

高强度间歇训练对COPD患者的康复效果及作用机制*

刘景新¹ 刘晓丹² 吴卫兵^{1,4} 王振伟³ 严隽陶²

慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)是一种气流受限不完全可逆、呈进行性发展,严重影响人类健康的肺部疾病。据统计,我国40岁以上的人群COPD发病率为8.2%^[1],居于我国疾病死亡原因的第三位^[2]。近年来,运动作为COPD肺康复治疗的一种训练形式,在降低患者急性发作次数、减轻患者呼吸困难、增加运动能力以及提高生存质量方面具有良好的康复效果,并在临床中得到广泛的应用^[3-6]。然而,在对COPD患者实施运动康复过程中,受患者运动能力下降、对长时间运动不耐受的影响,常常导致患者由于无法完成既定的运动方案而影响康复效果。

高强度间歇训练是一种较短时间内重复多次高强度的运动,并在每两次高强度训练之间进行较低强度或完全静息间歇的一种训练方式。由于高强度间歇训练在训练过程中增加了间歇期,有利于克服COPD患者对长时间运动的不耐受性,提高了患者康复训练的完成率,近年来受到国外学者的广泛关注^[7-9]。但目前国内COPD康复领域对于高强度间歇训练应用的研究还很少,因此本文在综述国外高强度间歇训练在COPD康复领域研究现状的基础上,探究高强度间歇训练对COPD患者的康复效果及其作用机制,为我国COPD患者提供一种有效的康复训练方式。

1 COPD高强度间歇训练方案概述

长期以来,高强度间歇训练主要应用于竞技体育领域的训练,由于其运动强度过大,出于安全性考虑,较少应用于慢性疾病人群^[10]。但是,近年来国外的一些学者,不断地尝试将高强度间歇训练应用在COPD患者运动康复训练方案中,研究发现高强度间歇训练在提高COPD患者峰值功率(peak work rate, WR_{peak})、峰值摄氧量(peak VO_2 , VO_{2peak})、6min步行距离(6-minute walking distance, 6MWD)以及改善患者生存质量等方面取得了良好的康复效果^[11-13],其安全性也得到临床试验研究的初步证实^[14]。

高强度间歇训练方案主要包含运动强度、持续时间、间歇强度、间歇时间等关键要素^[15]。与其他训练方案(如重复训练、持续训练)最大的区别,高强度间歇训练给机体带来更大的刺激,同时通过适当的间歇,克服患者对长时间大强度运动的不耐受性,有利于患者顺利完成预定的训练方案,取得预想的康复效果。从目前国外研究中COPD患者高强度间歇训练方案来看,高强度间歇训练方案并不完全一致,训练负荷强度均建立在大强度的基础上,持续时间从30s到数分钟不等,间歇负荷有的为静止性休息、有的为中低等强度负荷运动,间歇负荷持续的时间也是从30s到数分钟不等,训练频率主要采用3次/周,训练周期从3—16周不等。具体情况见表1所示。

表1 COPD高强度间歇训练方案一览表

文献	训练负荷		间歇负荷		时间	频率	周期
	强度	时间	强度	时间			
Rodríguez 2016 ^[16]	70%—100% WR_{peak}	2min	40%—50% WR_{peak}	3min	45min	3次/周	8周
Nasis 2015 ^[17]	100% WR_{peak}	30s	静息	30s	45min	3次/周	12周
Brønstad 2013 ^[18]	90% HR_{max}	4min	50%—70% HR_{max}	3min	38min	3次/周	10周
Brønstad 2012 ^[19]	90% WR_{peak}	4min	无负荷运动	2min	24min	3次/周	6周
Gloeckl 2012 ^[14]	100% WR_{peak}	30s	静息	30s	30min	3次/周	3周
Helgerud 2010 ^[20]	85%—95% HR_{peak}	4min	65%—75% HR_{peak}	3min	28min	3次/周	8周
Bjorgen 2009 ^[21]	85%—95% HR_{peak}	4min	双腿交替休息	4min	32min	3次/周	8周
Varga 2007 ^[8]	90% WR_{peak}	2min	50% WR_{peak}	1min	45min	3次/周	8周
Arnardóttir 2007 ^[9]	80% WR_{max}	3min	30%—40% WR_{max}	3min	39min	2次/周	16周
Vogiatzis 2005 ^[22]	100% WR_{peak}	30s	静息	30s	45min	3次/周	10周

注: WR_{peak} :峰值功率; HR_{max} :最大心率; HR_{peak} :峰值心率

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2017.12.028

*基金项目:国家体育总局健身气功管理中心项目(QG2015014);上海市卫生和计划生育委员会中医药科研基金(2014LQ081A);国家体育总局全民健身研究项目(2015B077)

1 上海体育学院运动科学学院,上海,200438; 2 上海中医药大学康复医学院; 3 上海岳阳中西医结合医院; 4 通讯作者

作者简介:刘景新,男,硕士研究生; 收稿日期:2016-05-21

2 高强度间歇训练对 COPD 康复的影响

2.1 对 COPD 呼吸功能的影响

COPD 患者由于肺弹性回缩力降低、胸内压增加及弥散性小气道狭窄等因素的影响,引起在呼气末肺泡内滞留的气体增加,深吸气量减少,产生肺过度充气,导致患者呼吸困难及运动能力降低。有研究证实,高强度间歇训练对 COPD 患者呼吸功能的影响主要体现在提高呼吸肌肌力、耐力及通气效率等方面^[23-25]。

针对 COPD 患者呼吸肌肌力、耐力下降的情况,国外有学者开展了高强度间歇呼吸训练研究,发现高强度间歇训练对提高 COPD 患者呼吸肌肌力和耐力、改善呼吸肌功能障碍具有明显的作用^[23-24]。Sturdy 等^[23]研究发现,对稳定期 COPD 患者进行 8 周高强度间歇呼吸肌训练,患者最大吸气压增加了 32%±27%,最大呼气耐受压增加了 56%±33%,最大吸气压与最大呼气耐受压比值增加了 20%±20%。Hill 等^[24]研究也发现,8 周高强度间歇呼吸肌训练后,COPD 患者最大吸气压、最大呼气耐受压、最大吸气压与最大呼气耐受压比值较训练前显著增加。两位学者的研究进一步表明,大强度间歇呼吸肌训练后明显提高了 COPD 患者呼吸肌的肌力和耐力。

同时在开展的 COPD 患者高强度间歇训练的研究中,发现患者的通气效率也明显增加^[19-20,25]。Vogiatzis 等^[25]研究发现,12 周高强度间歇训练后,在相同试验负荷下,患者每分通气量由训练前(35.8±2.5)L/min 降低至训练后(31.7±2.5)L/min。Brønstad 等^[19]通过对 COPD 患者进行 6 周的高强度间歇伸肌训练后发现,在次大强度下运动,每分通气量由训练前(16.7±1.3)L/min 降低至(13.3±2.0)L/min。与 Vogiatzis 和 Brønstad 学者研究结果相类似,Helgerud 等^[20]研究发现,高强度间歇训练后,患者在功率 20—40W 次大强度下运动 5min,通气量降低 22%,呼吸频率降低 5%。上述不同研究表明,针对恒定运动负荷试验,与训练前相比,高强度间歇训练后 COPD 患者每分钟通气量、呼吸频率均明显下降,表明了高强度间歇训练有效地改善了 COPD 患者的呼吸功能,提高了患者的通气效率。

2.2 对 COPD 运动能力的影响

运动能力下降是 COPD 患者主要临床症状之一,极大限制了患者的日常活动,严重影响患者的生存质量。从国外文献研究证实,高强度间歇训练能够有效提高患者的运动能力^[11-12,14]。Gloeckl 等^[14]研究发现,为期 3 周的高强度间歇训练后,COPD 患者 6MWD 显著性增加,递增负荷测试过程中呼吸困难评分、腿部疲劳感明显降低。Nasis 等^[12]通过对 COPD 患者进行 10 周高强度间歇训练,发现患者 6MWD 和 WR_{peak} 明显增加,增加的幅度分别为(52±16)m 和(14±2)W。Mador 等^[11]研究发现,8 周高强度间歇训练后,COPD 患者 6MWD、 WR_{peak} 均较训练前显著增加,次大强度下

运动的时间均较训练前显著增加。与前面三位学者研究结果类似,Vogiatzis 等^[25]研究也发现,与训练前相比,12 周高强度间歇训练后 COPD 患者 WR_{peak} 明显增加、呼吸困难评分和腿部疲劳感明显降低。

通过上述研究结果表明,对 COPD 患者进行有针对性的高强度间歇训练,能够明显提高 COPD 患者的运动能力,主要表现为 6MWD 和 WR_{peak} 提高、运动过程中呼吸困难和腿部疲劳感降低。同时从运动时间延长上来看,高强度间歇训练明显改善了 COPD 患者对运动的耐受性。

2.3 对 COPD 生存质量的影响

COPD 患者由于肺功能、运动能力的下降,直接或间接地影响患者的工作和日常活动能力,导致患者生存质量下降。因此,根据前面研究显示的高强度间歇训练对呼吸功能和运动能力的有效地改善,可以推断高强度间歇训练也将有效地提高 COPD 患者的生存质量。

事实上,相关的一些研究也显示,高强度间歇训练能够有效提高 COPD 患者生存质量^[9,11,26]。Arnardóttir 等^[9]通过 SF-36 生存质量问卷对 COPD 患者生存质量进行评价发现,高强度间歇训练后,患者在日常活动中呼吸困难症状显著降低,焦虑和抑郁情况明显改善,患者对训练产生浓厚的兴趣;与持续训练组相比,高强度间歇训练组社会功能评分及总体健康评分明显提高。Puhan 等^[26]通过慢性呼吸问卷评估 COPD 患者生存质量发现,高强度间歇训练后患者总分明显提高。Mador 等^[11]通过慢性呼吸问卷对 COPD 患者生存质量进行评估发现,高强度间歇训练后患者在日常生活中呼吸困难评分、疲劳感评分以及总分较训练前显著增加。研究表明,高强度间歇训练能够不同程度地提高 COPD 患者的生存质量。

3 高强度间歇训练对 COPD 康复效果的作用机制

3.1 高强度间歇训练改善 COPD 骨骼肌功能障碍

骨骼肌功能障碍是 COPD 患者突出的肺外损伤,主要表现为骨骼肌肌力、肌耐力下降,易疲劳等^[27]。高强度间歇训练对于 COPD 骨骼肌功能障碍改善可能是由于该训练能够对患者骨骼肌产生更大的刺激,从而诱导骨骼肌产生适应性的变化,改善骨骼肌功能障碍状况。

高强度间歇训练改善 COPD 骨骼肌功能障碍的作用机制可归纳分为两方面:一方面,高强度间歇训练改善了机体对 COPD 骨骼肌的氧供应,提高了骨骼肌对能源物质的利用,降低乳酸的生成。Helgerud 等^[20]研究发现 COPD 患者高强度间歇训练后,在完成相同负荷时,动脉血氧饱和度较训练前显著增加,表明高强度间歇训练后机体氧运输能力增加,从而保证了骨骼肌在运动中氧的供应。高强度间歇训练后机体对骨骼肌氧供应增加的同时还能够有效改善 COPD 线粒体功能。Brønstad 等^[19]研究发现,COPD 患者 6 周高强度

间歇训练后, VO_{2peak} 明显增加, 从 (200 ± 40) ml/min/kg 增加至 (248 ± 43) ml/min/kg, 骨骼肌柠檬酸合成酶活性显著增加、线粒体呼吸功能提高将近 40%。Coppoolse 等^[28]通过对 COPD 患者进行 8 周的高强度间歇训练后发现, 在次大强度运动测试中, 血乳酸的生成量较训练前下降 20%。上述学者研究结果表明高强度间歇训练对 COPD 患者机体氧供应增加, 线粒体功能改善从而提高了骨骼肌有氧运动能力。另一方面, 高强度间歇训练改善了 COPD 骨骼肌萎缩状况, 表现为增加了骨骼肌纤维横断面积以及降低了糖酵解型肌纤维比例。Vogiatzis 等^[22]发现, 10 周高强度间歇训练后患者股外侧肌 I 型和 II a 型肌纤维横截面积均显著增加, 毛细血管与肌纤维比值明显增加; 另外从肌纤维类型看, 高强度间歇训练并没有改变 I 型和 II a 型肌纤维的比例, 而是显著降低了 II b 型肌纤维的比例。因此, 高强度间歇性训练通过对 COPD 骨骼肌功能和结构的作用机制, 从而改善 COPD 患者的骨骼肌功能障碍状况。

3.2 高强度间歇训练提高 COPD 患者心肺功能

心肺功能是 COPD 患者康复效果的重要内容, 高强度间歇训练对 COPD 患者的康复效果与患者心肺功能改善紧密相关。一是高强度间歇训练提高了 COPD 患者心肺承担运动负荷的能力。Brønstad 等^[18]研究发现, 10 周 90%HR 强度高强度间歇训练后, COPD 患者 VO_{2peak} 提高 8%, 心脏工作效率提高 7%, 射血分数增加 11.9%, 每搏输出量增加 17%。Rodríguez 等^[16]研究发现, 8 周高强度间歇训练后, COPD 患者 VO_{2peak} 增加了 156 ml/min, 最大负荷运动结束 1 分钟后心率降低值显著增加, 心率储备占预计值的百分比由 $57\% \pm 22\%$ 增加至 $81\% \pm 9\%$ 。与 Brønstad 和 Rodríguez 研究结果类似, Nasis 等^[17]研究发现, COPD 患者 12 周高强度间歇训练后, 每搏输出量、心输出量显著增加。二是高强度间歇训练提高了 COPD 患者机体的工作效率。Nasis 等^[17]研究发现, 高强度间歇训练后 COPD 患者在 6 min 恒定负荷测试中, 心输出量、心率较训练前显著降低。Brønstad 等^[18]研究发现, 高强度间歇训练后, 患者完成恒定负荷时肺部氧摄取量降低 26%。Helgerud 等^[20]研究发现, 高强度间歇训练后, COPD 患者在 20—40 W 功率下运动 5 min 后 VO_2 和心率较训练前分别降低 10% 和 8%。

由此可见, 高强度间歇训练提高了 COPD 患者心肺承担运动负荷的能力和工作效率。主要表现为达到最大运动负荷时, 患者每搏输出量、射血分数以及心输出量的增加; 在完成恒定运动负荷时, 每搏输出量增加、心率降低等。表明高强度间歇训练提高了 COPD 患者心肺功能, 促进了患者的康复。

4 小结

高强度间歇训练作为一种备受关注的康复训练手段, 近

年来在 COPD 患者的康复训练中得到不断地应用。从训练方法看, 该训练方法既突出训练的强度, 又增加训练的间歇, 提高了 COPD 患者完成训练负荷的成功率, 保证了患者康复训练效果; 从康复效果来看, 高强度间歇训练提高了 COPD 患者呼吸功能、运动耐力和生存质量, 其作用机制可能与高强度间歇训练改善了 COPD 患者骨骼肌形态功能和提高了 COPD 患者心肺功能有关。

然而, COPD 患者在应用高强度间歇训练过程中还需考虑两个因素: 一是目前 COPD 患者高强度间歇训练的运动方案尚不统一, 对不同病程患者的康复效果可能存在一定差异, 患者在进行高强度间歇训练前应结合自身情况制定个性化的训练方案; 二是对于那些年老体弱 COPD 患者, 高强度间歇训练时安全性需要进行严格评估, 保证患者高强度间歇训练过程中的安全。

参考文献

- [1] 中华医学会呼吸病学慢性阻塞性肺疾病学组. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2013年修订版)[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2014,6(02):67—80.
- [2] Zhou M, Wang H, Zhu J, et al. Cause-specific mortality for 240 causes in China during 1990-2013: a systematic subnational analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 [J]. Lancet, 2016, 387(10015):251—272.
- [3] Ramos EM, de Toledo-Arruda AC, Fosco LC, et al. The effects of elastic tubing-based resistance training compared with conventional resistance training in patients with moderate chronic obstructive pulmonary disease: a randomized clinical trial[J]. Clin Rehabil, 2014, 28(11):1096—1106.
- [4] Iepsen UW, Jørgensen KJ, Ringbæk T, et al. A combination of resistance and endurance training increases leg muscle strength in COPD: An evidence-based recommendation based on systematic review with meta-analyses[J]. Chron Respir Dis, 2015, 12(2):132—145.
- [5] Zambom-Ferraresi F, Cebollero P, Gorostiaga EM, et al. Effects of combined resistance and endurance training versus resistance training alone on strength, exercise capacity, and quality of life in patients with COPD[J]. J Cardiopulm Rehabil Prev, 2015, 35(6):446—453.
- [6] 陈文元, 赖昕, 谢韶东. 耐力训练结合肌力训练对慢性阻塞性肺疾病患者运动耐力及生存质量的影响[J]. 中国康复医学杂志, 2015,30(02):152—157.
- [7] Leite MR, Ramos EM, Kalva-Filho CA, et al. Effects of 12 weeks of aerobic training on autonomic modulation, mucociliary clearance, and aerobic parameters in patients with COPD[J]. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis, 2015, (10): 2549—2557.

- [8] Varga J, Porszasz J, Boda K, et al. Supervised high intensity continuous and interval training vs. self-paced training in COPD[J]. *Respir Med*, 2007, 101(11):2297—2304.
- [9] Arnardóttir RH, Boman G, Larsson K, et al. Interval training compared with continuous training in patients with COPD[J]. *Respir Med*, 2007, 101(6):1196—1204.
- [10] Faude O, Steffen A, Kellmann M, et al. The effect of short-term interval training during the competitive season on physical fitness and signs of fatigue: a crossover trial in high-level youth football players[J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 2014, 9(6):936—944.
- [11] Mador MJ, 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.
- [12] Nasis IG, Vogiatzis I, Stratakos G, et al. Effects of interval-load versus constant-load training on the BODE index in COPD patients[J]. *Respir Med*, 2009, 103(9):1392—1398.
- [13] Beauchamp MK, Nonoyama M, Goldstein RS, et al. Interval versus continuous training in individuals with chronic obstructive pulmonary disease--a systematic review[J]. *Thorax*, 2010, 65(2):157—164.
- [14] Gloeckl R, Halle M, Kenn K. Interval versus continuous training in lung transplant candidates: a randomized trial[J]. *J Heart Lung Transplant*, 2012, 31(9):934—941.
- [15] 黎涌明. 高强度间歇训练对不同训练人群的应用效果[J]. *体育科学*, 2015, 35(08):59—75, 96.
- [16] Rodríguez DA, 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] Nasis I, Kortianou E, Vasilopoulou M, et al. Hemodynamic effects of high intensity interval training in COPD patients exhibiting exercise-induced dynamic hyperinflation[J]. *Respir Physiol Neurobiol*, 2015, (217):8—16.
- [18] Brønstad E, Tjonna AE, 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.
- [19] Brønstad E, Rognmo O, Tjonna AE, et al. High-intensity knee extensor training restores skeletal muscle function in COPD patients[J]. *Eur Respir J*, 2012, 40(5):1130—1136.
- [20] Helgerud J, Bjørgen S, Karlsen T, et al. Hyperoxic interval training in chronic obstructive pulmonary disease patients with oxygen desaturation at peak exercise[J]. *Scand J Med Sci Sports*, 2010, 20(1):e170—176.
- [21] Bjørgen S, Hoff J, Husby VS, et al. Aerobic high intensity one and two legs interval cycling in chronic obstructive pulmonary disease: the sum of the parts is greater than the whole[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2009, 106(4):501—507.
- [22] Vogiatzis I, Terzis G, Nanas S, et al. Skeletal muscle adaptations to interval training in patients with advanced COPD[J]. *Chest*, 2005, 128(6):3838—3845.
- [23] Sturdy G, Hillman D, Green D, et al. Feasibility of high-intensity, interval-based respiratory muscle training in COPD[J]. *Chest*, 2003, 123(1):142—150.
- [24] Hill K, Jenkins SC, Philippe DL, et al. High-intensity inspiratory muscle training in COPD[J]. *Eur Respir J*, 2006, 27(6):1119—1128.
- [25] Vogiatzis I, Nanas S, Roussos C. Interval training as an alternative modality to continuous exercise in patients with COPD[J]. *Eur Respir J*, 2002, 20(1):12—19.
- [26] Puhon MA, Büsching G, Schünemann HJ, 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.
- [27] Maddocks M, Shrikrishna D, Vitoriano S, et al. Skeletal muscle adiposity is associated with physical activity, exercise capacity and fibre shift in COPD[J]. *Eur Respir J*, 2014, 44(5):1188—1198.
- [28] Coppoolse R, Schols AM, Baarends EM, et al. Interval versus continuous training in patients with severe COPD: a randomized clinical trial[J]. *Eur Respir J*, 1999, 14(2):258—263.