

移动智能设备在慢性阻塞性肺疾病患者呼吸康复中的研究进展

杨露露¹ 杨汀²

¹首都医科大学中日友好临床医学院 呼吸与危重症医学科, 北京 100069; ²国家呼吸医学中心, 中日友好医院呼吸与危重症医学科, 北京 100069

通信作者: 杨汀, Email: zryyyangting@163.com

【摘要】 呼吸康复对慢性阻塞性肺疾病(简称慢阻肺)患者的效益显著,对慢阻肺患者开展基于互联网移动智能设备的呼吸康复训练是目前呼吸康复模式的发展新方向,该模式在提高患者体力活动水平,增强疾病自我管理,减少患者急性加重及再入院次数,提高康复依从性及减轻经济负担方面有不同的影响。本文主要综述移动智能设备在呼吸康复中的应用进展,旨在探索适用于我国慢阻肺患者呼吸康复的方式,使呼吸康复结合移动医疗技术更好地服务于相关人群。

【关键词】 慢性阻塞性肺病; 呼吸康复; 移动智能

基金项目: 中国医学科学院中央级公益性科研院所基本科研业务费(2019TX320005)

Funding: Basic Scientific Research Business Fund of Central Level Public Welfare Scientific Research Institutes of the Chinese Academy of Medical Sciences(2019TX320005)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2021.08.019

慢性阻塞性肺疾病(简称慢阻肺)是全球疾病患病及死亡的重要原因。慢性呼吸系统疾病(以慢阻肺为代表)在中国农村地区死因排名第三位,城市死因排名第四位,疾病负担排名第二^[1]。中国慢阻肺总患病率为 13.7%(40 岁以上人群),患病人群达 1 亿^[2]。鉴于高吸烟率、人口老龄化和严重的空气污染,中国的慢阻肺患病率很难在短期内下降。呼吸康复是对慢性呼吸疾病患者在进行细致评估后所采取的个体化治疗,其核心是运动训练,包括但不限于心理、营养等综合干预,以及教育和行为改变。其目标不仅是改善患者的身心状况,更重要的是促进患者回归家庭和社会。其在提高慢阻肺患者生活质量、活动耐力、减少急性加重次数等方面的切实效益已被证实^[3]。

传统的呼吸康复训练需要患者到专业的呼吸康复中心,并在康复团队面对面的指导下实现。然而即使在发达国家美国,也只有 831 个呼吸康复中心可为约 2400 万慢阻肺患者提供个体化康复指导^[4]。中国慢阻肺患病人群数目更为庞大,而可为患者提供康复治疗单位更是凤毛麟角;缺乏多学科合作的呼吸康复团队、缺乏专业的呼吸康复中心、缺乏医保报销机制等均导致我国慢阻肺患者很少得到专业的呼吸康复治疗。另外,患者对于呼吸康复认知水平低下,对于治疗的概念还是以打针吃药为主,缺乏主动参与和积极配合的意识,也导致呼吸康复在慢阻肺患者中应用不普遍^[5]。

随着近年来互联网技术的飞速发展,远程监控技术及移动智能技术日益普及,利用信息和通信技术,借助可穿戴设备,患者在家中即可直接接受专业医疗指导和行为干预,不受距离、场所及设备限制,从而促进日常行为的改变,提高活动能力和生活质量,降低致残率,促进患者回归社会。

移动智能呼吸康复概念

基于移动智能设备的医疗也称为移动健康(mobile health, mHealth),该术语用于描述支持移动计算和移动设备(如平板

电脑、智能手机等)的智能化和数据化的医疗实践和医疗保健^[6],通过此方式可以增强患者对疾病的理解、控制感和自我管理的意愿。将移动智能设备应用于慢阻肺患者的呼吸康复中即称之为移动智能呼吸康复。康复内容以文字、图片、音频等形式显示,患者可通过移动智能设备记录其康复行为。通过信息通信技术,将这些数据传输至医护平台管理端,医护人员可对患者反馈的信息进行定期监测评估,及时进行相应的指导及干预。

移动智能设备在呼吸康复中的应用

一、促进慢阻肺患者的体力活动,改善生活质量

慢阻肺患者体力活动水平的降低与疾病进展、住院率和病死率的增加有关^[7],促进体力活动是慢阻肺患者康复的重要目标之一。目前有多种移动智能呼吸康复干预形式可以促使患者自我监测体力活动水平,促进行为改变和提高生活质量。

1. 计步器:计步器是目前移动智能呼吸康复中应用最普遍的一种设备,其主要原理是通过三轴加速度计将步数集成。常用的计步器是单独的加速度计或将加速度计嵌入到智能手机内并配置相应的手机应用程序以计量步数。通常将其佩戴在腰间 L₃ 水平或右臂上,以 10~60 Hz 的采样频率进行记录^[8-13]。其干预策略主要包括每日步数目标设定、数据收集及显示、运动状态提示、鼓励性短信发送及定期反馈目标更新。不同研究的初始目标设定不同,以基线测量值^[8-10,12,13]或基线值增加 20%^[11]居多;阶段目标更新设定则大多在患者上一周的步数基础上增加 400~800 步^[8-13]。Demeyer 等^[8]通过一项为期 12 周的多中心随机对照试验发现,以计步器为基础的半自动化远程指导可显著增加慢阻肺患者的中度体力活动水平,6 min 步行距离(6 minute-walk distance, 6MWD)的差异亦有统计学意义。Verwey 等^[9]研究发现,基于计步器的智能应用除提高慢阻肺患者的中度体力活动水平外,还可提高健康指数。Cruz 等^[10]的研

究结论也相似。然而,尽管目前针对计步器的一些短期(4~12周)干预试点研究发现了其对体力活动水平的正向影响,但就其长期(12个月)效应结果似乎并不乐观。Vorrink等^[11]针对已经完成3个月标准呼吸康复的慢阻肺人群进行了12个月的干预随访发现,计步器可维持患者通过呼吸康复所获得的功能锻炼能力,但在维持患者的体力活动水平方面与对照组相比没有显著性差异。另一项进行长期随访的研究也只显示了运动功能及体力活动改变的短期效果,在干预1年后的效果并没有得到维持^[12-13]。这可能与患者对干预的兴趣减弱导致长期依从性降低,潜在的疾病及合并症进展导致难以坚持康复计划或并发生活事件(如配偶疾病)等有关。

值得一提的是,这种干预措施虽然可以促进日常体力活动,但对运动能力和肌肉力量的影响却很小^[8,10]。这可能是由于步数仅为体力活动水平的参数,并不反映活动强度。这种训练方式的强度相对较低,未达到充分运动训练刺激,不足以增加肌肉骨骼功能。因此,这种干预措施可以作为正式康复运动训练的补充,从而对运动能力产生更直接的影响。研究中所使用设备的效度尚有待证实。有研究表明,智能手机设备的精确度在52%~100%^[14]。然而当这些设备用于慢性病老年患者时通常有更高的误差,主要是由于老年人步行速度缓慢,在一定程度上导致低估了步数^[15]。此外,设备技术问题、数据缺失等原因也均降低了关于计步器确切效益的数据可靠性^[16],故还需要进一步高质量研究来提供证据支持。

2. 音乐播放器:我国台湾学者率先在智能手机中置入音乐播放器锻炼程序来促进患者的体力活动,先通过递增穿梭行走测试来量化患者的最大运动耐量,步行强度设定为峰值耗氧量(VO_2 peak)的80%;再根据步行速度及相应公式推算出个性化音乐节奏,患者打开音乐播放器,跟随所播放音乐的节奏行走并计时,直到跟不上节奏为止。经12周的强化干预后,患者的递增穿梭行走测试距离、吸气能力和生活质量问卷评分均得到显著改善,且效果持续到12个月研究结束^[17]。另有研究发现,通过结合音乐节奏进行运动这种简便而愉快的方式不仅可以帮助患者获得高强度的运动(80%~89% VO_2 peak),改善圣乔治呼吸问卷的所有维度^[18];还可以减轻运动训练过程中的呼吸困难和疲劳症状^[19]。因此,这种方式更容易依托于移动智能设备作为慢阻肺患者呼吸康复计划的辅助部分。

3. 视频讲解:传统呼吸康复的运动训练通常要在康复中心进行,并需要专业器械及详细的动作指导。智能手机上的应用程序以短视频的形式展现相关康复视频,并配以文字及音频解说进行线上教学指导,这些康复动作不需要额外的专业器械支持,仅依靠家庭内常见的椅子或水瓶等即可完成,具有可扩展性。这种模式提高了患者获得呼吸康复的便利性,并使患者对呼吸康复的益处形成了更积极的认识,具有更易应用于临床实践中的潜力。Rassouli等^[20]让患者跟随应用程序上的视频进行无监督康复运动20d后,患者的呼吸困难症状得到了有效缓解,而且慢性呼吸问卷中的疲劳、掌握和情绪功能方面的改善也均具有统计学意义。Bourne等^[21]通过网页课程让患者跟随在线视频进行了6周的无监督呼吸康复训练后,与对照组的传统康复方式相比,干预组患者的6MWD、健康相关生活质量评分、焦虑抑郁水平均显示出相似效应,且2组的安全性差异亦无统计学意义。

4. 虚拟视觉:多数慢阻肺患者的久坐行为很难改变,当患者出院回家失去医护人员的定期监督时,如何激励患者(通常是老年人)在家里进行定期的身体锻炼,也是康复过程中面临的问题之一。虚拟视觉技术由控制台、运动传感器和带扬声器的投影仪组成,它包括难度分级、监测运动时间和强度、动作提示和指导及错误反馈。将设备安装在患者家中后,使用生物反馈,患者通过参与游戏,提高运动性能。这比传统运动训练更具吸引力,也更容易让患者长期遵循康复处方。LeGear等^[22]研究发现,患者在虚拟视觉康复训练过程中的体力水平与在跑步机(2 km/h, 15 min)上训练时相似。Wardini等^[23]研究表明,患者进行虚拟视觉训练时的循环和呼吸参数的变化方面差异有统计学意义,而体力水平与传统呼吸康复相当。Rutkowski等^[24]通过虚拟视觉技术设计了漂流、越野跑、击球及山地车这四种游戏,患者完成2周监督下的虚拟视觉训练后,其上下肢力量、耐力、躯干控制力和平衡能力的改善并不逊于与传统呼吸康复,故研究者认为适度的虚拟视觉运动对患者是安全和舒适的,并可以推广到家中继续进行。

二、提高患者疾病自我管理能力和早期识别急性加重

在慢阻肺疾病稳定期,有效的居家自我管理对改善患者的生活质量,预防急性加重发作显得尤为重要^[25]。自我管理计划通常包括运动、症状管理和健康教育指导与激励内容。通过移动智能技术,这些内容可以以视频、音频、图片的形式展示。智能手机上安装了应用程序后,患者还能够记录和监测自己的生理状态,如血氧饱和度、心率和血压;并记录健康行为,如药物服用、饮食和运动。研究发现,通过这种与医护人员创建的虚拟链接方式可以让患者感觉到护理的持续性,并可提高患者的自我管理水平和改善生活质量^[26];而对该技术更感兴趣的人群潜在获益可能更大^[27]。另外,与常规护理相比,患者通过每天填写手机中的急性加重相关评估问卷,能够更敏感地预测其急性加重发生的风险^[28]。

三、降低患者急性加重和再入院次数

慢阻肺急性加重会对肺实质产生进一步不可逆性的损伤,降低患者的肺功能水平,影响生活质量。呼吸康复的重要目标之一就是减少稳定期慢阻肺患者的急性加重和再入院次数。荟萃分析显示,使用智能手机应用程序来促进自我监控及健康生活的患者,其再入院的风险低于普通护理组^[29],急性发作的频率也明显减少^[30]。Isaranuwatichai等^[31]研究发现,采用移动智能监测干预3个月后急诊就诊的潜在人数减少了68%,住院治疗人数减少了35%;但McCabe等^[27]分析移动智能组和普通护理组在急性加重和再入院水平之间差异并无统计学意义,这可能与不同研究的异质性及样本较少、证据质量不足有关。

四、经济负担

呼吸康复的成本效益已被证实^[32];而移动智能医疗也通常被认为可以降低医疗保健成本^[33],其方式包括但不限于促进疾病自我管理、减少就诊次数、缩短诊断时间、降低患者或医护人员的交通费用等^[34]。Isaranuwatichai等^[31]研究发现,依赖于移动智能设备的呼吸康复自我管理可帮助患者早期识别急性加重,减少患者的就诊次数及再入院率;3个月干预后,患者急诊就诊的平均费用从基线的243加元降低到67加元,住院费用从3842加元降低到1399加元;Widyastuti等^[35]的研究也发现,为

期 6 周的无监督计步器干预康复后,医疗直接成本及设备运输成本总费用平均节省了 76.3 欧元/人。然而频繁的远程评估和咨询大大增加了医护负担,也需要设备及技术方面的前期成本投资,这在一定程度上也提高了经济成本。不过随着时间的推移,智能手机在老年人群中也越来越普及,对降低系统医疗保健成本具有一定的潜在价值。

五、患者依从性

慢阻肺患者在康复过程中的依从性不尽如人意,这与患者对疾病知识缺乏了解、参与康复的地点及所需专业器械的局限性、经济负担及缺乏专业指导相关,但依赖于信息技术的远程监测和移动智能设备使这些问题得到了解决和完善。研究发现,患者对移动智能设备使用的依从性高达 86%~100%^[8-13,24,36],患者的依从性与其体力活动水平的变化中度相关,甚至有 86% 的患者在干预结束之后仍继续使用移动智能设备^[36]。Bartlett 等^[37]研究发现,通过增加与患者的互动和反馈能显著提高患者对移动智能设备的依从性,这也将是今后移动智能设备发展和改进的主要方面之一。

总结与展望

与传统的面对面呼吸康复模式相比,依托移动智能设备的呼吸康复对于支持、鼓励和维持慢阻肺患者进行呼吸康复训练非常有价值。一方面,这种模式极大程度上解决了传统呼吸康复的地点、专业器械、设备及指导人员不足等局限性。患者足不出户即可在家中自主完成呼吸康复处方或线上接受相关专业指导,一个指导人员也可线上同时指导多人,提高了工作效率;这也使呼吸康复普及化、居家化、简单化得以实现,在不同程度上增加了大量患者尤其是偏远农村患者获得呼吸康复的机会。然而,另一方面,正是因为缺乏面对面、一对一的指导,智能化呼吸康复模式在患者居家康复实践中的安全性也需要充分考量与重视。

近期的研究多集中在使患者便利而高效地完成并持续进行呼吸康复计划的方法创新上,且多以短期、小样本探索性试点研究为主。因此,关于移动智能设备在慢阻肺患者呼吸康复中的效益的准确性、可靠性和持久性还有待进一步的研究,以提供高质量证据支持。患者对这种新型医疗模式表现出较大的兴趣和接受度,也为今后的大样本、长期临床干预研究的开展奠定了基石。

另外,操作智能手机屏幕对老年人有一定困难,因此字体大小、触屏按键间距及移动智能设备的大小也需要在今后的研究设计中予以充分考虑。尽管部分老年人在使用智能手机等移动智能设备方面的知识和技能不足,但随着这些技术越来越普及,在未来的发展仍具有较大潜力。总的来说,移动智能设备在辅助慢阻肺患者进行呼吸康复方面是可行的,是未来智能化医疗发展的新方向。

参 考 文 献

- [1] Mathers CD, Loncar D. Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030[J]. PLoS Med, 2006, 3(11): e442. DOI: 10.1371/journal.pmed.0030442.
- [2] 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. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)30841-9.
- [3] Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2013, 188(8): e13-e64. DOI: 10.1164/rccm.201309-1634ST.
- [4] Bhatt SP. It's time to rehabilitate pulmonary rehabilitation[J]. Ann Am Thorac Soc, 2019, 16(1): 55-57. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201809-641ED.
- [5] Cox NS, Oliveira CC, Lahham A, et al. Pulmonary rehabilitation referral and participation are commonly influenced by environment, knowledge, and beliefs about consequences: a systematic review using the Theoretical Domains Framework[J]. J Physiother, 2017, 63(2): 84-93. DOI: 10.1016/j.jphys.2017.02.002.
- [6] World Health Organization. WHO guideline Recommendations on Digital Interventions for Health System Strengthening [M]. Geneva: World Health Organization, 2019.
- [7] Garcia-Aymerich J, Serra I, Gomez FP, et al. Physical activity and clinical and functional status in COPD[J]. Chest, 2009, 136(1): 62-70. DOI: 10.1378/chest.08-2532.
- [8] Demeyer H, Louvaris Z, Frei A, et al. Physical activity is increased by a 12-week semiautomated telecoaching programme in patients with COPD: a multicentre randomised controlled trial[J]. Thorax, 2017, 72(5): 415-423. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2016-209026.
- [9] Verwey R, van der Weegen S, Spreeuwenberg M, et al. A pilot study of a tool to stimulate physical activity in patients with COPD or type 2 diabetes in primary care[J]. J Telemed Telecare, 2014, 20(1): 29-34. DOI: 10.1177/1357633X13519057.
- [10] Cruz J, Brooks D, Marques A. Walk2Bactive: A randomised controlled trial of a physical activity-focused behavioural intervention beyond pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease[J]. Chron Respir Dis, 2016, 13(1): 57-66. DOI: 10.1177/1479972315619574.
- [11] Vorriink SN, Kort HS, Troosters T, et al. Efficacy of an mHealth intervention to stimulate physical activity in COPD patients after pulmonary rehabilitation[J]. Eur Respir J, 2016, 48(4): 1019-1029. DOI: 10.1183/13993003.00083-2016.
- [12] Moy ML, Collins RJ, Martinez CH, et al. An internet-mediated pedometer-based program improves health-related quality-of-life domains and daily step counts in COPD: a randomized controlled trial[J]. Chest, 2015, 148(1): 128-137. DOI: 10.1378/chest.14-1466.
- [13] Moy ML, Martinez CH, Kadri R, et al. Long-term effects of an internet-mediated pedometer-based walking program for chronic obstructive pulmonary disease: randomized controlled trial[J]. J Med Internet Res, 2016, 18(8): e215. DOI: 10.2196/jmir.5622.
- [14] Bort-Roig J, Gilson ND, Puig-Ribera A, et al. Measuring and influencing physical activity with smartphone technology: a systematic review[J]. Sports Med, 2014, 44(5): 671-686. DOI: 10.1007/s40279-014-0142-5.
- [15] Turner LJ, Houchen L, Williams J, et al. Reliability of pedometers to measure step counts in patients with chronic respiratory disease[J]. J Cardiopulm Rehabil Prev, 2012, 32(5): 284-291. DOI: 10.1097/HCR.0b013e31825c49f2.
- [16] Martinez-Garcia M, Ruiz-Cardenas JD, Rabinovich RA. Effectiveness of smartphone devices in promoting physical activity and exercise in

- patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review[J]. COPD, 2017, 14 (5) : 543-551. DOI: 10.1080/15412555.2017.1358257.
- [17] Liu WT, Wang CH, Lin HC, et al. Efficacy of a cell phone-based exercise programme for COPD[J]. Eur Respir J, 2008, 32 (3) : 651-659. DOI: 10.1183/09031936.00104407.
- [18] Ho CF, Maa SH, Shyu YI, et al. Effectiveness of paced walking to music at home for patients with COPD[J]. COPD, 2012, 9 (5) : 447-457. DOI: 10.3109/15412555.2012.685664.
- [19] Lee AL, Desveaux L, Goldstein RS, et al. Distractive auditory stimuli in the form of music in individuals with COPD: a systematic review [J]. Chest, 2015, 148 (2) : 417-429. DOI: 10.1378/chest.14-2168.
- [20] Rassouli F, Boutellier D, Duss J, et al. Digitalizing multidisciplinary pulmonary rehabilitation in COPD with a smartphone application: an international observational pilot study[J]. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis, 2018, 13: 3831-3836. DOI: 10.2147/COPD.S182880.
- [21] Bourne S, Devos R, North M, et al. Online versus face-to-face pulmonary rehabilitation for patients with chronic obstructive pulmonary disease: randomised controlled trial [J]. BMJ Open, 2017, 7 (7) : e14580. DOI: 10.1136/bmjopen-2016-014580.
- [22] Legear T, Legear M, Preradovic D, et al. Does a Nintendo Wii exercise program provide similar exercise demands as a traditional pulmonary rehabilitation program in adults with COPD[J]. Clin Respir J, 2016, 10 (3) : 303-310. DOI: 10.1111/crj.12216.
- [23] Wardini R, Dajczman E, Yang N, et al. Using a virtual game system to innovate pulmonary rehabilitation: safety, adherence and enjoyment in severe chronic obstructive pulmonary disease[J]. Can Respir J, 2013, 20 (5) : 357-361. DOI: 10.1155/2013/563861.
- [24] Rutkowski S, Rutkowska A, Kiper P, et al. Virtual reality rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial[J]. Int J Chron Obstruct Pulmon Dis, 2020, 15: 117-124. DOI: 10.2147/COPD.S223592.
- [25] Lenferink A, Brusse-Keizer M, van der Valk PD, et al. Self-management interventions including action plans for exacerbations versus usual care in patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2017, 8: D11682. DOI: 10.1002/14651858.CD011682.pub2.
- [26] Farmer A, Williams V, Velardo C, et al. Self-management support using a digital health system compared with usual care for chronic obstructive pulmonary disease: randomized controlled trial[J]. J Med Internet Res, 2017, 19 (5) : e144. DOI: 10.2196/jmir.7116.
- [27] Mccabe C, Mccann M, Brady AM. Computer and mobile technology interventions for self-management in chronic obstructive pulmonary disease[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2017, 5: D11425. DOI: 10.1002/14651858.CD011425.pub2.
- [28] Halpin DM, Laing-Morton T, Spedding S, et al. A randomised controlled trial of the effect of automated interactive calling combined with a health risk forecast on frequency and severity of exacerbations of COPD assessed clinically and using EXACT PRO[J]. Prim Care Respir J, 2011, 20 (3) : 324-331. DOI: 10.4104/pcrj.2011.00057.
- [29] Yang F, Wang Y, Yang C, et al. Mobile health applications in self-management of patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis of their efficacy[J]. BMC Pulm Med, 2018, 18 (1) : 147. DOI: 10.1186/s12890-018-0671-z.
- [30] Alwashmi M, Hawboldt J, Davis E, et al. The effect of smartphone interventions on patients with chronic obstructive pulmonary disease exacerbations: a systematic review and meta-analysis [J]. JMIR Mhealth Uhealth, 2016, 4 (3) : e105. DOI: 10.2196/mhealth.5921.
- [31] Isaranuwachai W, Redwood O, Schauer A, et al. A remote patient monitoring intervention for patients with chronic obstructive pulmonary disease and chronic heart failure: pre-post economic analysis of the smart program[J]. JMIR Cardio, 2018, 2 (2) : e10319. DOI: 10.2196/10319.
- [32] Atsou K, Crequit P, Chouaid C, et al. Simulation-based estimates of the effectiveness and cost-effectiveness of pulmonary rehabilitation in patients with chronic obstructive pulmonary disease in France[J]. PLoS One, 2016, 11 (6) : e156514. DOI: 10.1371/journal.pone.0156514.
- [33] Iribarren SJ, Cato K, Falzon L, et al. What is the economic evidence for mHealth? A systematic review of economic evaluations of mHealth solutions[J]. PLoS One, 2017, 12 (2) : e170581. DOI: 10.1371/journal.pone.0170581.
- [34] Steinhubl SR, Muse ED, Topol EJ. Can mobile health technologies transform health care[J]. JAMA, 2013, 310 (22) : 2395-2396. DOI: 10.1001/jama.2013.281078.
- [35] Widyastuti K, Makhabah DN, Setijadi AR, et al. Benefits and costs of home pedometer assisted physical activity in patients with COPD: a preliminary randomized controlled trial [J]. Pulmonology, 2018, 24 (4) : 211-218. DOI: 10.1016/j.pulmoe.2018.01.006.
- [36] Tabak M, Vollenbroek-Hutten MM, van der Valk PD, et al. A telerehabilitation intervention for patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: a randomized controlled pilot trial [J]. Clin Rehabil, 2014, 28 (6) : 582-591. DOI: 10.1177/0269215513512495.
- [37] Bartlett YK, Webb TL, Hawley MS. Using persuasive technology to increase physical activity in people with chronic obstructive pulmonary disease by encouraging regular walking: a mixed-methods study exploring opinions and preferences[J]. J Med Internet Res, 2017, 19 (4) : e124. DOI: 10.2196/jmir.6616.

(修回日期: 2021-07-03)

(本文编辑: 汪 玲)