

• 康复护理 •

高强度间歇训练对 COPD 患者干预效果的 Meta 分析

郑江¹, 汉瑞娟², 张红霞³, 韩欣怡¹

摘要:目的 系统评价高强度间歇训练对 COPD 患者的干预效果。方法 计算机检索 PubMed、Embase、Web of Science、Cochrane Library、中国知网、中国生物医学文献数据库、万方数据库、维普数据库,检索时限为建库至 2021 年 6 月,采用 RevMan5.4 软件对数据进行 Meta 分析。结果 最终纳入 13 篇文献,总样本量 508 例。合并效应显示,高强度间歇训练组与对照组比较,能显著提高 COPD 患者的峰值摄氧量、第 1 秒用力呼气容积、第 1 秒用力呼气容积占用力肺活量百分比,增加 COPD 患者的 6 分钟步行距离、降低圣乔治呼吸问卷得分($P<0.05$, $P<0.01$)。结论 高强度间歇训练可以改善 COPD 患者的心肺功能,增强运动能力,一定程度上提高健康相关生活质量。

关键词:慢性阻塞性肺疾病; 疾病稳定期; 高强度间歇训练; 肺康复; 肌力锻炼; Meta 分析

中图分类号:R473.5 **文献标识码:**A **DOI:**10.3870/j.issn.1001-4152.2022.03.074

Effectiveness of high-intensity interval training in COPD patients: a meta-analysis Zheng Jiang, Han Ruijuan, Zhang Hongxia, Han Xinyi. School of Nursing, Lanzhou University, Lanzhou 730011, China

Abstract: **Objective** To systematically evaluate the effect of high-intensity interval training (HIIT) in chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients. **Methods** We searched electronic databases as PubMed, Embase, Web of Science, Cochrane Library, CNKI, SinoMed, WanFang Data, and VIP from inception to June 2021. Then meta-analysis was performed using RevMan5.4 software. **Results** Thirteen studies involving 508 patients were included. Compared with the control group, HIIT could increase $VO_{2\text{ peak}}$, forced expiratory volume in 1 s (FEV_1), forced expiratory volume in 1 s/forced vital capacity (FEV_1/FVC), and 6-min walking distance, but decrease the St George's Respiratory Questionnaire (SGRQ) score ($P<0.05$, $P<0.01$). **Conclusion** HIIT can improve cardiopulmonary function and exercise capacity of COPD patients, and to a certain extent, enhance health-related quality of life.

Key words: chronic obstructive pulmonary disease; stable disease; high-intensity interval training; pulmonary rehabilitation; muscle exercise; meta-analysis

2020 年,慢性阻塞性肺疾病(Chronic Obstructive Pulmonary Disease, COPD)已成为我国第三大疾病死亡原因,是全球范围内发病率和病死率最高的疾病之一^[1-2]。全球 40 岁以上人群 COPD 患病率为 9%~10%,我国 40 岁以上人群 COPD 患病率约为 13.7%,且总体上仍处于增长状态^[3-4]。COPD 患者会出现呼吸困难、疲劳、运动耐力下降等一系列症状,严重影响其日常活动及生活质量^[5]。肺康复可以改善 COPD 患者的健康状况、提高运动耐量,对 COPD 患者有很多好处^[6]。美国胸科协会、欧洲呼吸学会和美国心肺康复学会等均认为运动锻炼是肺康复治疗的核心部分^[7-8]。2021 年版 COPD 全球倡议仍关注运动训练在肺康复中的作用,并推荐患者进行长期、规律的躯体活动锻炼^[9]。高强度间歇训练(High-Intensity Interval Training, HIIT)是在短时间内多次重复高强度运动,并在运动间穿插较低强度或间歇的一种训练方式^[10]。HIIT 有利于克服部分 COPD 患

者对长时间、持续强度运动的耐受性,近年来被国内外学者广泛应用于肺康复治疗中,但具体效果仍存在争议。因此,本研究利用 Meta 分析评价 HIIT 对 COPD 患者的干预效果,旨在为临床指导 COPD 患者进行运动锻炼提供参考。

1 资料与方法

1.1 文献纳入与排除标准 纳入标准:①研究对象。临床诊断为 COPD,处于疾病稳定期;年龄 ≥ 40 岁;意识清楚,无精神疾病。②干预措施。试验组为 HIIT;对照组为常规护理或中、低强度运动。③研究类型。国内外公开发表的随机对照试验(RCT)。④结局指标。为以下 7 项中的任意 1 项或多项:峰值摄氧量($VO_{2\text{ peak}}$);第 1 秒用力呼气容积(FEV_1);第 1 秒用力呼气容积占用力肺活量百分比($FEV_1/FVC\%$);6 分钟步行距离(6WMD);运动持续时间;圣乔治呼吸问卷(SGRQ);呼吸困难症状。排除标准:试验组高强度运动干预措施不清楚;非随机对照试验;未能获取全文;试验设计不严谨;提供的数据、信息存在缺失的文献;重复发表的文献;非中、英文文献;文献质量评价为 C 级的文献。

1.2 检索策略 计算机检索 PubMed、Embase、Web of Science、Cochrane Library、中国知网、中国生物医学文献数据库、万方、维普等数据库,并辅以手工检索纳入文献的参考文献。检索时限为建库至 2021 年 6

作者单位:1. 兰州大学护理学院(甘肃 兰州,730011);2. 中国人民解放军联勤保障部队第九四〇医院呼吸与危重症医学科;3. 甘肃中医药大学护理学院

郑江:女,硕士在读,学生

通信作者:汉瑞娟,hanruij@126.com

科研项目:甘肃省卫生行业科研计划项目(GSWSKY-2019-53)

收稿:2021-09-22;修回:2021-11-08

月,采用主题词结合自由词的方式。英文检索词为:high-intensity interval training,HIIT,HIIE,high intensity interval exercise,aerobic interval exercise,aerobic interval training,high intensity intermittent exercise,high intensity intermittent training,high intensity aerobic exercise;chronic obstructive pulmonary disease,COPD。中文检索词为:高强度间歇训练,高强度间歇运动,高强度间隔训练;慢性阻塞性肺疾病,COPD,慢阻肺。

1.3 文献筛选及数据提取 使用 EndNote X9 去除重复文献后,由 2 名研究者独立按照纳入与排除标准筛选文献,用 Excel 建立统一的资料提取表提取文献数据,并交叉核对结果。如有分歧,2 名研究者讨论,并征求第 3 名研究者的意见,最终达成一致。资料提取内容包括:①文献第一作者、发表年份、国家;②研究对象、分组及样本量;③试验组及对照组的干预措施;④结局指标。

1.4 文献质量评价 由 2 名研究者采用 Cochrane RCT 质量风险评价标准,独立对纳入文献进行质量评价。主要评价内容包括:随机序列产生、分配隐藏、盲法、结果数据的完整性、选择性报告研究结果、其他

偏倚。以“低风险偏倚”“高风险偏倚”或“不清楚”评价每项标准。纳入研究完全满足上述标准,表明发生各种偏倚的可能最小,文献质量等级为 A 级;纳入研究部分满足上述标准,文献质量等级为 B 级;纳入研究完全不满足上述标准,表明发生各种偏倚的可能最大,文献质量等级为 C 级。本研究不纳入质量等级为 C 的文献。

1.5 统计学方法 采用 RevMan5.4 软件进行统计分析。首先进行异质性检验,纳入的研究结果间异质性采用 χ^2 检验进行分析(检验水准 $\alpha=0.1$),同时结合 I^2 定量判断异质性大小,若各研究间无异质性($P\geq 0.1,I^2\leq 50\%$),则采用固定效应模型分析;若各研究间存在异质性($P<0.1,I^2>50\%$),则采用随机效应模型分析。本研究纳入的结局指标均为连续型资料,评估工具及度量衡单位相同时,采用均数差(MD)、95%CI 表示,不全相同时采用标准化均数差(SMD)、95%CI 表示。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 文献检索结果、基本特征及质量评价 初步检索共获得文献 1 866 篇,最终纳入 13 篇文献^[11-23],其中英文 12 篇,中文 1 篇。基本特征及质量评价见表 1。

表 1 纳入文献的基本特征及质量评价

作者及出版年	国家	样本量(例)		主要干预措施		干预时间	结局指标	质量等级
		试验组	对照组	试验组(HIIT)	对照组(中或低强度运动)			
Bronstad 等(2013) ^[11]	挪威	10	7	跑步机	跑步机	3 次/周,10 周	①	B
Boeselt 等(2017) ^[12]	德国	20	17	器械训练	常规护理	2 次/周,24 周	④⑥	B
Alcazar 等(2019) ^[13]	西班牙	14	15	自行车+器械训练	常规护理	2 次/周,12 周	①②③④	B
Probst 等(2011) ^[14]	巴西	20	20	自行车+跑步机	呼吸练习+健美操	3 次/周,12 周	④⑤⑥	B
Hsieh 等(2007) ^[15]	中国台湾	16	18	自行车+手臂运动	自行车+手臂运动	2 次/周,6 周	①②③④⑦	B
Rodriguez 等(2016) ^[16]	西班牙	14	15	自行车	自行车	3 次/周,8 周	①	B
de Castro 等(2020) ^[17]	巴西	14	17	步行+健美操	步行+健美操	3 次/周,12 周	④	B
Gianjeppe-Santos 等(2021) ^[18]	巴西	15	16	自行车+阻力训练	自行车+阻力训练	3 次/周,12 周	①④⑤⑥	A
Gallo-Silva 等(2019) ^[19]	巴西	10	9	四肢有氧运动	常规护理	3 次/周,8 周	④⑥	A
Arnardóttir 等(2007) ^[20]	瑞典	25	28	自行车	自行车	2 次/周,16 周	①⑦	B
Mador 等(2009) ^[21]	美国	21	20	自行车+跑步机	自行车+跑步机	3 次/周,8 周	④⑤⑦	B
Puhan 等(2006) ^[22]	瑞士	41	44	自行车	自行车	4~5 次/周,3 周	④⑤⑦	B
李霞等(2019) ^[23]	中国	31	31	自行车	自行车	4 次/周,12 周	①②③	B

注:结局指标,①VO₂peak;②FEV₁;③FEV₁/FVC%;④6WMD;⑤运动持续时间;⑥SGRQ;⑦呼吸困难症状。

2.2 Meta 分析结果

2.2.1 峰值摄氧量 7 项研究评价了 HIIT 对 COPD 患者 VO₂peak 的影响。由于测量工具不同,

选择 SMD 合并效应量,研究间无异质性($P=0.12,I^2=41\%$),采用固定效应模型。结果显示,HIIT 能提高 COPD 患者的峰值摄氧量,见图 1。

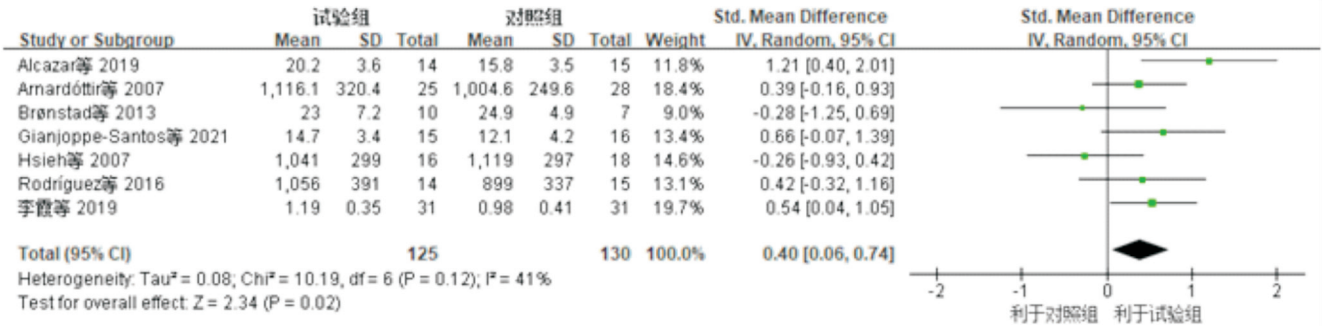


图 1 高强度间歇训练对 COPD 患者 VO₂peak 的影响

2.2.2 FEV₁ 3 项研究^[13,15,23] 报告了 HIIT 对 COPD 患者 FEV₁ 的影响。研究间存在异质性($P=$

0.01, $I^2 = 76\%$), 采用敏感性分析, 去除 Alcazar 等^[13] 研究后, 各研究间无异质性 ($P = 0.85, I^2 = 0\%$), 采用固定效应模型进行分析。结果显示, HIIT 可以改善 COPD 患者 FEV₁, 差异具有统计学意义 [$SMD = 0.54, 95\%CI (0.13, 0.95), P = 0.01$]。

2.2.3 FEV₁/FVC% 3 项研究^[13,15,23] 报告了 HIIT 对 COPD 患者 FEV₁/FVC% 的影响。研究间存在异质性 ($P = 0.000, I^2 = 88\%$), 采用敏感性分析, 去除 Alcazar 等^[13] 研究后, 各研究间不存在异质性

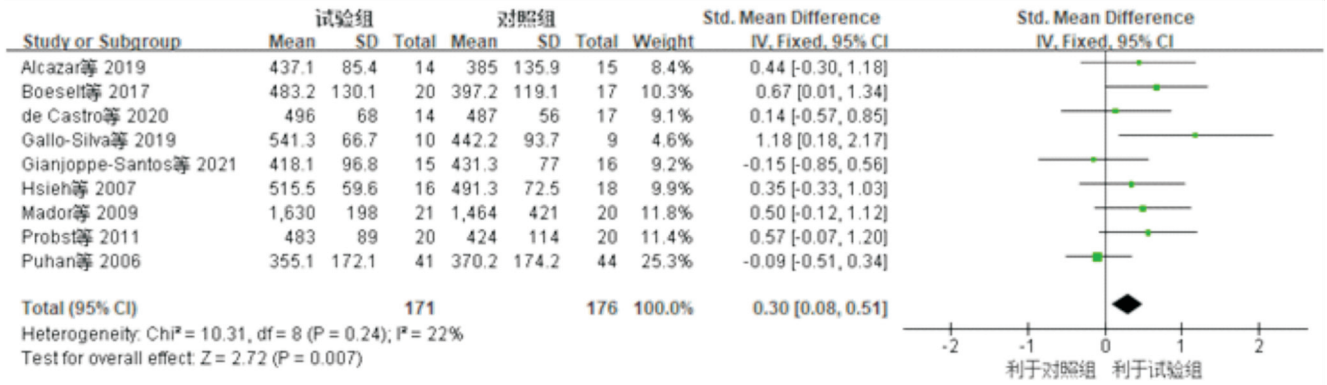


图2 高强度间歇训练对 COPD 患者 6WMD 的影响

2.2.5 运动持续时间 4 项研究^[14,18,21-22] 使用运动持续时间作为结局指标, 共纳入 197 例, 其中 HIIT 组 97 例, 对照组 100 例。研究间无异质性 ($P = 0.22, I^2 = 32\%$), 采用固定效应模型进行分析, 结果显示, HIIT 组与对照组相比, 运动持续时间差异无统计学意义

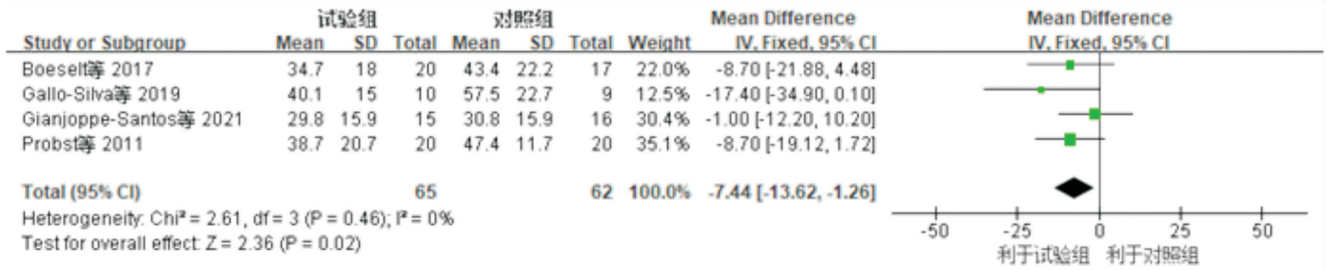


图3 高强度间歇训练对 COPD 患者 SGRQ 的影响

2.2.7 呼吸困难症状 4 项研究^[15,20-22] 采用 Brog 量表评价呼吸困难症状, 共纳入 213 例, 其中 HIIT 组 103 例, 对照组 110 例。合并结果显示研究间无异质性 ($P = 0.82, I^2 = 0\%$), 采用固定效应模型。结果显示, HIIT 对改善 COPD 患者呼吸困难症状无明显作用, 差异无统计学意义 [$MD = -0.08, 95\%CI (-0.42, 0.26), P = 0.65$]。

2.3 发表偏倚和敏感性分析 将结局指标为 6WMD 的 9 篇文献^[12-15,17-19,21-22] 进行漏斗图分析, 见图 4。结果显示大部分研究处于顶端且漏斗图两侧基本对称, 故认为研究存在发表偏倚的可能性小。分别将研究的结局指标 VO₂peak、运动持续时间、SGRQ、呼吸困难症状逐个剔除后行敏感性分析, 结

($P = 0.92, I^2 = 0\%$), 采用固定效应模型进行分析。结果显示, HIIT 可以改善 COPD 患者 FEV₁/FVC%, 差异具有统计学意义 [$SMD = 0.52, 95\%CI (0.11, 0.92), P = 0.01$]。

2.2.4 6WMD 9 项研究评价了 HIIT 对 COPD 患者 6WMD 的影响。研究间无异质性 ($P = 0.24, I^2 = 22\%$), 采用固定效应模型。结果显示, HIIT 能显著提高 COPD 患者的 6WMD, 见图 2。

[$SMD = -0.04, 95\%CI (-0.31, 0.24), P = 0.79$]。

2.2.6 SGRQ 4 项研究比较了两组患者 SGRQ。研究间无异质性 ($P = 0.46, I^2 = 0\%$), 采用固定效应模型。结果显示, HIIT 组 SGRQ 得分显著低于对照组, 说明 HIIT 可改善 COPD 患者 SGRQ 得分, 见图 3。

果显示合并效应量并未发生明显改变, Meta 分析结果基本稳定。

3 讨论

3.1 HIIT 可改善 COPD 患者的心肺功能 本研究结果显示, HIIT 组 VO₂peak、FEV₁、FEV₁/FVC% 均高于对照组, 表明 HIIT 能够改善 COPD 患者的心肺功能。Alcazar 等^[13] 研究表明, 与常规护理组 COPD 患者的心肺功能状况相比较, 完成 12 周高强度间歇训练的 COPD 患者 VO₂peak、FEV₁、FEV₁/FVC% 等指标都有明显改善, 与本研究的结果相似。COPD 是一种以气道和肺泡异常为特征、气流受限不完全可逆的慢性肺部疾病, 患者呼吸肌力量和活动耐量降低, 肺功能持续下降^[24]。VO₂peak、FEV₁、FEV₁/

FVC%是评价心肺功能重要的客观指标^[25]。体力活动减少是 COPD 患者心肺功能下降的原因之一,心肺功能下降后患者被迫采取久坐不动的生活方式^[26]。因此,运动训练对 COPD 患者心肺的影响是至关重要的。与其他训练方案相比,HIIT 给机体的刺激更大,同时利用间歇期克服患者对高强度运动的不耐受。高强度的训练一方面能提高心肌收缩力、提高心率、扩大每搏输出量,增加身体组织可以吸收和利用的氧气量;另一方面,能增加潮气量,改变呼吸频率,使患者的呼吸肌力、呼吸肌耐力及通气效率提高,改善动态肺过度充气^[27]。而训练中的间歇期有助于减少呼气末肺容量,降低摄氧量和减慢心率。高强度训练与间歇期的结合,能有效提高心肺运动负荷,从而改善 COPD 患者的心肺功能。

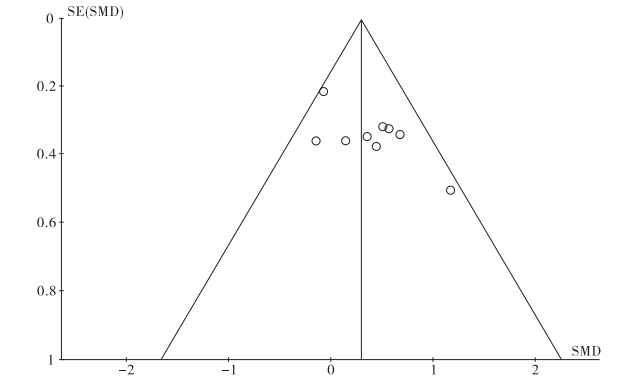


图 4 结局指标为 6WMD 文献的漏斗图

3.2 HIIT 能增强 COPD 患者的运动能力 本研究结果显示 HIIT 组的 6WMD 优于对照组,表明 HIIT 能够增强患者的运动能力。COPD 患者通换气功能障碍,导致运动能力下降、骨骼肌萎缩,反过来进一步损害肺功能^[28]。目前国内公认的反映运动能力的指标包括 6WMD、运动持续时间等^[29]。6WMD 是 COPD 严重程度的重要观察指标,受患者肌肉力量、疾病状况或运动效率的影响。COPD 患者的运动效率降低,可能与肌肉氧化酶活性、新陈代谢和肌肉毛细血管的减少有关^[30]。HIIT 可以改善机体对骨骼肌的氧供应,减少乳酸生成,同时可以减少全身氧化应激,提高骨骼肌有氧运动能力,进一步改善运动耐量和体能表现。因此,HIIT 有助于提高患者外周肌肉力量及运动时的机体工作效率,增加 6WMD。Gallo-Silva 等^[19]的随机对照研究中,试验组在恒温泳池进行高强度间歇运动,对照组进行常规护理,结果显示,HIIT 组 6WMD 显著增加,差异具有统计学意义,与本研究结果相似。但本研究结果显示 HIIT 未能显著影响 COPD 患者的运动持续时间,这与 Mador 等^[21]的研究结果有差异,分析原因可能是纳入研究的运动干预时间不同,且均未对研究对象进行长期随访,存在一定的异质性。建议研究者未来在开展相关研究时,要进行长期随访,记录随访期间 COPD 患者运动时长、持续时间、身体状况的变

化,鼓励患者增强坚持长期运动的信心,督促其尽量按照计划完成训练方案。

3.3 HIIT 可提高 COPD 患者健康相关生活质量 本研究结果显示,相比对照组,HIIT 组 SGRQ 得分明显下降。COPD 易反复发作且呈进行性加重,患者肺功能和运动能力逐渐下降,劳动能力日益丧失。部分患者生活无法自理,日常活动受到限制,甚至出现呼吸困难加重、心理障碍、营养不良等并发症,严重影响患者的生活质量^[29]。SGRQ 与患者健康相关生活质量和功能状态相关,被认为是评价 COPD 患者生活质量效能最高的评分系统,得分越高表明健康相关生活质量越差^[31]。分析原因可能是因为 HIIT 更好地改善了 COPD 患者的肺功能和运动能力,改变了其日常体力活动和运动习惯,利于患者调节焦虑、抑郁、孤独等情绪,从而在一定程度上提高了健康相关生活质量。Borg 评分用于评估 COPD 患者呼吸困难的程度,与其他健康状况评估方法有一定的相关性^[32]。本研究结果显示两组患者 Borg 得分差异无统计学意义,表明 HIIT 对 COPD 患者呼吸困难症状的改善效果不显著。Hsieh 等^[15]研究结果表明,无论训练强度如何,Borg 评分在训练后均无明显变化,与本研究的结果相似。进一步分析发现,可能是由于所纳入的研究对象多为老年患者,其身体机能差,加上干预时间过短、患者缺乏主动活动意愿等因素,无法充分体现高强度间歇训练的干预效果。建议研究者在开展 HIIT 时,要关注研究对象,尤其是老年患者的身体条件和活动意愿,可以在运动过程中给予患者低流量氧气治疗,以改善低氧血症,缓解呼吸困难症状。

4 小结

HIIT 可以改善 COPD 患者的心肺功能,增强运动能力,一定程度上提高健康相关生活质量,但对延长运动持续时间、改善呼吸困难症状的效果不明显。本研究的局限性:仅纳入中、英文文献,可能存在检索不全的问题;纳入的 13 篇文献质量多为 B 级,原因可能是以训练为干预措施时,难以对患者和实施者均实施双盲;纳入研究所采用的 HIIT 强度及方式、训练时间、强度、频率均存在差异,导致部分评价指标间异质性较高,可能造成最终测量指标存在误差。未来需要进行高质量、大样本、多中心的研究,进一步验证 HIIT 对运动持续时间、呼吸困难症状的干预效果。

参考文献:

[1] Egoshi S, Hayashi S, Horie J, et al. Effect of health locus of control on physical activity in stable patients with chronic obstructive pulmonary diseases[J]. J Phys Ther Sci, 2021, 33(6):480-488.

[2] Morris N R, Hill K, Walsh J, et al. Exercise & Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise and chronic obstructive pulmonary disease[J]. J Sci Med Sport, 2021, 24(1):52-59.

[3] 曹新西,徐晨婕,侯亚冰,等. 1990—2025 年我国高发性慢性病的流行趋势及预测[J]. 中国慢性病预防与控制,

- 2020,28(1):14-19.
- [4] Wang C, Xu J, Yang L, et al. Prevalence and risk factors of chronic obstructive pulmonary disease in China (the China Pulmonary Health[CPH] study): a national cross-sectional study[J]. *Lancet*, 2018, 391(10131): 1706-1717.
 - [5] 丁芸,沈春萍,夏萍. 视频结合反馈教学应用于慢性阻塞性肺疾病患者呼吸功能锻炼[J]. *护理学杂志*, 2017, 32(15): 82-84, 88.
 - [6] 王晓娟,方向阳. 慢性阻塞性肺疾病全球倡议 2019: 慢性阻塞性肺疾病诊断、治疗与预防全球策略解读[J]. *中国全科医学*, 2019, 22(18): 2141-2149.
 - [7] 王乐,顾则娟,刘扣英,等. 慢性阻塞性肺疾病国内护理方案与美国护理措施分类比较[J]. *护理学杂志*, 2019, 34(22): 29-33.
 - [8] 陈亚红. 2021 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)*, 2021, 13(1): 16-37.
 - [9] 李思其,高兴林. 《慢性阻塞性肺疾病全球倡议》2021 年版更新解读[J]. *临床药物治疗杂志*, 2021, 19(5): 36-42.
 - [10] 刘景新,刘晓丹,吴卫兵,等. 高强度间歇训练对 COPD 患者的康复效果及作用机制[J]. *中国康复医学杂志*, 2017, 32(12): 1441-1444.
 - [11] Brønstad E, Tjonna A E, Rognmo Ø, et al. Aerobic exercise training improves right- and left ventricular systolic function in patients with COPD[J]. *COPD*, 2013, 10(3): 300-306.
 - [12] Boeselt T, Nell C, Lütteken L, et al. Benefits of high-intensity exercise training to patients with chronic obstructive pulmonary disease: a controlled study[J]. *Respiration*, 2017, 93(5): 301-310.
 - [13] Alcazar J, Losa-Reyna J, Rodriguez-Lopez C, et al. Effects of concurrent exercise training on muscle dysfunction and systemic oxidative stress in older people with COPD[J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2019, 29(10): 1591-1603.
 - [14] Probst V S, Kovelis D, Hernandez N A, et al. Effects of 2 exercise training programs on physical activity in daily life in patients with COPD[J]. *Respir Care*, 2011, 56(11): 1799-1807.
 - [15] Hsieh M J, Lan C C, Chen N H, et al. Effects of high-intensity exercise training in a pulmonary rehabilitation programme for patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Respirology*, 2007, 12(3): 381-388.
 - [16] Rodríguez D A, Arbillaga A, Barberan-Garcia A, et al. Effects of interval and continuous exercise training on autonomic cardiac function in COPD patients[J]. *Clin Respir J*, 2016, 10(1): 83-89.
 - [17] de Castro L A, Felcar J M, de Carvalho D R, et al. Effects of land- and water-based exercise programmes on postural balance in individuals with COPD: additional results from a randomised clinical trial[J]. *Physiotherapy*, 2020, 107(6): 58-65.
 - [18] Gianjeppe-Santos J, Barusso-Grüninger M, Pires Di Lorenzo V A. Effects of low and high resistance training intensities on clinical outcomes in patients with COPD—a randomized trial[J]. *Physiother Theory Pract*, 2021, 20(5): 1-12.
 - [19] Gallo-Silva B, Cerezer-Silva V, Ferreira D G, et al. Effects of water-based aerobic interval training in patients with COPD: a randomized controlled trial[J]. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 2019, 39(2): 105-111.
 - [20] Arnardóttir R H, Boman G, Larsson K, et al. Interval training compared with continuous training in patients with COPD[J]. *Respir Med*, 2007, 101(6): 1196-1204.
 - [21] Mador M J, Krawza M, Alhajhusian A, et al. Interval training versus continuous training in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *J Cardiopulm Rehabil Prev*, 2009, 29(2): 126-132.
 - [22] Puhan M A, Büsching G, Schünemann H J, et al. Interval versus continuous high-intensity exercise in chronic obstructive pulmonary disease: a randomized trial[J]. *Ann Intern Med*, 2006, 145(11): 816-825.
 - [23] 李霞,李容华,徐林,等. 高强度间歇训练对老年慢性阻塞性肺疾病合并骨质疏松患者康复效果的临床研究[J]. *中国医学前沿杂志(电子版)*, 2019, 11(5): 30-34.
 - [24] 邓艳芳,陈锦秀. 八段锦单举式对慢性阻塞性肺疾病患者康复效果的影响[J]. *中华护理杂志*, 2015, 50(12): 1458-1463.
 - [25] 郑淑悦,王培,张爱华. 高强度间歇训练对癌症患者干预效果的 Meta 分析[J]. *中国实用护理杂志*, 2021, 37(3): 236-241.
 - [26] Montes de Oca M, Torres S H, González Y, et al. Changes in exercise tolerance, health related quality of life, and peripheral muscle characteristics of chronic obstructive pulmonary disease patients after 6 weeks' training[J]. *Arch Bronconeumol*, 2005, 41(8): 413-418.
 - [27] 刘宇,余一彤,姜桐桐,等. 高强度间歇训练在慢性病患者中的应用研究进展[J]. *中国慢性病预防与控制*, 2020, 28(1): 70-73.
 - [28] 刘萍,王永斌,高天霖,等. 综合性肺康复治疗对稳定期慢性阻塞性肺疾病患者运动能力与生存质量影响[J]. *中国康复医学杂志*, 2016, 31(8): 884-888.
 - [29] 覃福佳,崔妙玲,农荧,等. 踏车运动对慢性阻塞性肺疾病患者康复效果的 Meta 分析[J]. *中国老年学杂志*, 2021, 41(5): 997-1002.
 - [30] Puhan M A, Schünemann H J, Frey M, et al. How should COPD patients exercise during respiratory rehabilitation? Comparison of exercise modalities and intensities to treat skeletal muscle dysfunction[J]. *Thorax*, 2005, 60(5): 367-375.
 - [31] 赵冲. CAT、mMRC、CCQ、SGRQ 四种评分系统在 COPD 患者肺功能及生活质量评价中的价值与差异[J]. *临床肺科杂志*, 2018, 23(11): 2060-2064.
 - [32] Johnson M J, Close L, Gillon S C, et al. Use of the modified Borg scale and numerical rating scale to measure chronic breathlessness: a pooled data analysis[J]. *Eur Respir J*, 2016, 47(6): 1861-1864.