

偏倚风险评估要素：随机化方法、盲法实施、失访处理等。

2.4. 偏倚风险评估

采用 Cochrane 协作网推荐的 RoB 2.0 工具对纳入的随机对照试验进行偏倚风险评估。评估内容包括以下五个维度：① 随机化过程中的偏倚；② 偏离既定干预的偏倚；③ 结局数据缺失的偏倚；④ 结局测量的偏倚；⑤ 选择性报告结果的偏倚。每个维度评定为“低风险”“中等风险”或“高风险”，并综合判断研究的总体偏倚风险等级。由两名研究者独立评估，遇分歧协商解决。

2.5. 统计分析

采用 Stata16.0 和 RevMan5.4 软件进行 Meta 分析。由于不同研究采用的疲乏量表和生活质量量表不同，为消除量纲差异，连续型结局指标采用标准化均数差作为效应量，并采用 Hedges'g 进行小样本校正。各效应量均提供其点估计值和 95%置信区间。

2.5.1. 异质性检验

采用 Q 检验和 I^2 统计量评估异质性。若 $P > 0.1$ 且 $I^2 < 50\%$ ，异质性较小，采用固定效应模型合并效应量；若 $P \leq 0.1$ 或 $I^2 \geq 50\%$ ，显著异质性，采用随机效应模型(DerSimonian-Laird 法)合并效应量并探索异质性来源。

2.5.2. 亚组分析

根据预先设定的临床异质性来源进行亚组分析，包括：① 年龄亚组，分为<65 岁和≥65 岁两个亚组；② 癌症类型亚组，分为乳腺癌和多种癌症类型两个亚组；③ 偏倚风险亚组，分为低风险和中等风险两个亚组。通过亚组分析探索不同特征对合并效应量的影响。

2.5.3. 结果稳健性检验

采用逐一剔除法进行敏感性分析，评估合并效应量的稳定性及单个研究对整体结果的影响。

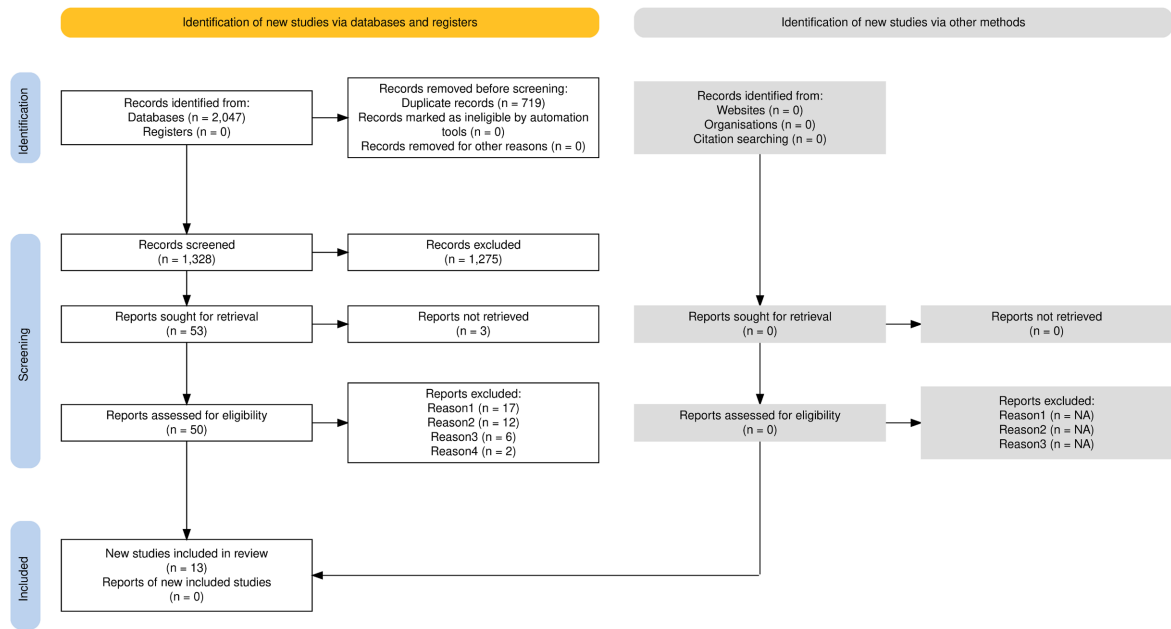
2.5.4. 发表偏倚的识别策略

采用漏斗图直观判断发表偏倚，并结合 Egger 检验定量分析；Egger 检验 $P < 0.05$ 提示存在潜在发表偏倚。

3. 结果

3.1. 文献筛选流程与结果

初步检索共获得相关文献 2047 篇，其中 PubMed 523 篇，Embase 612 篇，Cochrane Library 287 篇，Web of Science 398 篇，CNKI 127 篇，万方数据库 100 篇。经 EndNote 软件去重后获得文献 1328 篇。阅读标题和摘要初筛排除 1275 篇，剩余 53 篇文献进入全文复筛。复筛过程中，3 篇无法获取全文，对剩余 50 篇全文进行评估，排除 37 篇，排除原因包括：干预措施不符合多模态运动定义(17 篇)、非随机对照试验(12 篇)、结局指标不符合(6 篇)、重复发表(2 篇)。最终纳入 13 项随机对照试验进行 Meta 分析。文献筛选流程如图 1。



注：系统检索共获得 2047 篇文献，经去重、初筛、全文复筛后，最终纳入 13 项随机对照试验进行 Meta 分析。

Figure 1. Literature screening PRISMA flowchart
图 1. 文献筛选 PRISMA 流程图

3.2. 纳入研究的基本特征

共纳入 13 项随机对照试验、1509 例癌症患者(干预组 770 例，对照组 739 例)。发表年份 2009~2026

年，2020 年后占 69.2%(9/13)。地域分布：中国 7 项，丹麦 3 项，德国 2 项，加拿大 1 项，美国 1 项，澳大利亚 1 项。癌症类型：乳腺癌 4 项，肺癌 1 项，宫颈癌 1 项，结直肠癌 1 项，前列腺癌 1 项，卵巢癌 1 项，胰腺癌/胆道癌/非小细胞肺癌混合 1 项，多种癌症类型混合 2 项，维持性血液透析患者(参考) 1 项。

干预措施均为多模态运动，主要包括有氧运动联合抗阻训练，部分研究联合平衡训练、柔韧性训练、营养支持或身心运动(如八段锦、瑜伽)。运动频率为 2~12 次/周，单次时长为 30~75 分钟，干预周期为 3~17 周。对照措施主要为常规护理、等待清单或单一运动模式。

纳入研究的基本特征见表 1 [1]-[13]。

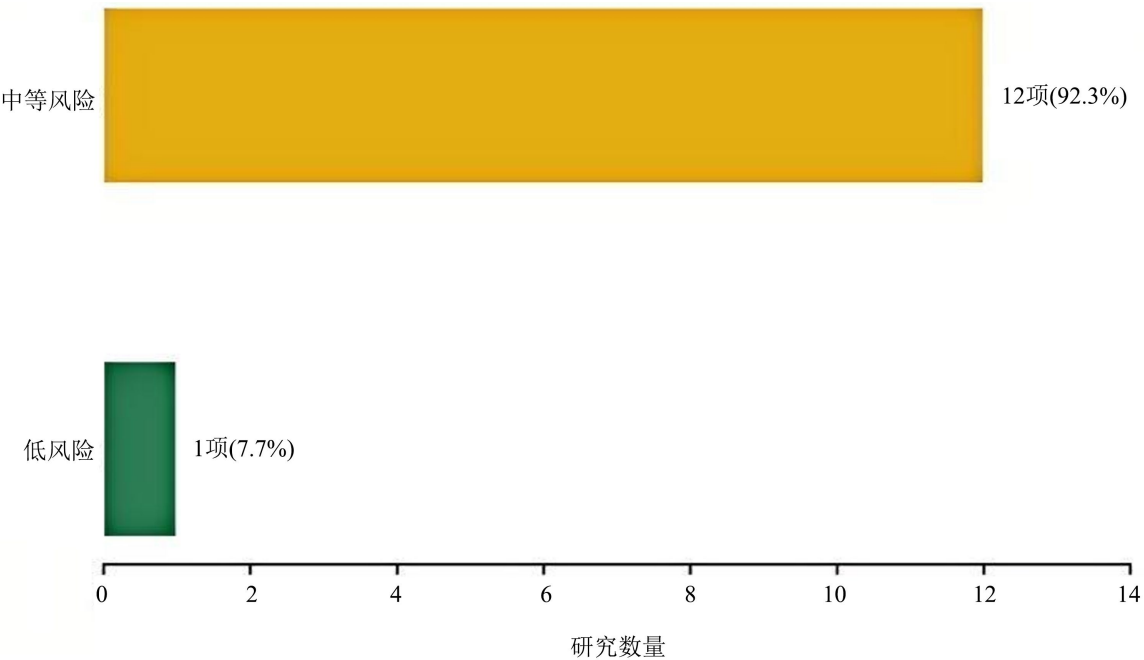
Table 1. Basic characteristics of included studies
表 1. 纳入研究的基本特征

第一作者	年份	国家	癌症类型	样本量 (T/C)	干预措施	干预细节 (频率/时长/周期)	对照 措施	疲乏 评估工具	生活质量 评估工具
Zhu Kanglin	2020	中国	乳腺癌	18/18	有氧 + 抗阻	5 次/周， 50 分，12 周	日常 中强度 活动	EORTC QLQ-C30	SF-36, EORTC QLQ-C30, QLQ-BR23
Li Shuqin	2025	中国	肺癌	58/58	热身 + 八段锦 + 抗阻 + 平衡	5 次/周， 30 分钟，12 周	常规 护理	CFS	肺癌特异性 生活质量量表
Wu Zhixin	2026	中国	宫颈癌	35/35	有氧 + 抗阻 + 营养支持	3 次/周， 60 分，12 周	常规 护理	PFS-R	EORTC QLQ- C30
Adamsen	2009	丹麦	多种癌症	118/117	高强度有氧 + 抗阻 + 放 松 + 按摩	12 次/周， 45 分，6 周	常规 护理	EORTC QLQ-C30	SF-36
An	2020	加拿大	乳腺癌	104/96	有氧 + 抗阻	3 次/周， 55 分，17 周	单纯 有氧	FACT-F	SF-36, FACT-B
Mikkelsen	2022	丹麦	胰腺/ 胆道/ 肺癌	41/43	抗阻 + 家庭步行 + 营养 + 护理	2 次/周， 60 分，12 周	常规 肿瘤 治疗	MDASI	EORTC QLQ-C30
Steindorf	2014	德国	乳腺癌	77/78	单纯抗阻	2 次/周， 60 分，12 周	渐进 肌肉 放松	FAQ	EORTC QLQ-C30, QLQ-BR23
Andersen	2013	丹麦	多种 癌症	106/107	高强度有氧 + 抗阻 + 放 松 + 按摩	12 次/周， 45 分，6 周	等待 清单	FACT-An	FACT-G
Schmitt	2016	德国	以乳腺癌 为主	14/14	HIIT/低中强度运动	6 次/周， 75 分，3 周	低中 强度 运动	MFI-20, EORTC QLQ-C30	EORTC QLQ-C30
Li Chunyan	2024	中国	维持性 血液透析	50/50	1RM 导向 + 仰卧弹力带	3 次/周， 35 分，4 周	常规护 理 + 仰 卧体操	PFS	-
Zhang Min	2023	中国	结直肠癌	42/42	有氧 + 抗阻 + 核心训练	4 次/周， 45 分钟，10 周	常规 护理	CFS	EORTC QLQ-C30
Wang Hao	2022	美国	前列腺癌	48/46	有氧 + 抗阻 + 平衡	3 次/周， 50 分，16 周	无额外 干预	PFS-R	SF-36
Liu Jing	2021	澳大利亚	卵巢癌	39/37	瑜伽 + 抗阻 + 有氧	5 次/周， 35 分，8 周	常规 护理	EORTC QLQ-C30	FACT-O

注：T：干预组；C：对照组；该研究人群非严格意义上的癌症患者，但在原始数据中作为参考纳入，敏感性分析中考虑剔除。

3.3. 纳入研究的偏倚风险评估

采用 RoB 2.0 工具对纳入的 13 项随机对照试验进行偏倚风险评估。结果显示：所有研究均报告了随机化方法，评为“低风险”；12 项研究(92.3%)未对研究对象和干预实施者实施盲法，评为“中等风险”；所有研究均妥善处理了失访数据，评为“低风险”；结局测量方面，由于疲乏和生活质量均为主观指标，未实施盲法可能引入测量偏倚，评为“中等风险”；所有研究均完整报告了预设结局指标，评为“低风险”。综合评定：1 项研究(Mikkelsen 2022)为“低风险”，其余 12 项研究(92.3%)为“中等风险”如图 2。



注：图中显示了纳入研究的总体偏倚风险评估结果。92.3%的研究(12 项)为中等风险，7.7%的研究(1 项)为低风险。

Figure 2. Bias risk level distribution map for included studies

图 2. 纳入研究的偏倚风险等级分布图

3.4. Meta 分析结果

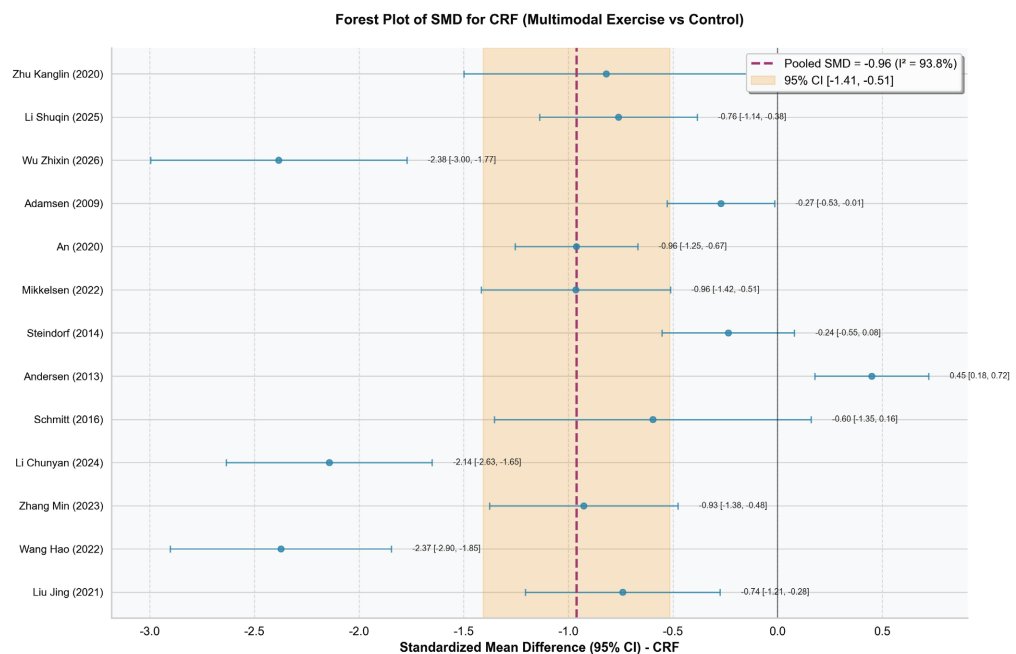
3.4.1. 多模态运动对癌因性疲乏的影响

主分析共纳入 11 项随机对照试验(剔除 Steindorf 2014 及 Li Chunyan 2024)。多模态运动干预可显著降低癌症患者的疲乏水平，合并效应量为[SMD = -0.96, 95% CI (-1.41, -0.51), $P < 0.01$]。敏感性分析显示，纳入上述两项研究后，合并效应量变化幅度较小(SMD = -0.88 至 -1.05)，提示结果稳健。

从单个研究看，除 Andersen (2013)的研究效应量为正值外，其余 12 项研究均为负值，其中 Wu Zhixin (2026)、Li Chunyan (2024)、Wang Hao (2022)等研究的置信区间完全位于无效线左侧，提示这些研究的干预效果具有统计学意义(图 3)。

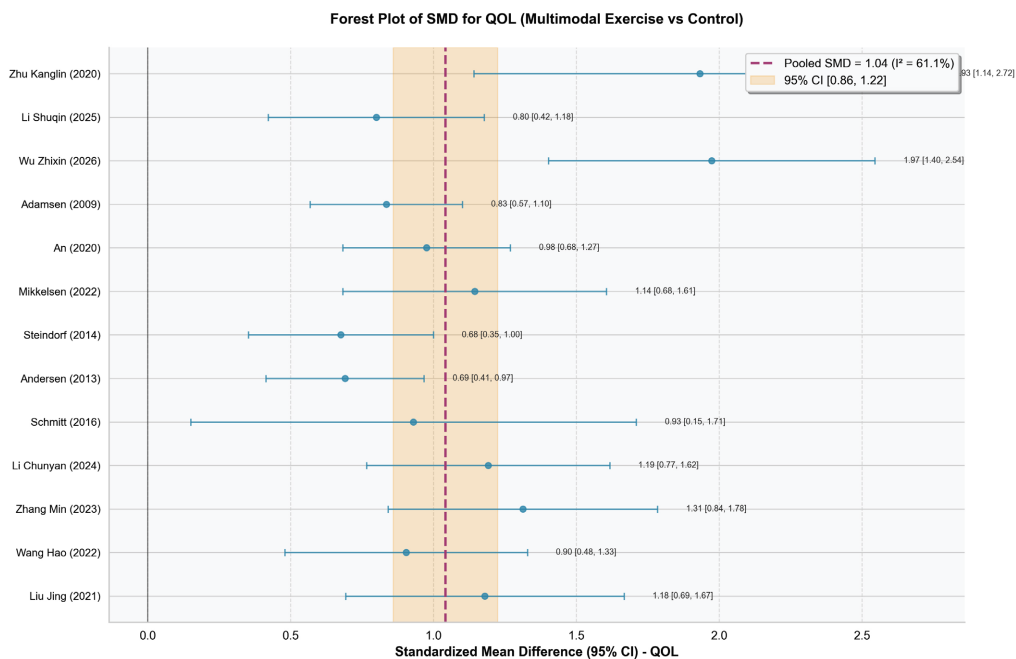
3.4.2. 多模态运动对生活质量的影響

12 项研究报告了多模态运动干预对生活质量的影響(Li Chunyan 2024 未报告生活质量)。异质性检验结果显示： $Q = 30.81$, $P = 0.002$, $I^2 = 61.1\%$ ，提示纳入研究间存在中度异质性，故采用随机效应模型进行合并。Meta 分析结果显示，多模态运动干预可显著提升癌症患者的生活质量，合并效应量为[SMD = 1.04, 95% CI (0.86, 1.22), $P < 0.001$]，见图 4。



注：森林图展示了 13 项纳入研究中多模态运动干预对比对照组对癌因性疲乏的效应量。合并效应量 $SMD = -0.96$ ，95%置信区间为-1.41 至-0.51，表明多模态运动可显著改善疲乏症状。异质性检验 $I^2 = 93.8\%$ ，提示研究间存在高度异质性。

Figure 3. Forest plot illustrating the impact of multimodal exercise on cancer-related fatigue
图 3. 多模态运动对癌因性疲乏影响的森林图



注：森林图展示了 13 项纳入研究中多模态运动干预对比对照组对生活质量的效应量。合并效应量 $SMD = 1.04$ ，95%置信区间为 0.86 至 1.22，表明多模态运动可显著提升生活质量。异质性检验 $I^2 = 61.1\%$ ，提示研究间存在中度异质性。

Figure 4. Forest plot illustrating the impact of multimodal physical activity on quality of life
图 4. 多模态运动对生活质量影响的森林图

所有 13 项研究的效应量均为正值，其中 Zhu Kanglin (2020)、Wu Zhixin (2026)等研究的置信区间完全位于无效线右侧，提示各研究均支持干预对生活质量的改善作用。

3.5. 探索性亚组分析

为进一步探索研究间异质性的来源，并评估多模态运动干预在不同人群和不同方法学质量研究中的效果差异，本研究分别按年龄、癌症类型和偏倚风险等级进行亚组分析。

3.5.1. 基于年龄的亚组分析

针对癌因性疲乏结局，年龄亚组分析结果显示：<65 岁亚组共纳入 6 项研究，合并效应量为 $SMD = -0.59$ (95% CI: $-1.13 \sim -0.05$)， $I^2 = 91.9\%$ ， $P = 0.031$ ；≥65 岁亚组共纳入 7 项研究，合并效应量为 $SMD = -1.29$ (95% CI: $-1.74 \sim -0.84$)， $I^2 = 78.1\%$ ， $P < 0.001$ 。两个亚组的合并效应量均具有统计学意义，且≥65 岁亚组的效应量绝对值更大，提示多模态运动干预对老年癌症患者的疲乏改善效果更为显著。

针对生活质量结局，年龄亚组分析结果显示：<65 岁亚组共纳入 6 项研究，合并效应量为 $SMD = 0.84$ (95% CI: $0.68 \sim 1.00$)， $I^2 = 18.1\%$ ， $P < 0.001$ ；≥65 岁亚组共纳入 6 项研究，合并效应量为 $SMD = 1.25$ (95% CI: $0.97 \sim 1.52$)， $I^2 = 45.3\%$ ， $P < 0.001$ 。两个亚组的合并效应量均具有统计学意义，且≥65 岁亚组的效应量更大，提示多模态运动干预对老年癌症患者的生活质量提升效果更为显著。

3.5.2. 基于癌症类型的亚组分析

针对癌因性疲乏结局，按癌症类型进行分层分析。结果显示：乳腺癌亚组(3 项研究)的合并效应量为 $SMD = -0.66$ (95% CI: $-1.19 \sim -0.12$)，提示多模态运动对该人群疲乏改善可能具有一定的积极作用；多种癌症类型混合亚组(2 项研究)的合并效应量为 $SMD = 0.09$ (95% CI: $-0.62 \sim 0.79$)，尚不能证实其具有明确的临床获益。受限于纳入研究数量较少，且混合癌种研究间的干预方案异质性较大，上述差异需谨慎解读，未来仍需大样本研究验证不同癌种的特异性反应。

3.5.3. 基于偏倚风险等级的探索性亚组分析

针对癌因性疲乏结局，按偏倚风险等级进行分析。由于仅 1 项研究(Mikkelsen 2022)被评为低风险，未进行正式的亚组合并分析，仅对其效应量进行描述性对比。结果显示，低风险研究的效应量($SMD = -0.90$, 95% CI: $-1.34 \sim -0.46$)与总体合并效应量($SMD = -0.96$)趋势一致。此外，中等风险亚组(12 项研究)的合并效应量为 $SMD = -0.96$ (95% CI: $-1.44 \sim -0.48$)，与总体合并效应量完全一致。上述结果提示，偏倚风险对本研究结果的干扰较小。

3.6. 敏感性分析

采用逐一剔除单个研究的方法进行敏感性分析。此外，考虑到 Steindorf (2014)为单纯抗阻训练、Li Chunyan (2024)为非肿瘤人群，将其纳入敏感性分析以检验合并效应的稳健性。结果显示，逐一剔除任意一项研究后，合并效应量稳定在-0.84 至-1.08 之间，95%置信区间均未跨越无效线，提示本研究结果具有良好的稳健性，不受单个研究的过度影响。敏感性分析显示结果稳健，逐一剔除任意一项研究后，合并效应量稳定在-0.84 至-1.08 之间，95%置信区间均未跨越无效线，见表 2。

Table 2. Sensitivity analysis results by excluding individual studies

表 2. 逐一剔除研究的敏感性分析结果

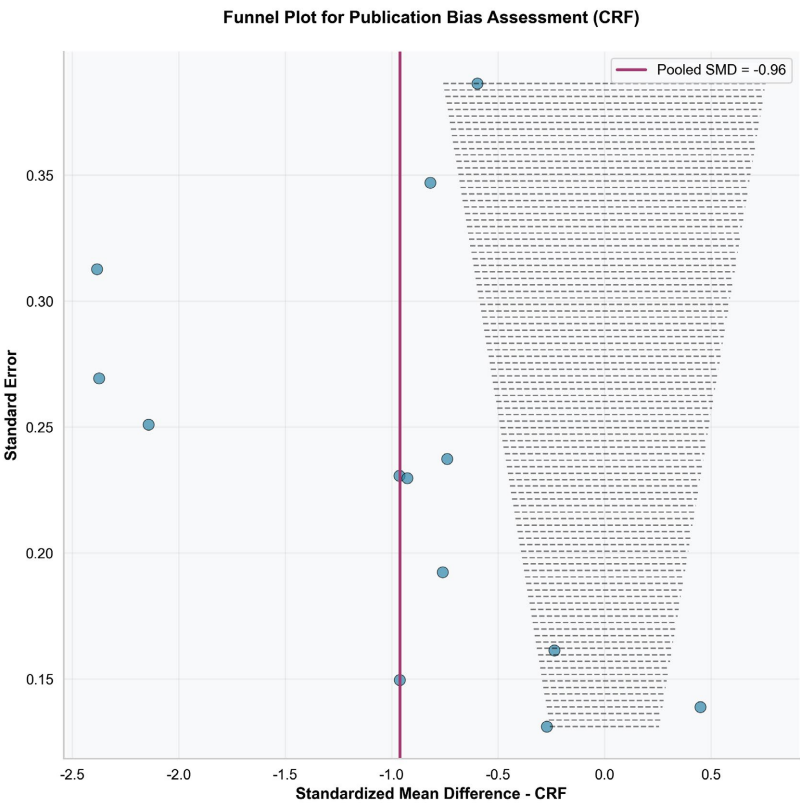
剔除的研究	合并 SMD	95% CI 下限	95% CI 上限	I ² (%)
Zhu Kanglin (2020)	-0.97	-1.44	-0.50	94.3
Li Shuqin (2025)	-0.98	-1.47	-0.49	94.3

续表

Wu Zhixin (2026)	-0.85	-1.28	-0.41	93.2
Adamsen (2009)	-1.02	-1.52	-0.53	94.0
An (2020)	-0.96	-1.46	-0.47	94.2
Mikkelsen (2022)	-0.96	-1.44	-0.48	94.3
Steindorf (2014)	-1.03	-1.51	-0.54	94.1
Andersen (2013)	-1.08	-1.48	-0.68	90.7
Schmitt (2016)	-0.99	-1.46	-0.52	94.3
Li Chunyan (2024)	-0.86	-1.29	-0.43	93.0
Zhang Min (2023)	-0.96	-1.44	-0.49	94.3
Wang Hao (2022)	-0.84	-1.26	-0.42	92.7
Liu Jing (2021)	-0.98	-1.46	-0.50	94.3

3.7. 发表偏倚评估

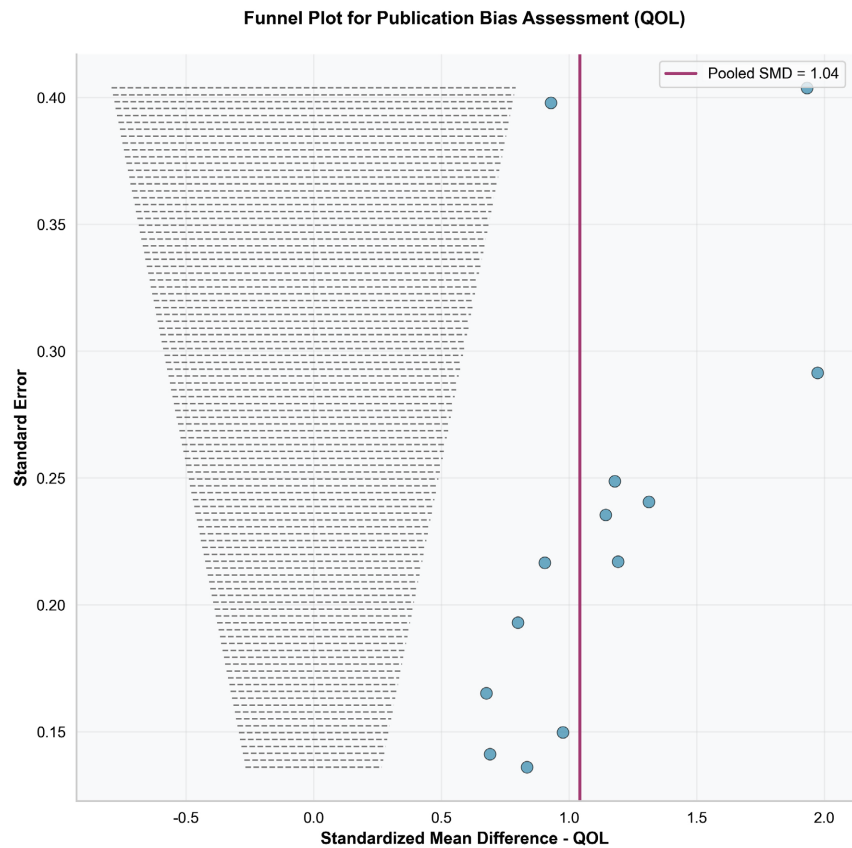
以癌因性疲乏的合并效应量 SMD 为横坐标，标准误为纵坐标绘制漏斗图，如图 5。漏斗图显示，各研究点未呈现围绕合并效应量的完全对称分布，多数研究集中在左侧(负向效应区域)，提示可能存在一定的发表偏倚。Egger 线性回归检验结果显示： $t=0.22$ ， $P=0.829$ ，未达到统计学显著性，提示无显著发表偏倚。



注：漏斗图以标准化均数差(SMD)为横坐标，标准误为纵坐标。各研究点围绕合并效应量(SMD = -0.96)的分布基本对称，Egger 检验 $P=0.829$ ，提示无明显发表偏倚。

Figure 5. Cancer-related fatigue: Publication bias funnel plot
图 5. 癌因性疲乏发表偏倚漏斗图

以生活质量结局绘制发表偏倚漏斗图，如图 6。



注：漏斗图展示了生活质量结局的发表偏倚情况。各研究点分布基本对称，提示无明显发表偏倚。

Figure 6. Quality of life-publication bias funnel plot
图 6. 生活质量发表偏倚漏斗图

4. 讨论

4.1. 核心发现、异质性来源与机制探讨

本研究证实多模态运动可显著改善癌症患者的癌因性疲乏($SMD = -0.96$)和生活质量($SMD = 1.04$)。与 Mustian 等(2017)的 Meta 分析($SMD = -0.60$)相比，本研究的合并效应量更高，这主要归因于三方面：① 干预模式：本研究限定多模态运动，其有氧与抗阻训练的协同增效作用可能优于既往纳入的单一模式；② 文献更新：本研究纳入了 2025~2026 年发表的最新高质量文献，其中部分研究的效应量较大；③ 联合干预：部分研究整合了营养支持等综合措施，可能进一步增强了干预效果。

疲乏结局的高度异质性($I^2 = 93.8\%$)主要源于临床、干预及方法学三个层面。在临床特征方面，双维度亚组分析揭示了一个关键交汇点：年龄(≥ 65 岁)与癌种(乳腺癌)的效应量更优，提示老年乳腺癌患者可能是多模态运动干预的最大获益人群。这一假设的生物学机制在于：乳腺癌内分泌治疗常引发关节痛、晨僵等肌肉骨骼症状，而抗阻训练可针对性增强关节稳定性、缓解疼痛，使多模态运动兼具“一般疲乏改善”与“针对性副作用管理”双重效益，这解释了该亚组虽效应量绝对值不及老年亚组，但临床一致性更高的现象。但需说明的是，受限于原始数据，该假设为间接推理，非直接证据，故本研究仅提出研究假设而非临床推荐。

4.2. 研究创新、局限性及未来方向

在方法学创新上,与 Buffart 等(2017)和 Hilfiker 等(2018)相比,既往研究多关注治疗阶段或运动类型,较少关注“谁在获益”。本研究从年龄和癌种维度补充证据缺口,推动运动推荐从“是否有效”升级为“对谁有效”。此外,本研究纳入 7 项中国研究(占 53.8%),是首个系统整合中西方人群证据的多模态运动 Meta 分析。

然而,本研究仍存在一定局限性:① 多数纳入研究(92.3%)为中等偏倚风险,主要由于运动干预难以施盲;② 尽管进行了亚组分析,疲乏异质性仍较高,提示存在未被识别的混杂因素;③ 受限于原始数据,无法直接检验“老年乳腺癌患者”这一交叉亚组的合并效应量,这是本研究的核心空白。基于上述发现与局限,未来研究应优先针对该人群开展大样本 RCT 以填补证据空白;同时建议统一采用国际通用疲乏量表(如 PFS),规范报告 FITT 原则,并在 RCT 设计中嵌入生物学指标(如炎症因子、皮质醇节律)以验证干预机制。

5. 结论

综上所述,当前证据表明,多模态运动干预可有效改善癌症患者的癌因性疲乏症状并提升生活质量,效应量分别为 $SMD = -0.96$ 和 $SMD = 1.04$ 。亚组分析提示:① ≥ 65 岁老年患者获益更为显著;② 乳腺癌患者获益显著,而多种癌症类型混合患者效果不显著;③ 偏倚风险对结果影响较小,结论较为稳健。临床实践中,建议根据患者的年龄和癌症类型制定个体化多模态运动方案。受纳入研究数量和质量、异质性较高等因素的限制,上述结论仍需更多高质量、大样本、长期随访的随机对照试验加以验证。

基金项目

2026 年大学生创新创业训练计划项目(省级: S202613287004)。

参考文献

- [1] Zhu, K.L., Wang, L.L. and Ji, Q.C. (2020) Effect of Aerobic Exercise Combined with Resistance Training on Quality of Life in Postmenopausal Breast Cancer Patients Treated with Aromatase Inhibitors. *Journal of Xinjiang Medical University*, **43**, 1078-1083. (In Chinese)
- [2] Li, S.Q., Huang, J.F. and Dai, M. (2025) Effect of Multiple-Modality Exercise Intervention on Cancer-Related Fatigue, Quality of Life and Exercise Endurance in Patients with Lung Cancer Chemotherapy. *Chinese Evidence-Based Nursing*, **11**, 5148-5152. (In Chinese) <https://doi.org/10.12102/j.issn.2095-8668.2025.24.024>
- [3] Wu, Z.X. and Hong, J.E. (2026) Effect of Multimodal Exercise Training Combined with Individualized Nutritional Support on Cancer-Related Fatigue and Quality of Life in Cervical Cancer Patients Undergoing Radiotherapy. *Chinese Journal of Modern Drug Application*, **20**, 169-172. (In Chinese) <https://doi.org/10.14164/j.cnki.cn11-5581/r.2026.02.046>
- [4] Adamsen, L., Quist, M., Andersen, C., Moller, T., Herrstedt, J., Kronborg, D., *et al.* (2009) Effect of a Multimodal High Intensity Exercise Intervention in Cancer Patients Undergoing Chemotherapy: Randomised Controlled Trial. *BMJ*, **339**, b3410. <https://doi.org/10.1136/bmj.b3410>
- [5] An, K.Y., Morielli, A.R., Kang, D.W., Friedenreich, C.M., McKenzie, D.C., Gelmon, K., *et al.* (2020) Effects of Exercise Dose and Type during Breast Cancer Chemotherapy on Longer-Term Patient-Reported Outcomes and Health-Related Fitness: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Cancer*, **146**, 150-160. <https://doi.org/10.1002/ijc.32493>
- [6] Mikkelsen, M.K., Lund, C.M., Vinther, A., Tolver, A., Johansen, J.S., Chen, I., *et al.* (2022) Effects of a 12-Week Multimodal Exercise Intervention among Older Patients with Advanced Cancer: Results from a Randomized Controlled Trial. *The Oncologist*, **27**, 67-78. <https://doi.org/10.1002/onco.13970>
- [7] Steindorf, K., Schmidt, M.E., Klassen, O., Ulrich, C.M., Oelmann, J., Habermann, N., *et al.* (2014) Randomized, Controlled Trial of Resistance Training in Breast Cancer Patients Receiving Adjuvant Radiotherapy: Results on Cancer-Related Fatigue and Quality of Life. *Annals of Oncology*, **25**, 2237-2243. <https://doi.org/10.1093/annonc/mdl374>
- [8] Andersen, C., Rørth, M., Ejlersen, B., Stage, M., Møller, T., Midtgaard, J., *et al.* (2013) The Effects of a Six-Week

- Supervised Multimodal Exercise Intervention during Chemotherapy on Cancer-Related Fatigue. *European Journal of Oncology Nursing*, **17**, 331-339. <https://doi.org/10.1016/j.ejon.2012.09.003>
- [9] Schmitt, J., Lindner, N., Reuss-Borst, M., Holmberg, H. and Sperlich, B. (2016) A 3-Week Multimodal Intervention Involving High-Intensity Interval Training in Female Cancer Survivors: A Randomized Controlled Trial. *Physiological Reports*, **4**, e12693. <https://doi.org/10.14814/phy2.12693>
- [10] Li, C.Y. and Cao, T.T. (2024) Effect of Multimodal Exercise Therapy on Fatigue Status and Exercise Capacity in Maintenance Hemodialysis Patients. *Today Nurse*, **31**, 21-23. (In Chinese)
<https://doi.org/10.19791/j.cnki.1006-6411.2024.10.005>
- [11] Fernandez-Rodriguez, E.J., Sanchez-Gomez, C., Mendez-Sanchez, R., Recio-Rodriguez, J.I., Puente-Gonzalez, A.S., Gonzalez-Sanchez, J., *et al.* (2023) Multimodal Physical Exercise and Functional Rehabilitation Program in Oncological Patients with Cancer-Related Fatigue—A Randomized Clinical Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **20**, Article No. 4938. <https://doi.org/10.3390/ijerph20064938>
- [12] Taaffe, D.R., Newton, R.U., Spry, N., Joseph, D., Chambers, S.K., Gardiner, R.A., *et al.* (2017) Effects of Different Exercise Modalities on Fatigue in Prostate Cancer Patients Undergoing Androgen Deprivation Therapy: A Year-Long Randomised Controlled Trial. *European Urology*, **72**, 293-299. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2017.02.019>
- [13] He, X.F., Ye, Q., Yi, L.P., Gao, C. and Liang, C. (2020) Efficacy of Aerobic Combined Resistance Exercise on Physical Fitness, Cancer-Related Fatigue and Quality of Life in Patients with Gynecological Cancer. *Chinese Manipulation and Rehabilitation Medicine*, **11**, 37-40. (In Chinese)