

- tolerance in severe COPD patients [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2004, 169: A467.
- [7] Richardson RS, Sheldon J, Poole DC, et al. Evidence of skeletal muscle metabolic reserve during whole body exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. Am J Respir Crit Care Med, 1999, 159: 881—885.
- [8] Gosselink RA, Wagenaar RC, Rijswijk H, et al. Diaphragmatic breathing reduces efficiency of breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. Am J Respir Crit Care Med, 1995, 151: 1136—1142.
- [9] Jones AY, Dean E, Chow CC. Comparison of the oxygen cost of breathing exercises and spontaneous breathing in patients with stable chronic obstructive pulmonary disease [J]. Phys Ther, 2003, 83: 424—431.
- [10] Bianchi R, Gigliotti F, Romagnoli I, et al. Chest wall kinematics and breathlessness during pursedlip breathing in patients with COPD [J]. Chest, 2004, 125: 459—465.
- [11] van der Schans CP, de Jong W, de Vries G, et al. Effects of positive expiratory pressure breathing during exercise in patients with COPD [J]. Chest, 1994, 105: 782—789.
- [12] Spruit MA, Troosters T, Trappenburg JC, et al. Exercise training during rehabilitation of patients with COPD: a current perspective [J]. Patient Educ Couns, 2004, 52: 243—248.
- [13] Sabapathy S, Kingsley RA, Schneider DA, et al. Continuous and intermittent exercise responses in individuals with chronic obstructive pulmonary disease [J]. Thorax, 2004, 59: 1026—1031.
- [14] 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: 12—19.
- [15] Puhon MA, Schünemann HJ, 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: 367—375.
- [16] Vogiatzis I, Nanas S, Kastanakis E, et al. Dynamic hyperinflation and tolerance to interval exercise in patients with advanced COPD [J]. Eur Respir J, 2004, 24: 385—390.
- [17] Richardson RS, Leek BT, Gavin TP, et al. Reduced mechanical efficiency in COPD, but normal peak VO_2 with small muscle exercise [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2004, 169: 89—96.
- [18] Casaburi R, Bhasin S, Cosentino L, et al. Anabolic effects of testosterone replacement and strength training in men with COPD [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2004, 170: 870—878.
- [19] Ortega F, Toral J, Cejudo P, et al. Comparison of effects of strength and endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2002, 166: 669—674.
- [20] M. Jeffery Mador, Erkan Bozkanat, Ajay Aggarwal, et al. Endurance and strength training in patients with COPD [J]. Chest, 2004, 125: 2036—2045.
- [21] Neder JA, Sword D, Ward SA, et al. Home based neuromuscular electrical stimulation as a new rehabilitative strategy for severely disabled patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) [J]. Thorax, 2002, 57: 333—337.
- [22] Zanotti E, Felicetti G, Maini M, et al. Peripheral muscle strength training in bed-bound patients with COPD receiving mechanical ventilation: effect of electrical stimulation [J]. Chest, 2003, 124: 292—296.
- [23] Casaburi R. Rationale for anabolic therapy to facilitate rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease [J]. Baillieres Clin Endocrinol Metab, 1998, 12: 407—418.
- [24] Hartgens F, Kuipers H. Effects of androgenic-anabolic steroids in athletes [J]. Sports Med, 2004, 34: 513—554.
- [25] Yeh SS, DeGuzman B, Kramer T. Reversal of COPD-associated weight loss using the anabolic agent oxandrolone [J]. Chest, 2002, 122: 421—428.
- [26] Debigare R, Marquis K, Cote CH, et al. Catabolic/anabolic balance and muscle wasting in patients with COPD [J]. Chest, 2003, 124: 83—89.
- [27] Ramirez-Sarmiento A, Orozco-Levi M, Guell R, et al. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptation and physiologic outcomes [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2002, 166: 1491—1497.
- [28] Weiner P, Magadle R, Beckerman M, et al. Maintenance of inspiratory muscle training in COPD patients: one year follow-up [J]. Eur Respir J, 2004, 23: 61—65.

• 综述 •

慢性阻塞性肺疾病患者肺康复下肢运动处方的制订*

文 红¹ 郑劲平^{1,2}

慢性阻塞性肺疾病 (chronic obstructive pulmonary disease, COPD) 是目前最常见的高患病率、高死亡率、高致残率的主要疾病之一, 占据了相当大的社会医疗资源。其自然病程较难逆转, 大部分中重度患者劳动和生活活动能力受限, 出现心理障碍及社会适应力降低。长期以来, COPD 的治疗以急性发作期药物治疗为主。近年来, 在北美和欧洲部分地区, 肺康复计划广泛应用于 COPD 患者。肺康复治疗在慢性肺疾病治疗中的效果和科学性已经被证实, 它可改善患者的呼吸困难, 提高运动耐力及生存质量、改善患者心理障碍及社会适应能力^[1-3]。有多项研究显示, 肺康复可减少患者年住院次数及住院天数, 降低直接和间接医疗费用^[4]。肺康复对患者的直接益处及其社会经济学效益为 COPD 的治疗展现了新希望。全球 COPD 控制策略 (global initiative for chronic obstructive pulmonary disease, GOLD) 中首次将肺康复治疗, 特

别是下肢运动训练列为中重度 COPD 患者治疗的主要措施之一^[4]。肺康复作为一种新的治疗方法, 在国内处于起步阶段, 相关工作亟待开展。

全面的肺康复计划包括: 运动训练 (极量运动和亚极量运动)、呼吸肌训练、健康教育、心理和行为干预及其效果评价, 其中运动训练是肺康复的核心^[5], 主要包括: 下肢运动训练、上肢运动训练。而下肢运动训练又是其中的主要组成项目。1999 年美国胸科医生协会和美国心肺康复协会 (ACCP/AACVPR) 的循证医学肺康复指南^[6]认为: 亚极量运动可提高

1 广州医学院第一附属医院, 广州呼吸疾病研究所, 广州沿江路 151 号, 510120

2 通讯作者: 郑劲平 (广州呼吸疾病研究所)

作者简介: 文红, 女, 主治医师, 硕士研究生

收稿日期: 2005-11-07

运动耐力,被推荐为肺康复的常规项目,循证医学等级为 A 级,即指经完善设计、实施的对照试验所证实,有显著性意义,被一致支持并推荐使用的项目;极量运动和呼吸肌训练的循证医学等级均为 B 级,不支持在肺康复中常规使用;心理和行为干预循证医学等级为 C 级;健康教育被认为是肺康复计划所必需的,但很少被单独使用。

下肢运动训练是亚极量运动的主要形式,也是肺康复的必要内容。本文拟就下肢运动康复予以综述,顺序阐述 COPD 患者下肢运动治疗中适合病例的选择、运动方式、运动强度、运动时间的制定,并提出目前存在的问题和研究方向,期望能对临床工作者有所帮助。

1 下肢运动训练的适应证、禁忌证和注意事项

研究证明肺康复效果与气道阻塞的严重程度无相关关系^[6-8],即轻重程度不同的 COPD 患者均能获益。原则上所有的 COPD 患者都是肺康复(或下肢运动)的适合人群。一项对 120 例晚期具有高碳酸血症的 COPD 患者研究结果显示高碳酸血症不是肺康复的禁忌证^[9]。吸烟者同样能从中获益^[10]。

限制患者参加下肢运动训练的绝对禁忌证包括:不稳定型冠心病、药物未控制的充血性心力衰竭、近期心梗、重度肺动脉高压、既往有运动后晕厥史、影响运动的骨关节病、极度疲劳。相对禁忌证主要有:肝肾衰竭晚期、学习认知能力障碍、精神疾病、缺少主动性者。此外,下肢运动训练不仅适用于 COPD 患者,也适用于其他肺部疾病,如间质性肺疾病、支气管扩张、肺囊性纤维化、肺减容术和肺移植后康复等,但这方面的研究相对较少。

哪些人是参加下肢运动康复的最理想人群?部分长期卧床病在床的重症患者,已不能进行运动强度相对较大的下肢运动训练,只能在家中日常活动或少量的步行锻炼。因此,需要强调在 COPD 自然病程的早期进行运动训练的重要性。尽管肺功能持续下降,但早期训练能使患者保持较长时间的户外活动能力。然而,对于那些尚未出现活动受限的轻症患者,很少有参加康复计划的主动性。因此,下肢运动训练的最理想人群是尚能行走较长距离,但已注意到运动耐量逐年下降,或近期出现肺部症状和并发症,有较强意愿参加康复计划者^[11]。

2 下肢运动处方

为了保证康复效果,同时避免因运动不当对患者造成有害影响,下肢运动训练通常采取运动处方的形式进行。

2.1 运动方式

下肢运动常采用的运动方式有:步行、跑步、爬楼梯、平板运动、功率自行车、游泳、各种体操或多种方式的结合应用。医学研究中功率自行车应用较多。国内的研究常用各种传统康复操、现代呼吸锻炼操或太极拳等方式^[12-13],也取得了较好的效果。但运动强度和效果均缺少量化标准,可比性差。

间断训练方式是在高强度下运动与休息相互交替,在间断运动的休息时段,磷酸能重新合成,在重新开始高强度运动时对糖分解代谢的需求降低,可减轻运动时呼吸困难,较适用于运动耐力严重下降的患者,通常运动和休息时间为 1:1,这种形

式与日常活动更相似,对于正常人间断训练和持久运动可得到相似的训练效果,但尚不清楚是否在 COPD 的患者中也如此^[14-15]。近期 Vogiatzis 等^[16-17]的随机对照研究在增加样本和运动强度的情况下,得出间断运动方式与持久运动方式相比,同样能引起各项生理指标和运动耐力的显著性改善,使运动时呼吸困难减轻。但间断运动的效果及时间、强度、频率等形式尚有待进一步的探索。

2.2 运动强度

2.2.1 关于下肢运动强度的争议:运动强度是获得好的康复效果的最重要因素。在早期,COPD 患者的下肢运动康复提倡以中低强度($<60\% \text{VO}_{2\max}$)进行。1989 年 Casaburi 等的一项研究^[18]中发现 22 例 COPD 患者运动中有 14 例出现代谢性酸中毒,提出了无氧阈(anaerobic threshold,AT)以上运动有助于降低运动时的通气要求,因此提高了最大运动能力。以后的研究^[19-20]显示不少 COPD 患者可耐受高强度($60\%—80\% \text{VO}_{2\max}$)的耐力训练,并进一步证实了相对高强度(如平均 71W)的运动强度与低强度(如平均 30W)相比,运动耐力提高更大,发现高强度的运动训练后肌肉中的氧化酶增加,在低强度的运动训练中却没有这种改变。并且效果和强度之间存在剂量-效应关系^[20-22]。高强度($>60\% \text{VO}_{2\max}$ 或 $\text{W}_{\max}$)运动康复的优势是可获得确切的生理变化,这些生理变化可通过心肺运动试验(CPET)得到的指标如 $\text{VO}_{2\max}$ 、 $\text{W}_{\max}$ 、无氧阈来反映。

然而,是否对所有患者(特别是严重 COPD 患者)都有必要采用高强度运动训练?Maltais 等的研究^[9]包括了 42 例严重 COPD 患者(平均 FEV_1 为 $38\% \pm 13\%$ 预计值),进行 12 周踏车耐力训练,逐渐增加运动强度,到第二周时只达到 $24.5\% \pm 12.6\% \text{W}_{\max}$,到第 12 周时却达到了 $60\% \pm 22.7\% \text{W}_{\max}$,虽然大部分患者的运动康复强度都未达到高强度标准($>60\% \text{VO}_{2\max}$ 或 $\text{W}_{\max}$),但患者最大功率、最大摄氧量、通气降低量、动脉乳酸水平等生理指标改变也有显著性意义。在 Singh 等^[23]的大样本(132 例)门诊康复计划中,短期(2 次/周,共 7 周)中等强度运动训练也能提高患者短期和长期(10.3 个月)的运动能力和生存质量。另外一些研究也显示中低强度($<60\% \text{VO}_{2\max}$ 或 $\text{W}_{\max}$)下肢运动能使患者的运动耐力得到提高,呼吸困难及健康状态改善,但较少能获得以上生理性指标的改善^[18,24-26]。关于 COPD 患者运动强度的文献很多,但研究质量参差不齐,2005 年《英国医学杂志》和英国胸科协会联合发表了一篇综述^[27],总结了高质量的随机对照研究后提出“目前尚没有足够的证据推荐采用高强度运动”。

高强度运动获益更多,但不适合于严重患者,依从性也较差。相反,中低强度的运动患者接受程度更高,并且更有可能长期坚持,严重患者也能参加。对 COPD 患者应采取什么运动强度最佳?目前仍有争议。

2.2.2 下肢运动强度的确定:心肺运动试验是确定 COPD 患者下肢运动强度和评价下肢运动训练效果的标准方法,包括功率自行车和平板运动试验,在肺康复中常用的是功率自行车,它能全面客观地评价运动能力和运动时的反应性,确定运动强度和运动受限原因,并能准确反映运动时各个系统的病理生理机制。通常采用症状限制最大运动试验获得最大摄

氧量(VO_{2max})、最大功率(W_{max})和最大心率,常取 50%—80% VO_{2max} 或 W_{max} 为下肢运动强度,高强度运动指大于 60% VO_{2max} 或 W_{max} 。在运动心肺试验过程中监测患者心电、血压、血氧及各项生命体征,可保证一定运动强度下患者的安全性。国内因条件受限,医学研究中多以简单的公式或呼吸困难程度、疲劳程度等主观感受来确定患者的运动强度。

COPD 患者的运动训练原则上应遵循针对个体特异性的运动强度。有研究对使用相对百分比的概念评价训练强度的实用性提出质疑,建议重新仔细评估^[28]。笔者亦认为,采用最大摄氧量的百分比(% VO_{2max})和最大功率的百分比(% W_{max})来确定运动训练时达到的运动强度有一定的局限性。因为,最大摄氧量及最大功率受患者在运动心肺试验时的主观努力程度影响,所获得的峰值摄氧量并不能准确评估最大摄氧量。部分症状限制的患者提前终止运动,所获得的最大摄氧量也不可靠。相反,无氧阈是反映运动生理变化的指标,是区分有氧运动和无氧运动的金标准,各人的无氧阈均不同,而且不在同一% VO_{2max} 位点,在某一% VO_{2max} 运动强度时有部分患者达到了无氧阈,而部分患者达不到无氧阈,如肺疾病时无氧阈通常为 60%—70% VO_{2max} ,部分严重患者达不到无氧阈,而心血管疾病或骨骼肌疾病的无氧阈常降低,多在 40% VO_{2max} 时出现。有研究比较以无氧阈时的心率为运动强度的个体化组和以 50%心率储备(约相当于无氧阈时的运动强度)为运动强度的标准组,发现个体化组的康复效果更好,效果的个体变异度更小^[29]。

AT 是一个亚极量运动变量,不受患者主观努力程度的影响,它的大小不仅同心肺适应性相关,还同健康状态、年龄等相关,是个综合性的指标。它能提供针对个体特异性生理代谢特点的精确处方。而且无氧阈代表通气上升的拐点,可避免过度呼吸困难和呼吸异常,使 COPD 患者有更好的依从性。因此笔者认为,用生理指标无氧阈为标准来确定个体化运动强度更合理。在实际工作中可通过运动心肺试验来获得患者的无氧阈,再以无氧阈为标准来确定运动强度。但采用运动心肺试验确定 AT 的无创方法不适用于慢性过度通气,运动性低氧,外周化学感受器异常的 COPD 患者,而且部分严重 COPD 患者不能达到或不能确定无氧阈^[30]。

2.2.3 下肢运动训练中运动强度的掌握:在运动训练过程中可监测以下客观指标来掌握运动强度:①摄氧量(VO_2)和功率(W):如有条件,采用有功率输出的运动设备(如功率自行车等),可直接设定一定的功率进行锻炼,能准确控制运动强度。是掌握下肢运动强度的最直接指标。②心率(HR):除去环境、心理刺激、疾病或药物等因素,HR 与运动强度呈线性相关。在实际工作中常使用靶心率(THR),即运动训练中要达到的目标心率来掌握运动强度。通过监测脉搏来实现。一般采用症状限制心肺运动试验获得的最高心率的 70%—85%为靶心率^[1]。周士枋^[31]提出按照心肺运动实验结果和计算公式来获得靶心率,建议对 COPD 患者使用 Karvonen 氏公式:靶心率 $THR=(PHR-RHR)\times(40\%-85\%)+RHR$,PHR 指理论最大心率(即 $220-\text{年龄}$),RHR 指静息时心率。如终止运动是因为呼吸短促的原因而未能达到 PHR,可按上述公式中取

70%—85%为其靶心率;如终止运动时已达到 PHR,且有轻度气短时,则取 50%—70%为其靶心率;如因心血管原因终止运动,则取 40%—60%为其靶心率。它考虑了不同运动受限机制对靶心率的混杂影响,笔者认为更为合理,但仍未完全达到个体特异性的要求。需要注意,心率作为运动强度的评价指标有其局限性,如在某些情况下心率受疾病或药物的影响不能反映运动强度,如房室传导阻滞,病态窦房结综合征,服用影响心率的钙拮抗剂、 β 受体阻滞剂等药物,此时不宜使用心率而改用呼吸困难程度来掌握运动强度。③代谢当量:代谢当量(metabolite equivalent, METs)是衡量人体在任何运动时耗氧能力的测量单位,以安静时每分钟每千克体重消耗 3.5ml 氧作为 1MET,测得的摄氧量除以 3.5 即为多少 METs。适用于不同性别、年龄和国籍的人群。国外研究测量各种日常活动和常见运动项目的代谢当量,并把它们编辑成册,WHO 已出版专著备查,其优点是指导日常生活和各种家务劳动,如床边坐马桶为 3METs、穿脱衣服为 2METs,在实际应用中较为方便^[32]。国内外广泛应用于运动处方的制定,特别是上肢运动处方。④呼吸困难:有作者观察到部分重症 COPD 患者可达到甚至超过靶心率,而部分轻症患者未达到靶心率就感到呼吸困难^[33],因此,有些学者以患者感到呼吸困难(如 Borg 呼吸困难分级法)来确定运动强度^[34],因其简单方便,在实际工作中常用,特别是心率受疾病或药物的影响不能反映运动强度时。另有研究显示,在递增运动试验中获得的呼吸困难评分用于制定和监测运动训练的强度时,效果更好^[35]。常用的是呼吸困难 Borg 计分(10 分制)。但呼吸困难作为一主观指标,只能通过评分对运动强度做一半定量的评价。

2.3 运动持续时间和频率

目前,关于 COPD 患者下肢运动的时间和频率尚无固定标准,ATS 和 ERS 建议 COPD 患者的运动训练计划应持续 8—12 周,每周 2—5 次,每次至少 20—30min^[36-37]。大部分的医学研究均以每周 2—3 次。也有作者提出每周 2 次的康复计划对部分患者不能达到有效效果^[38]。

3 目前存在的问题和研究方向

①COPD 患者下肢运动最理想的运动强度是多少?如何为患者制定个体特异性的下肢运动处方?②肺康复中采用间歇运动方式的效果、优缺点及运动方案尚未明确。③下肢运动训练时的监测指标、运动强度的确定和观察指标、效果评价指标均有待改进。如以心率、最大摄氧量、代谢当量、呼吸困难等作为运动强度的观察指标在不同的场合有特定的应用价值,但这些指标都受多种因素的影响^[32]。④下肢运动训练在 COPD 以外的慢性肺疾病如肺移植、肺减容术后康复中的应用研究较少,有待加强。⑤国内研究多停留于对肺康复的有效性的验证,未能进行更深一步的研究。特别是在运动训练中未对其最重要因素—运动强度予以定量,在运动训练中多以主观感觉来掌握运动强度,缺少量化标准,可比性差。对运动训练康复的重要性缺乏认识,单独进行运动训练康复研究很少。

综上所述,COPD 患者下肢运动处方的制订原则上要求在保证患者安全的情况下获得较好的训练效果,同时考虑方

案的可行性及经济效益。理想的运动强度、时间和频率尚存在争议。因较高强度的运动能获得更好的治疗效果, 下肢运动处方通常采用中高强度即 50%—80%VO₂max (或 Wmax、PHR), 2—3 次/周, 20—30min/次, 共 8—12 周。运动强度是运动处方的核心, 心肺运动试验是确定 COPD 患者运动强度的标准方法。

参考文献

- [1] Ries AL. Position paper of the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation: scientific basis of pulmonary rehabilitation[J]. J Cardiopulm Rehabil, 1990, 10: 418—441.
- [2] Casaburi R. Exercise training in chronic obstructive lung disease. In: Casaburi R, Petty TL, eds. Principles and practice of pulmonary rehabilitation [M]. Philadelphia: WB Saunders, 1993. 204—224.
- [3] Kamran Golmohammadi, Philip Jacobs, Don D Sin. Economic evaluation of a community-based pulmonary rehabilitation program for chronic obstructive pulmonary disease [J]. Lung, 2004, 182: 187—196.
- [4] Global Initiative for Chronic Obstructive Pulmonary Disease (GOLD) Guidelines. Global strategy for the diagnosis, management and prevention of chronic obstructive pulmonary disease [J]. NHLBI/WHO Workshop Report, 2001, NIH Publication, 2701.
- [5] Ries AL. The ACCP/AACVPR Pulmonary Rehabilitation Guidelines Panel. Pulmonary Rehabilitation: Joint ACCP/AACVPR evidence-based guidelines [J]. J Cardiopulm Rehabil, 1997, 17: 371—405.
- [6] Maltais F, Leblanc P, Jobin J, et al. Intensity of training and physiologic adaptation in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. Am J Respir Crit Care Med, 1997, 155: 555—561.
- [7] Niederman MS, Henderson Clemente P, Fein AM, et al. Benefits of a multidisciplinary pulmonary rehabilitation program: improvements are independent of lung function [J]. Chest, 1991, 99: 798—804.
- [8] Ioannis Vogiatzis, Andrew Frederick Williamson, Joanne Miles, et al. Physiological response to moderate exercise workloads in a pulmonary rehabilitation program in patients with varying degrees of airflow obstruction [J]. Chest, 1999, 116: 1200—1207.
- [9] Foster S, Lopez D, Thomas HM. Pulmonary rehabilitation in COPD patients with elevated PCO₂ [J]. Am Rev Respir Dis, 1988, 138: 1519—1523.
- [10] Carolyn L, Rochester MD. Exercise training in chronic obstructive pulmonary disease [J]. J Rehabil Res Dev, 2003, 40: 59—80.
- [11] Joel A Delisa 著, 南登昆, 郭正成主译. 康复医学——理论与实践 [M]. 第 3 版. 西安: 世界图书出版社, 2004. 624—1228.
- [12] 金先桥, 郝立爽, 陈文华. 呼吸康复治疗对慢性阻塞性肺病患者呼吸困难、肺功能和运动能力的影响 [J]. 中国临床康复, 2002, 6(5): 662—663.
- [13] 李玲. 运动疗法对改善慢性阻塞性肺病患者肺功能的效果观察 [J]. 中国临床康复, 2002, 6(13): 1947.
- [14] Poole DC, GA Gaesser. Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training [J]. J Appl Physiol, 1985, 58: 1115—1121.
- [15] Debusk RF, U Stenestrand, M Sheehan, et al. Training effects of long versus short bouts of exercise in healthy subjects [J]. Am J Cardiol, 1990, 65: 1010—1013.
- [16] 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: 12—19.
- [17] Vogiatzis I, Nanas S, Kastanakis E, et al. Dynamic hyperinflation and tolerance to interval exercise in patients with advanced COPD [J]. Eur Respir J, 2004, 24: 385—390.
- [18] Casaburi R, et al. A new perspective in pulmonary rehabilitation: Anaerobic threshold as a discriminant in training [J]. Eur Respir J, 1989, 2: 618—623.
- [19] Maltais F, P Leblance, C Simard, et al. Skeletal muscle adaptation to endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. Am J Respir Crit Care Med, 1996, 154: 442—447.
- [20] Casaburi R, Patessio A, Ioli F, et al. Reductions in exercise lactic acidosis and ventilation as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease [J]. Am Rev Respir Dis, 1991, 143(1): 9—18.
- [21] Ortega F, Toral J, Cejudo P, et al. Comparison of effects of strength and endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2002, 166: 669—674.
- [22] Casaburi R. Skeletal muscle function in COPD [J]. Chest, 2000, 117: 267—271.
- [23] SJ Singh, DL Smith, ME Hyland, et al. A short outpatient pulmonary rehabilitation programme: immediate and longer-term effects on exercise performance and quality of life [J]. Respir Med, 1998, 92(9): 1146—1154.
- [24] Puente—Maestu L, Sanz ML, Sanz P, et al. Effects of two types of training on pulmonary and cardiac responses to moderate exercise in patients with COPD [J]. Eur Respir J, 2000, 15: 1026—1032.
- [25] Normandin EA, Mccusker C, Connors ML, et al. An evaluation of two approaches to exercise conditioning in pulmonary rehabilitation [J]. Chest, 2002, 121: 1085—1091.
- [26] Wijkstra PJ, TenVergert EM, Van Altena R, et al. Long term benefits of rehabilitation at home on quality of life and exercise tolerance in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. Thorax, 1995, 50: 824—828.
- [27] BMJ Publishing Group Ltd & British Thoracic Society. How should COPD patients exercise during respiratory rehabilitation? Comparison of exercise modalities and intensities to treat skeletal muscle dysfunction [J]. Thorax, 2005, 60: 367—375.
- [28] Katch VL, Weltman A, Sady S. Validity of the relative percent concept for equating training intensity [J]. Eur J Appl Physiol, 1978, 39: 219—226.
- [29] G Vallet, S Ahmaidi, I Serres, et al. Comparison of two training programmes in chronic airway limitation patients: Standardized versus individualized protocols [J]. Eur Respir J, 1997, 10: 114—122.
- [30] American Thoracic Society/American College of Chest Physicians. ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2003, 167: 232.
- [31] 卓大宏主编. 中国康复医学 [M]. 第 2 版. 北京: 华夏出版社, 2003. 1333.
- [32] 周士枋. 运动疗法的进展与差距 [J]. 现代康复, 2001, 5(3): 5.
- [33] Ries AL, et al. Endurance exercise training at maximal targets in patients with COPD [J]. Card Pulmonary Rehab, 1987, 7: 594.
- [34] Camp PG, et al. 采用定性法和定量法评估肺康复后生存质量. 国外医学·物理医学和康复学分册, 2001, 21(3): 137—138.
- [35] Horowitz MB, Littenberg B, Mahler DA. Dyspnea ratings for prescribing exercise intensity in patients with COPD [J]. Chest, 1996, 109: 1169—1175.
- [36] American Thoracic Society. Pulmonary rehabilitation—1999 [J]. Am J Respir Crit Care Med, 1999, 159: 1666—1682.
- [37] British Thoracic Society Standards of Care Subcommittee on Pulmonary Rehabilitation. Pulmonary rehabilitation [J]. Thorax, 2001, 56: 827—834.
- [38] Ringbaek TJ, Broedum E, Hemmingsen L, et al. Rehabilitation of patients with chronic obstructive pulmonary disease. Exercise twice a week is not sufficient! [J]. Respir Med, 2000, 94: 150—154.