·综述·

DOI：10.12449/JCH250827

运动干预机制以及个性化运动处方对代谢相关脂肪性肝病的影响

果可欣[1,2]，桂沛君[1]，谢　瑛[1]

1 首都医科大学附属北京友谊医院康复医学科，北京 100050

2 天津体育学院运动健康学院，天津 301617

通信作者：谢瑛，xieying@ccmu.edu.cn（ORCID：0000-0002-6619-3939）

摘要：生活方式的改变比如增加运动，是影响代谢相关脂肪性肝病（MAFLD）患者健康和生活质量的关键因素。运动能够有效改善这类患者的身体健康，是治疗MAFLD的基石。然而，不同类型、强度、时间和频率的运动对MAFLD产生各不相同的影响。本研究综述了不同运动处方对MAFLD患者的作用和影响，有助于医护人员制定个性化的运动方案，鼓励患者积极参与运动锻炼，从而提供有效的预防和治疗策略。

关键词：代谢相关脂肪性肝病；生活方式；运动

基金项目：首都卫生科研发展专项（首发2024-2-2027）

The effect of the mechanism of exercise intervention and individualized exercise prescription on metabolic dysfunction-associated fatty liver disease

GUO Kexin[1,2], GUI Peijun[1], XIE Ying[1]

1. Department of Rehabilitation Medicine, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China;
2. School of Sports and Health, Tianjin Institute of Physical Education, Tianjin 301617, China

Corresponding author: XIE Ying, xieying@ccmu.edu.cn (ORCID: 0000-0002-6619-3939)

Abstract: Changes in lifestyle, such as increasing exercise, are key factors affecting the health and quality of life in patients with metabolic dysfunction-associated fatty liver disease (MAFLD). Exercise can effectively improve the physical health of these patients and is the cornerstone of the treatment of MAFLD. However, different types, intensities, durations, and frequencies of exercise have a varying degree of influence on MAFLD. This article summarizes the effect and influence of different exercise prescriptions on these patients, which helps the medical staff to develop individualized exercise regimens and encourage them to actively participate in exercise, thereby providing effective prevention and treatment strategies.

Key words: Metabolic Dysfunction-Associated Fatty Liver Disease; Life Style; Motion

Research funding: Capital Health Research and Development Special Project (First Launch, 2024-2-2027)

代谢相关脂肪性肝病（metabolic dysfunction-associated fatty liver disease，MAFLD）是一种与代谢障碍密切相关的肝损伤，是脂肪在肝细胞内异位积聚形成的病变综合征，常见于超重或肥胖患者[1]。即使是体质量指数正常的个体，也可能出现脂肪组织的过度堆积。目前，全球MAFLD的患病率约为25.24%[2]，截至2018年，中国的MAFLD患病率高达32.9%[3]，并呈逐年增长、年轻化和大众化的趋势。在肥胖人群中，MAFLD患病率高达75%～92%[4]，已成为常见的慢性肝病之一。生活方式调整是管理MAFLD的核心，旨在增加能量消耗、减少能量摄入和改善营养。改变饮食和运动是治疗MAFLD的主要措施，而运动已被证实能有效改善肝脏脂肪变性。据报道，即使不伴随体质量减轻，运动也可能减少肝脏内脂肪[1]。

因此，规律运动对预防和改善MAFLD具有积极作用。为达到理想的运动效果，患者需要个性化的运动处方。一份完整的运动处方包括运动类型、运动频率、运动强度和运动持续时间四个要素，不同的运动处方可能导致不同的效果。本文将综述运动干预机制以及个性化运动处方对MAFLD患者的影响，为MAFLD患者运动处方的制定提供依据。

1 运动改善MAFLD机制概述

MAFLD作为代谢综合征在肝脏中的表现，其发病机制复杂，涉及遗传、环境和生活方式等多种因素。肥胖、2型糖尿病及高甘油三酯血症患者常伴有胰岛素抵抗，甘油三酯在肝脏过度堆积，是导致MAFLD发病的“首次打击”。1998年，Day等提出“二次打击”学说，涵盖脂质代谢紊乱、氧化应激、炎症、胰岛素抵抗等因素。近年来“多重打击”学说逐渐替代前者。除了胰岛素抵抗，饮食、生活方式、表观遗传、氧化应激、内质网和线粒体功能障碍、环境等因素也可能参与MAFLD的发病过程[5]，这些因素共同作用于肝细胞，诱导其损伤。

规律运动可以显著改善肝脏脂肪变性，运动通过改变底物代谢，调整游离脂肪酸进入和离开肝脏的速率，改善胰岛素敏感性，促进葡萄糖摄取，并调节肝脏信号通路（如碳水化合物反应元件结合蛋白和固醇调节元件结合蛋白-1c的表达）[6]。动物模型研究显示，运动可通过下调脂肪生成关键酶（如固醇调节元件结合蛋白-1c、乙酰辅酶A羧化酶和脂肪酸合酶），减少脂肪合成，同时上调脂肪分解转录因子过氧化物酶体增殖物激活受体γ，增加β-氧化关键酶的活性[7]，促进肝脏线粒体脂肪酸氧化。此外，运动还提高肝脏抗氧化水平，减少脂质过氧化，增加抗氧化酶活性[8]，表现出抗炎作用，降低肝脏肿瘤坏死因子α水平，减少巨噬细胞浸润，并抑制Toll样受体的表达。运动还促进保肝自噬[9]，改善线粒体功能，保护肝细胞，减缓从单纯脂肪变性到脂肪性肝炎和肝纤维化的进展[10]。

2 不同类型的运动对MAFLD的影响

2.1 *有氧运动* 有氧运动是一种基于有氧代谢的运动形式，广泛应用于脂肪组织变性人群中。最近，Słomko等[11]着重指出了有氧运动对MAFLD的多种益处，包括降低ALP、ALT和AST水平，减轻体质量，减少肝脂肪含量和肝细胞凋亡，改善脂肪肝，降低胰岛素抵抗，并提高胰岛素敏感性等。Sabag等[12]研究显示，中等强度有氧运动训练可使肝脏脂肪变性绝对减少约3.14%。此前的研究也报道了类似效果，进一步支持了有氧运动在MAFLD管理中的重要性[11-13]。Nam等[14]系统综述探讨了不同运动方式对MAFLD患者肝内脂质、ALT、体质量指数和胰岛素抵抗的影响。他们的研究结果表明，有氧运动可以显著改善肝内脂质和ALT水平。有氧运动改善MAFLD的生理机制主要包括激活腺苷单磷酸活化蛋白激酶、减少丙二酰辅酶、增加肉碱酰基转移酶、提高运输效率和促进线粒体氧化[15]。这些机制有效促进了脂肪代谢和能量平衡。

2.2 *抗阻运动* 抗阻运动强调肌肉力量、耐力与效率的提升。尽管关于抗阻运动对MAFLD的效果存在争议，但已有研究证实，抗阻运动可以持续改善肌肉力量和功能以及胰岛素敏感性[16]。一项荟萃分析指出，与有氧运动相比，抗阻运动能显著降低肝内脂质含量，但也有研究指出，二者对肝内脂质代谢影响并无显著差异[16]。Charatcharoenwitthaya等[17]的研究表明，12周的抗阻训练显著降低肝脏脂肪变性，同时胰岛素敏感性和胰岛素抵抗也得到了显著改善。这一发现与Son等[18]研究结果一致，他们观察到代谢综合征肥胖女性的胰岛素、血糖水平和胰岛素抵抗均显著改善，进一步凸显了抗阻训练在改善MAFLD方面的潜在益处。Kim等[19]研究比较了8周抗阻训练前后的差异，发现受试者的人体测量参数和运动能力（包括最大摄氧量和肌肉力量）均有显著改善。更为重要的是，抗阻运动中肌肉肌动蛋白（如鸢尾素）的增加与肌肉量呈正相关，而与脂肪量呈负相关，这可能是抗阻训练减少脂肪生成的重要机制。

相较于有氧运动，抗阻运动在改善MAFLD方面展现出独特的机制与优势。Park等[20]的研究指出，抗阻运动在减少肝脂肪变性方面能够更高效地节约能量，尤其适合心肺适应性较差的患者。此外，Medeiros等[21]通过系统评价发现，38～56岁的参与者在抗阻训练组中表现出100%的依从性，这进一步支持了抗阻训练的可行性。

2.3 *联合运动* 有限的证据表明，联合有氧运动和抗阻训练对减少肝脏脂肪变性也可能有效。每周进行3次、每次持续45～60 min的联合有氧和抗阻训练，在12周和16周分别可以减少大约2%和10%的肝脏脂肪变性[22]。这一发现提示，结合不同类型的运动可能在MAFLD的管理中发挥更为显著的作用。

2.4 *新型运动模式* 为实现体力活动的既定益处，一种嵌入日常生活的新型运动模式日渐流行，其中包括“快餐式锻炼”和“剧烈的间歇性生活方式体力活动（vigorous intermittent lifestyle physical activity，VILPA）”。VILPA可

能成为MAFLD患者早期体力活动的可行和可持续靶点。餐前或餐后30 min的“快餐式锻炼”有助于改善胰岛素抵抗，也能有效控制2型糖尿病患者的血糖[23]。爬楼梯运动作为一种VILPA，每周坚持3次、每次10 min，持续6周，能够显著改善心肺功能[24]。全身振动训练和其他特色体力活动，如瑜伽，也可能是管理MAFLD的可接受方法。虽然这些运动形式的研究相对较少，但它们在改善代谢健康方面的潜力不容忽视。

3 不同强度运动对MAFLD患者的影响

运动强度是衡量运动负荷的重要指标，表示单位时间内运动对人体的刺激程度，是制定运动方案的关键要素，低于最小强度阈值的运动无法引起生理指标的变化，而过高的运动强度可能增加心血管和运动损伤的风险。因此，运动强度是影响治疗效果的核心因素，必须根据患者具体情况选择适当的运动强度以实现最佳疗效和安全性。

3.1 *低强度运动* MAFLD患者通常存在动脉粥样硬化性心血管疾病的高危风险，这导致许多患者可能难以接受中到高强度的运动。一项Meta分析提出，低强度抗阻运动方案，适用于没有运动习惯的个体[25]。这表明即使是低强度运动也可能通过改变microRNA和某些细胞因子的表达而产生积极效果。Zhang等[26]研究显示，12周的低强度有氧八段锦训练显著降低了MAFLD患者的肝脏脂肪，并改善了胰岛素敏感性。

相比中等强度运动，低强度运动并未显著降低肝脏脂肪含量。

3.2 *中等强度运动* 充足的证据支持中等强度有氧运动在减少肝脏脂肪变性方面的益处，每周进行150～240 min的中等强度有氧运动可使肝脏脂肪变性绝对减少2%～4%（相对减少30%）[22]。O’Gorma等[27]证明，每周3～5 d持续12周的中等强度有氧运动使58% MAFLD患者的肝纤维化程度和67%患者的肝细胞气球样变程度降低了一个等级。这与Mascaró等[28]的研究结果一致，后者报道了进行中等或高强度有氧运动6个月后肝脂肪减少的相似结果。这种水平的运动不仅能够有效减少肝脏脂肪，还能同时改善中心性肥胖，增强心肺健康，改善心脏代谢危险因素，提高心肺适能。

3.3 *高强度运动* 高强度间歇训练（high-intensity interval training，HIIT）是一种交替进行高强度运动与低强度恢复的训练方式。最新研究表明，HIIT可能有助于减少肝脏脂肪变性。一项荟萃分析报告显示，HIIT相较于对照组能使肝脏脂肪变性绝对减少约2.85%[29]。具体而言，进行1～5次间隔2～4 min高强度有氧运动，间隔休息2～3 min的HITT模式，已被证明有助于改善脂肪变性[30]。此外，两项大规模的人群流行病学研究表明，进行高强度（尽管不是适度的）体力活动的MAFLD患者发生脂肪性肝炎和明显纤维化的风险降低[30]。

尽管HIIT对改善MAFLD患者的心肺耐力和减少肝脏脂肪变性有益[18]，但其在实验室环境之外的应用和持续性仍存在不确定性。另有文献报道，长时间的高强度运动与中等强度运动对肝脏脂肪变性改善差异并不明显，但在短时间内，高强度运动对减轻体质量效果显著[30-31]。Abdelbasset等[32]对72例肥胖型糖尿病MAFLD患者进行了为期8周的干预，结果显示高强度间歇和中等强度持续运动对肝脏脂肪含量的影响并无显著差异。

此外，有实验表明，冲刺间歇训练（sprint interval training，SIT）即持续8～30 s的高强度冲刺，可导致约3%的肝脂肪变性绝对减少，与中等强度连续训练效果相当[33]。这一结果进一步支持高强度间歇训练在改善肝脏健康方面的潜力，但在制定运动干预方案时，需综合考虑不同运动形式的效果。

4 不同运动时间和频率对MAFLD的影响

久坐和缺乏身体活动被认为是MAFLD的独立危险因素，其发展呈剂量依赖关系。每日久坐不动增加1 h，患MAFLD的风险增加4%。每日久坐≥7 h者患MAFLD的风险比每日久坐≤4 h者高出34%[34]。一项针对139 056例韩国人的横断面研究显示，每日久坐超过5 h会增加超声诊断MAFLD的风险[35]。这些结果与来自亚洲和澳大利亚的研究一致[29,36]。

4.1 *运动频率<3次/周* 一项为期1年的试验采用每周1次的HIIT，每次训练以85%～95% VO_2max进行4次4 min的高强度运动，间隔以50%～70% VO_2max、3 min的中等强度运动[37]。结果显示，低频HIIT使肝脏脂肪和全身脂肪量显著下降，且具有良好的坚持性和持续性。这一发现提示，即使频率较低，配合HIIT仍可成为改善MAFLD的重要手段。相较之下，运动频率<3次/周中等强度有氧运动有效性的报道较少，一项研究显示每周1次，每次30 min的中等强度有氧运动可使干预组的平均体质量下降，减缓代谢综合征进展，对超重或肥胖中年人的健康产生积极影响[38]。

4.2 *运动频率≥3次/周* 根据美国运动医学会运动处方指南，建议每周至少进行3 d的高强度有氧运动[39]。这些

指南与生活方式诱导的心脏代谢性疾病患者HIIT的系统评价和荟萃分析一致,表明每周至少3 d的44 min HIIT方案(即在85%~95% HRmax下进行1~4次4 min的训练,每次间隔4 min;以70% HRmax进行3 min间歇)可以使VO_2max提高近一倍,并且比中等强度的持续训练更受欢迎[40]。

Abdelbasset等[41]研究认为每周3次,持续8周,运动时间50 min的中等强度持续有氧运动可降低糖尿病合并肝病患者肝脏脂肪含量及内脏脂质。Berge等[42]的研究指出,中等强度有氧运动组(每周3次,每次50 min,持续24周)与中等强度有氧运动联合HIIT组(第1~8周中等强度有氧运动,第9~16周HITT,第17~24周中等强度有氧运动,每周3次,每次50 min)的运动期间能量消耗差距较小,但联合运动组比单纯中等强度有氧运动组平均减轻了3 kg。这表明,联合运动组的体质量减轻效果更显著。

干预时间即使短至1周,也可以改善肝细胞死亡标志物,尽管肝脏脂肪含量未降低[43]。然而,仍需明确能够改善肝脂肪变性的运动持续时间和强度。总体而言,研究结果表明,肝脏脂肪减少主要取决于总训练时间,而非每次运动持续时间或每周训练次数[44]。

5 改善MAFLD患者的运动处方

5.1 *运动类型* 在选择运动类型时,需考虑患者的个体差异和健康状况。Slentz等[45]研究表明,适度的有氧运动训练在时间效率上优于有氧联合抗阻训练。但Hejazi等[46]研究表明,抗阻运动在改善肝功能指标(如AST)方面更加明显。这与Xiong等[47]研究一致。这表明,尽管有氧运动在时间效益上具有优势,但抗阻训练在特定生理指标的改善上可能更为有效。当前指南支持仅依靠抗阻训练来减少患者体脂和肝脂肪含量的证据有限,目前只建议那些心肺功能欠佳或无法忍受有氧运动的患者进行单独的抗阻训练[48-49]。

5.2 *运动强度* 个体化的运动处方能更好地满足患者要求,提高干预的依从性。现有研究显示,中高强度运动对改善患者肌肉质量和力量的效果差别并不显著[32]。但研究者发现,低强度、低频率的运动也可改善肝脂肪含量[35]。各项指南建议临床医师根据患者的年龄、并发症和基线活动水平选择适合的运动强度,随时调整以更有效地改善MAFLD患者的肝脂肪含量和整体健康状况。可以结合心肺运动负荷试验评估结果制定适合不同患者的个体化运动处方,以达到最佳治疗效果。

5.3 *运动时间和频率* 规律且有计划的有氧运动能显著减少肝脏脂肪堆积,改善脂肪肝。逐步增加运动量被认为是提高骨骼肌质量和功能的有效策略,并能够独立于体质量减轻以降低肝脂肪含量。根据2024年的代谢相关(非酒精性)脂肪性肝病防治指南,每周进行至少150 min快走,持续3个月以上,可使MAFLD患者的肝脂肪含量减少超过30%[48]。

目前尚不清楚治疗MAFLD的最佳运动方案;现有研究可能忽略了某些运动类型在改善MAFLD方面的特定优势或潜在健康增益,未来研究还应关注运动干预各结局指标的剂量效应关系、运动处方要素之间的相互作用等,以形成对MAFLD患者运动处方复杂效应的全面认识。

6 总结

不同类型的运动对患者的益处各异,因此应根据患者的身体状况提供合适强度和持续时间的运动处方。建议所有MAFLD患者在药物治疗的同时进行运动干预,完善运动功能和心肺功能的评估,并在肝病门诊中设立多学科团队,协助制定适合不同年龄和健康状况患者的个体化运动处方,使更多MAFLD患者受益。

利益冲突声明: 本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明: 果可欣负责查阅文献,撰写论文;桂沛君对论文进行审阅与修改;谢瑛对文章的知识性内容作批评性审阅并最后定稿。

参考文献:

[1] MACHADO MV. Aerobic exercise in the management of metabolic dysfunction associated fatty liver disease[J]. Diabetes Metab Syndr Obes, 2021, 14: 3627-3645. DOI: 10.2147/DMSO.S304357.

[2] MITRA S, DE A, CHOWDHURY A. Epidemiology of non-alcoholic and alcoholic fatty liver diseases[J]. Transl Gastroenterol Hepatol, 2020, 5: 16. DOI: 10.21037/tgh.2019.09.08.

[3] ZHOU JH, ZHOU F, WANG WX, et al. Epidemiological features of NAFLD from 1999 to 2018 in China[J]. Hepatology, 2020, 71(5): 1851-1864. DOI: 10.1002/hep.31150.

[4] ZHOU F, ZHOU JH, WANG WX, et al. Unexpected rapid increase in the burden of NAFLD in China from 2008 to 2018: A systematic review and meta-analysis[J]. Hepatology, 2019, 70(4): 1119-1133. DOI: 10.1002/hep.30702.

[5] DUAN MX, CHEN XL, CHANG WY, et al. Advances in the multi-omics research on nonalcoholic fatty liver disease[J]. J Clin Hepatol, 2024, 40(6): 1240-1247. DOI: 10.12449/JCH240626.
段明秀, 陈新利, 常伟宇, 等. 非酒精性脂肪性肝病多组学研究现状[J]. 临床肝胆病杂志, 2024, 40(6): 1240-1247. DOI: 10.12449/JCH240626.

[6] LA FUENTE FP, QUEZADA L, SEPÚLVEDA C, et al. Exercise regulates lipid droplet dynamics in normal and fatty liver[J]. Biochim Biophys Acta Mol Cell Biol Lipids, 2019, 1864(12): 158519. DOI: 10.1016/j.bbalip.2019.158519.

[7] LINDEN MA, SHELDON RD, MEERS GM, et al. Aerobic exercise train-

ing in the treatment of non-alcoholic fatty liver disease related fibrosis [J]. J Physiol, 2016, 594(18): 5271-5284. DOI: 10.1113/JP272235.
[8] TUNG BT, RODRIGUEZ-BIES E, THANH HN, et al. Organ and tissue-dependent effect of resveratrol and exercise on antioxidant defenses of old mice[J]. Aging Clin Exp Res, 2015, 27(6): 775-783. DOI: 10.1007/s40520-015-0366-8.
[9] XIAO ZL, LU CX, ZHOU DN, et al. Role of lipophagy in the prevention and treatment of nonalcoholic fatty liver disease[J]. J Clin Hepatol, 2024, 40(7): 1450-1458. DOI: 10.12449/JCH240725.
肖智利, 卢晨霞, 周丹妮, 等. 脂肪自噬在非酒精性脂肪性肝病防治中的作用[J]. 临床肝胆病杂志, 2024, 40(7): 1450-1458. DOI: 10.12449/JCH240725.
[10] YANG BQ, YIN JY, WANG Q. The mechanism of action of mitochondrial dysfunction in the development of non-alcoholic fatty liver disease[J]. J Clin Hepatol, 2024, 40(1): 147-150. DOI: 10.12449/JCH240124.
杨冰清, 尹静亚, 王琦. 肝线粒体功能障碍在非酒精性脂肪性肝病发病中的作用机制[J]. 临床肝胆病杂志, 2024, 40(1): 147-150. DOI: 10.12449/JCH240124.
[11] SŁOMKO J, ZALEWSKA M, NIEMIRO W, et al. Evidence-based aerobic exercise training in metabolic-associated fatty liver disease: Systematic review with meta-analysis[J]. J Clin Med, 2021, 10(8): 1659. DOI: 10.3390/jcm10081659.
[12] SABAG A, BARR L, ARMOUR M, et al. The effect of high-intensity interval training vs moderate-intensity continuous training on liver fat: A systematic review and meta-analysis[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2022, 107(3): 862-881. DOI: 10.1210/clinem/dgab795.
[13] MOHAMMAD RAHIMI GR, ATTARZADEH HOSSEINI SR. Effect of aerobic exercise alone or in conjunction with diet on liver function, insulin resistance and lipids in non-alcoholic fatty liver disease[J]. Biol Res Nurs, 2022, 24(2): 259-276. DOI: 10.1177/10998004211068026.
[14] NAM H, YOO JJ, CHO Y, et al. Effect of exercise-based interventions in nonalcoholic fatty liver disease: A systematic review with meta-analysis[J]. Dig Liver Dis, 2023, 55(9): 1178-1186. DOI: 10.1016/j.dld.2022.12.013.
[15] MENDEZ-SANCHEZ N, ARRESE M, GADANO A, et al. The Latin American Association for the Study of the Liver (ALEH) position statement on the redefinition of fatty liver disease[J]. Lancet Gastroenterol Hepatol, 2021, 6(1): 65-72. DOI: 10.1016/S2468-1253(20)30340-X.
[16] ORCI LA, GARIANI K, OLDANI G, et al. Exercise-based interventions for nonalcoholic fatty liver disease: A meta-analysis and meta-regression [J]. Clin Gastroenterol Hepatol, 2016, 14(10): 1398-1411. DOI: 10.1016/j.cgh.2016.04.036.
[17] CHARATCHAROENWITTHAYA P, KULJIRATITIKAL K, AKSORNCHANYA O, et al. Moderate-intensity aerobic vs resistance exercise and dietary modification in patients with nonalcoholic fatty liver disease: A randomized clinical trial[J]. Clin Transl Gastroenterol, 2021, 12(3): e00316. DOI: 10.14309/ctg.0000000000000316.
[18] SON WM, PARK JJ. Resistance band exercise training prevents the progression of metabolic syndrome in obese postmenopausal women[J]. J Sports Sci Med, 2021, 20(2): 291-299. DOI: 10.52082/jssm.2021.291.
[19] KIM HJ, LEE HJ, SO B, et al. Effect of aerobic training and resistance training on circulating irisin level and their association with change of body composition in overweight/obese adults: A pilot study[J]. Physiol Res, 2016, 65(2): 271-279. DOI: 10.33549/physiolres.932997.
[20] PARK Y, SINN DH, KIM K, et al. Associations of physical activity domains and muscle strength exercise with non-alcoholic fatty liver disease: A nation-wide cohort study[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 4724. DOI: 10.1038/s41598-023-31686-6.
[21] MEDEIROS DG, FERREIRA LF, LAMP JDS, et al. The impact of resistance training in patients diagnosed with metabolic dysfunction-associated steatotic liver disease: A systematic review[J]. Eur J Gastroenterol Hepatol, 2025, 37(2): 129-136. DOI: 10.1097/MEG.0000000000002887.
[22] KEATING SE, SABAG A, HALLSWORTH K, et al. Exercise in the management of metabolic-associated fatty liver disease (MAFLD) in adults: A position statement from exercise and sport science Australia[J]. Sports Med, 2023, 53(12): 2347-2371. DOI: 10.1007/s40279-023-01918-w.
[23] TEO SYM, KANALEY JA, GUELFI KJ, et al. Exercise timing in type 2 diabetes mellitus: A systematic review[J]. Med Sci Sports Exerc, 2018, 50(12): 2387-2397. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001732.
[24] ALLISON MK, BAGLOLE JH, MARTIN BJ, et al. Brief intense stair climbing improves cardiorespiratory fitness[J]. Med Sci Sports Exerc, 2017, 49(2): 298-307. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001188.
[25] HASHIDA R, MATSUSE H, KAWAGUCHI T, et al. Effects of a low-intensity resistance exercise program on serum miR-630, miR-5703, and fractalkine/CX3CL1 expressions in subjects with no exercise habits: A preliminary study[J]. Hepatol Res, 2021, 51(7): 823-833. DOI: 10.1111/hepr.13670.
[26] ZHANG Y, WEI QM, GENG X, et al. Long-term aerobic exercise enhances hepatoprotection in MAFLD by modulating exosomal miR-324 via ROCK1[J]. Metabolites, 2024, 14(12): 692. DOI: 10.3390/metabo14120692.
[27] O'GORMAN P, NAIMIMOHASSES S, MONAGHAN A, et al. Improvement in histological endpoints of MAFLD following a 12-week aerobic exercise intervention[J]. Aliment Pharmacol Ther, 2020, 52(8): 1387-1398. DOI: 10.1111/apt.15989.
[28] MASCARÓ CM, BOUZAS C, MONTEMAYOR S, et al. Effect of a six-month lifestyle intervention on the physical activity and fitness status of adults with NAFLD and metabolic syndrome[J]. Nutrients, 2022, 14(9): 1813. DOI: 10.3390/nu14091813.
[29] SABAG A, LITTLE JP, JOHNSON NA. Low-volume high-intensity interval training for cardiometabolic health[J]. J Physiol, 2022, 600(5): 1013-1026. DOI: 10.1113/JP281210.
[30] JOO JH, KIM HJ, PARK EC, et al. Association between sitting time and non-alcoholic fatty live disease in South Korean population: A cross-sectional study[J]. Lipids Health Dis, 2020, 19(1): 212. DOI: 10.1186/s12944-020-01385-6.
[31] KEATING SE, CROCI I, WALLEN MP, et al. High-intensity interval training for the management of nonalcoholic steatohepatitis: Participant experiences and perspectives[J]. J Clin Transl Hepatol, 2023, 11(5): 1050-1060. DOI: 10.14218/JCTH.2022.00091S.
[32] ABDELBASSET WK, TANTAWY SA, KAMEL DM, et al. Effects of high-intensity interval and moderate-intensity continuous aerobic exercise on diabetic obese patients with nonalcoholic fatty liver disease: A comparative randomized controlled trial[J]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(10): e19471. DOI: 10.1097/MD.0000000000019471.
[33] MOTIANI KK, SAVOLAINEN AM, TOIVANEN J, et al. Effects of short-term sprint interval and moderate-intensity continuous training on liver fat content, lipoprotein profile, and substrate uptake: A randomized trial[J]. J Appl Physiol (1985), 2019, 126(6): 1756-1768. DOI: 10.1152/japplphysiol.00900.2018.
[34] CROCI I, COOMBES JS, BUCHER SANDBAKK S, et al. Non-alcoholic fatty liver disease: Prevalence and all-cause mortality according to sedentary behaviour and cardiorespiratory fitness. The HUNT Study [J]. Prog Cardiovasc Dis, 2019, 62(2): 127-134. DOI: 10.1016/j.pcad.2019.01.005.
[35] RYU S, CHANG Y, JUNG HS, et al. Relationship of sitting time and physical activity with non-alcoholic fatty liver disease[J]. J Hepatol, 2015, 63(5): 1229-1237. DOI: 10.1016/j.jhep.2015.07.010.
[36] WEI HL, QU H, WANG H, et al. Associations between sitting time and non-alcoholic fatty liver diseases in Chinese male workers: A cross-sectional study[J]. BMJ Open, 2016, 6(9): e011939. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-011939.
[37] CHIN EC, LEUNG CK, YU DJ, et al. Effects of one-year once-weekly high-intensity interval training on body adiposity and liver fat in adults with central obesity: Study protocol for a randomized controlled trial[J]. J Exerc Sci Fit, 2022, 20(2): 161-171. DOI:

10.1016/j.jesf.2022.03.003.
[38] NODA H, HARADA M, YOKOTA K, et al. Individualized health education with sports gym use and dietary advice for overweight and obese persons in a community. Kokuho Health-up model Program in Chikusei-shi (former Kyowa town)[J]. Nihon Koshu Eisei Zasshi, 2006, 53(10): 749-761.
[39] STINE JG, LONG MT, COREY KE, et al. American College of Sports Medicine (ACSM) International Multidisciplinary Roundtable report on physical activity and nonalcoholic fatty liver disease[J]. Hepatol Commun, 2023, 7(4): e0108. DOI: 10.1097/HC9.0000000000000108.
[40] WESTON KS, WISLØFF U, COOMBES JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: A systematic review and meta-analysis[J]. Br J Sports Med, 2014, 48(16): 1227-1234. DOI: 10.1136/bjsports-2013-092576.
[41] ABDELBASSET WK, ELSAYED SH, NAMBI G, et al. Effect of moderate-intensity aerobic exercise on hepatic fat content and visceral lipids in hepatic patients with diabesity: A single-blinded randomised controlled trial[J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2020, 2020: 1923575. DOI: 10.1155/2020/1923575.
[42] BERGE J, HJELMESAETH J, HERTEL JK, et al. Effect of aerobic exercise intensity on energy expenditure and weight loss in severe obesity-a randomized controlled trial[J]. Obesity (Silver Spring), 2021, 29(2): 359-369. DOI: 10.1002/oby.23078.
[43] SIMON TG, KIM MN, LUO X, et al. Physical activity compared to adiposity and risk of liver-related mortality: Results from two prospective, nationwide cohorts[J]. J Hepatol, 2020, 72(6): 1062-1069. DOI: 10.1016/j.jhep.2019.12.022.
[44] KENNEALLY S, SIER JH, BERNADETTE MOORE J. Efficacy of dietary and physical activity intervention in non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review[J]. BMJ Open Gastroenterol, 2017, 4(1): e000139. DOI: 10.1136/bmjgast-2017-000139.
[45] SLENTZ CA, BATEMAN LA, WILLIS LH, et al. Effects of aerobic vs. resistance training on visceral and liver fat stores, liver enzymes, and insulin resistance by HOMA in overweight adults from STRRIDE AT/RT[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2011, 301(5): E1033-E1039. DOI: 10.1152/ajpendo.00291.2011.
[46] HEJAZI K, HACKETT D. Effect of exercise on liver function and insulin resistance markers in patients with non-alcoholic fatty liver disease: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Clin Med, 2023, 12(8): 3011. DOI: 10.3390/jcm12083011.
[47] XIONG YZ, PENG QW, CAO CM, et al. Effect of different exercise methods on non-alcoholic fatty liver disease: A meta-analysis and meta-regression[J]. Int J Environ Res Public Health, 2021, 18(6): 3242. DOI: 10.3390/ijerph18063242.
[48] KONG JN, ZHANG BB, SHI JP. An excerpt of clinical practice guideline of prevention and treatment of metabolic dysfunction-associated (non-alcoholic) fatty liver disease (2024 edition)[J]. J Clin Hepatol, 2024, 40(9): 1767-1770. DOI: 10.12449/JCH240908.
孔嘉宁, 张彬彬, 施军平.《代谢相关(非酒精性)脂肪性肝病防治指南(2024年版)》解读[J]. 临床肝胆病杂志, 2024, 40(9): 1767-1770. DOI: 10.12449/JCH240908.
[49] GHAFFARI M, SADEGHIYAN S, FARAMARZI M, et al. The effect of aerobic exercise on metabolic parameters of patients with non-alcoholic fatty liver disease: Systematic review and meta-analysis[J]. J Sports Med Phys Fitness, 2023, 63(1): 178-187. DOI: 10.23736/S0022-4707.22.13801-6.

收稿日期：2024-12-31；**录用日期：**2025-03-04
本文编辑：王亚南

引证本文：GUO KX, GUI PJ, XIE Y. The effect of the mechanism of exercise intervention and individualized exercise prescription on metabolic dysfunction-associated fatty liver disease[J]. J Clin Hepatol, 2025, 41(8): 1649-1654.
果可欣, 桂沛君, 谢瑛. 运动干预机制以及个性化运动处方对代谢相关脂肪性肝病的影响[J]. 临床肝胆病杂志, 2025, 41(8): 1649-1654.

·致谢·

本期审稿专家

Current reviewers

王贞彪 孔 丽 申丽娟 白 浪 吕 飒 朱 萱 向慧玲 庄立琨 刘正稳 刘 立 刘 梅
祁兴顺 阳学风 苏智军 杜端明 李荣宽 李俊峰 李胜棉 李 海 李 鹏 李 磊 李镇利
李 璐 杨晋辉 杨 辉 吴 浩 吴 彪 汪安江 张伦理 张 旻 张 勇 张海蓉 张跃伟
陈卫昌 陈茂伟 陈 洪 陈晓星 陈澜澜 林明华 帖 君 金珍婧 周春华 周 俭 郝玉霞
郝建宇 胡爱荣 郜玉峰 段旭华 徐丽姝 徐洪芹 高沿航 崔石昌 董 菁 韩红梅 舒慧君
鲁晓岚 谢正元 福军亮 蔺淑梅