

·综述·

## 呼吸康复在限制性肺疾病中的应用\*

关力理<sup>1</sup> 刘妮<sup>1</sup> 陈荣昌<sup>2</sup> 郑则广<sup>1,3</sup>

### 1 呼吸康复的定义与对象

根据2013年美国胸科学会/欧洲呼吸病学会提出:肺康复是一项综合性的干预措施,是基础全面评估患者整体状况后,为患者制定个体化的干预治疗,包括但不限于运动训练、教育和行为方式改变,旨在改善慢性呼吸道疾病患者的身体和心理状况,促进长期依从的健康行为<sup>[1]</sup>。过去由于慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)患者是肺康复的重点关注对象及获益人群,缺乏对肺康复应用于非COPD疾病(如限制性肺疾病)的重视。通过MEDLINE检索关键词“COPD”与“rehabilitation”可检索出8442项研究,而检索“restrictive lung disease”与“rehabilitation”仅有673项研究。随着观念的改变,2018年,基于肺康复不但适合慢性阻塞性肺病<sup>[2]</sup>,也适合如下的情况:包括支气管扩张<sup>[3]</sup>、支气管哮喘、间质性肺病<sup>[4]</sup>、肺动脉高压等存在呼吸困难、咳嗽和/或咳嗽的呼吸系统疾病。肺康复内容已经从主要的运动康复发展为涉及气道管理、加重诱因的防治、营养康复和心理康复等。据此,将肺康复改为呼吸康复并定义为:呼吸康复是以患者健康状态的综合评估为基础,以预防各种能导致和/或加重呼吸系统症状的诱因,或以改善呼吸系统症状为目标,所确定的各种个体化非药物综合管理措施<sup>[2-5]</sup>。本文将介绍呼吸康复在限制性肺疾病中的应用。

### 2 限制性通气障碍的病因分类

限制性通气障碍指的是吸气时肺的扩张受限引起的肺泡通气不足,其肺功能主要表现为用力肺活量或肺活量的下降<sup>[6]</sup>。许多疾病都可以引起限制性通气功能障碍,临床上常见的有:①间质性肺疾病;②肺内炎性病变、占位性病变与肺切除,如肺部炎症、肺部肿瘤、肺不张、肺结核及肺部切除术后等;③胸膜疾病,如胸腔积液、气(血)胸、胸膜增厚及粘连等;④胸壁疾病,如胸廓成形术后、脊柱或胸廓畸形、强直性脊柱炎及胸廓发育不良等;⑤其他疾病,如肥胖、腹腔积液、妊娠、神经肌肉疾病等。

### 3 呼吸康复在限制性肺疾病中的应用

目前关于限制性肺疾病呼吸康复方案大多参考既往COPD的方案<sup>[7]</sup>,再根据不同疾病的病理生理特点,经适当的调整后(改变呼吸模式、扩胸运动、患处固定、止痛等)加以应用。大部分研究侧重于耐力与肌力训练,此外,还包括健康教育、自我管理、营养支持与心理健康教育等,康复一般需持续6周以上。然而该呼吸康复模式未来需进一步论证其可行性及有效性。

#### 3.1 间质性肺疾病稳定期的呼吸康复

间质性肺病(interstitial lung disease, ILD)是一类具有异质性疾病的总称,病变累及肺间质的同时,也常累及肺实质<sup>[8]</sup>。其主要表现为进行性加重呼吸困难与低氧血症<sup>[9-10]</sup>,常伴外周肌肉力量的下降、运动耐量的减退及健康生活质量的降低,其肺功能主要表现为限制性通气功能障碍与弥散功能下降<sup>[8]</sup>。

呼吸康复可改善慢性呼吸疾病患者的运动耐力,减轻患者的呼吸困难并改善患者健康相关生活质量。目前,越来越多的研究展示了ILD患者接受呼吸康复的有效性<sup>[11-13]</sup>,但由于研究设计不同、运动方案差异及长期获益不明,美国胸科学会、欧洲呼吸学会、日本呼吸学会与拉丁美洲胸科学会发表的关于特发性肺纤维化(idiopathic pulmonary fibrosis, IPF)临床实践诊治指南指出,呼吸康复应用于大多数IPF患者,但对IPF病患者进行呼吸康复的推荐及证据支持很弱<sup>[14-15]</sup>。

一项Cochrane荟萃分析汇总了9项共386例ILD患者的研究,研究表明,呼吸康复可改善患者6min步行距离、呼吸困难程度与健康生活质量<sup>[11]</sup>。此外,近期一项荟萃分析发现,对IPF患者行呼吸康复只能改善其短期的6min步行距离与健康生活质量,但在长期随访中没有展示出明显的获益<sup>[16]</sup>。Vainshelboim等<sup>[17]</sup>指出,与其他疾病类似,ILD患者行呼吸康复后6个月的获益出现逐渐的下降,这主要是与患者康复的依从性、缺乏远程监控以及疾病的进展相关。而Dowman等<sup>[18]</sup>发现,运动训练可提高ILD患者的6min步行距

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.02.023

\*基金项目:国家十三五重点研发项目(2016YFC1304600);广东省科技厅面上项目(2021A1515012201);广东省科技创新战略专项资金(2020A111128032)

1 广州医科大学附属第一医院呼吸内科,广州呼吸健康研究院呼吸疾病国家重点实验室/国家呼吸系统疾病临床医学研究中心,广州市,510120; 2 深圳市人民医院呼吸与危重症医学科、深圳市呼吸疾病研究所; 3 通讯作者

第一作者简介:关力理,男,博士,住院医师; 收稿日期:2021-08-25

离及健康生活质量,那些更严格遵循运动方案的患者可获得更大的获益;基线肺功能及肺动脉压更好的患者,其运动锻炼获益可更持久。

目前大部分呼吸康复有效的证据主要是在COPD患者中获得,因此,大多数用于ILD患者的呼吸康复方案为对COPD呼吸康复方案适当调整后获得。关于ILD患者呼吸康复的推荐意见证据支持强度大多不明确,特别是在患者选择、康复方案的设定以及长期获益方面仍待未来进一步探索。虽然COPD患者的症状与ILD患者在某些方面是相似的:低氧血症、活动后呼吸困难、运动耐量下降、四肢肌肉力量减退、健康相关生活质量降低等,但由于ILD的病理生理改变与COPD相比存在差异,因此ILD患者的个体化呼吸康复方案有待进一步研究,根据ILD病理生理改变所设计的康复方案显得尤为重要。依据ILD患者肺部的病理生理学改变,作者提出以下相应的呼吸康复原则,未来需进一步证实该个体化康复方案的有效性及其安全性。

**3.1.1 呼吸模式改变:**ILD患者静息低氧血症除了限制性通气功能障碍导致的通气减少外,还与肺的弥散功能下降有关。气体的弥散速度取决于气体的分子质量和溶解度、肺泡膜的面积与厚度以及肺泡膜两侧的分压差。因此,培训ILD患者特定的呼吸模式:吸气时行深吸气后稍屏气,使肺泡尽量扩张,提高肺泡内气体压力以及降低肺泡膜厚度,改善氧合。呼气时缓慢地缩唇呼气,避免过快过深呼气使得肺泡塌陷。

**3.1.2 运动康复方法:**外周肌肉功能障碍是ILD患者运动能力下降的因素之一,既往研究指出ILD患者的股四头肌肌力与正常对照组相比存在不同程度的下降,外周肌力的降低与健康相关生活质量减低相关<sup>[19]</sup>。上肢肌群不仅用于上肢活动,同时也可辅助呼吸。下肢疲劳是导致ILD患者步行时停止的其中一个原因,研究显示特发性肺间质纤维化患者有明显的腿部肌肉(股四头肌)功能减退,这是评估ILD患者运动能力的独立的预测因子<sup>[20]</sup>。此外,每天步行少于3300步的ILD患者,其死亡的风险增加了3倍<sup>[21]</sup>。因此,对ILD患者行肌肉训练十分重要。

广州呼吸健康研究院郑则广开发的郑氏卧位康复操(图1)包括三个动作:拉伸起坐、空中踩车和桥式运动。通过记录患者运动时的肌电发现,拉伸起坐可以锻炼上肢肌肉、腹部肌肉和膈肌;空中踩车可以锻炼下肢肌肉、腹部肌肉和膈肌;桥式运动可以锻炼背部肌肉群;其有效性及安全性已得到相应的验证<sup>[22]</sup>。

**3.1.3 氧疗及无创通气的应用:**ILD患者

由于肺泡壁炎症细胞浸润、增厚和肺间质纤维化,肺顺应性降低,肺泡容易闭陷不张,导致限制性通气功能障碍和弥散功能减退。因此,运动后的低氧血症是ILD患者的一个特征<sup>[23]</sup>。运动过程中辅助氧疗可以改善ILD患者的血氧饱和度<sup>[11]</sup>。此外,有研究指出无创通气联合呼吸康复,可改善ILD患者的运动能力及健康生活治疗<sup>[24]</sup>。

### 3.2 神经肌肉疾病的呼吸康复

神经肌肉疾病指的是一类累及周围神经系统和/或肌肉的疾病,主要包括运动神经元病、周围神经病、神经-肌肉接头疾病和肌肉疾病等<sup>[25]</sup>。

针对不同病因所致的神经肌肉疾病,首先对病因进行处理。对于肌肉功能不全的患者,需行肌肉力量及耐力的锻炼,目前数个研究指出有氧运动和力量训练对大多数神经肌肉疾病是有益<sup>[26]</sup>;神经肌肉电刺激也可能在改善肌肉功能方面发挥作用<sup>[27]</sup>。此外对患者的咳嗽、吞咽功能进行康复,可减少误吸的影响<sup>[28]</sup>。对于体重下降、营养不良的患者,需行营养康复。当患者发生进行性的呼吸肌肉无力,出现肺泡低通气不能维持自身呼吸功能时,可接受无创通气辅助治疗甚至气管切开机械通气支持<sup>[29-30]</sup>。目前,对神经肌肉疾病的呼吸康复的研究主要集中在呼吸肌肉锻炼、气道廓清与无创通气等方面。

**3.2.1 呼吸肌肉训练:**常见的呼吸肌肉训练方式主要包括:快速吸鼻、鼓腹吸气、缩腹呼气、缩唇呼气、阻力吸气、阻力呼气、吸气末停顿呼吸训练及全身性呼吸体操。其中,快速吸鼻、鼓腹吸气、阻力吸气是锻炼吸气肌肉;而缩腹呼气、缩唇呼气、阻力呼气是锻炼呼气肌肉;吸气末停顿有利于提高氧合;既往研究指出,吸气肌肉训练可改善神经肌肉疾病患者的呼吸肌肉力量、呼吸困难程度以及咳嗽能力<sup>[31-32]</sup>。然而,目前关于神经肌肉疾病患者的呼吸肌肉训练的研究相对较少,患者

图1 郑氏卧位康复操



拉伸起坐

桥式运动

空中踩车

的呼吸肌肉无力大多与疾病本身及进展相关,因此未来需要更多的证据支持呼吸肌肉锻炼应用的有效性及其安全性。

**3.2.2 气道廓清:**气道廓清术是指通过机械装置、手法或呼吸方式改变来促进气管、支气管内的分泌物排出。神经肌肉疾病患者出现呼吸衰竭大多是由于并发肺部感染时无法有效清除气道分泌物所导致的。有研究指出,通过有效的管理气道分泌物可降低患者呼吸衰竭的发病率和死亡率<sup>[33]</sup>;此外,气道廓清技术已经在此类患者的管理中得到推荐<sup>[34]</sup>。目前,气道廓清术主要是指通过机械装置、手法或主动呼吸循环技术来促进气管、支气管内的分泌物排出。

广州呼研院研发的呼吸训练器能够同时起到呼气正压和呼气同步震荡,排痰效果佳;对于痰粘稠者,尚可以联接雾化吸入装置,起到吸气相吸入超饱和湿度气体,充分湿化气道分泌物,呼气相正压扩张气道和同步震荡,排痰效果更加;该呼吸训练器存在呼气阻力,可以起到锻炼呼气肌肉的作用,且携带方便,患者随时可以使用,是呼吸肌肉康复排痰一体化的理想装置。其功能包括:①锻炼呼吸肌肉;②在呼气相时形成合适的呼气相压力,减少气道闭陷,提高深吸气量;③呼气相同步震荡排痰;④用于气管切开患者语音训练。

### 3.3 限制性胸廓疾病的呼吸康复

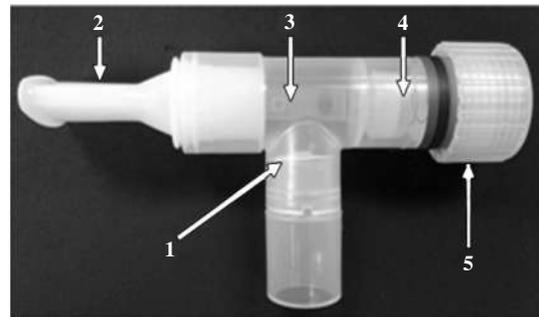
**限制性胸廓疾病的类型:**限制性胸廓疾病可分为胸廓异常(脊柱侧弯、胸廓成型术后等)、胸膜腔异常(胸腔积液、气胸、胸膜粘连等)与腹腔相关的胸廓扩张受限(腹腔积液、气腹、肥胖等)所引起的限制性通气功能障碍,导致肺泡通气量的下降。随着呼吸功能的进一步受损,患者可出现呼吸功能衰竭。

对于胸腔积液、气胸、腹腔积液、气腹此类疾病,对液体或气体进行引流;对于腹胀的患者,可行灌肠及促进肠道蠕动,减轻腹胀。此类影响肺部扩张的病因去除后,可使患者的限制性通气功能障碍得以解除。

对于肥胖所引起的胸廓扩张受限(肥胖低通气综合征)患者,即使没有合并其他呼吸系统疾病情况下,通常存在呼吸困难、运动能力下降、健康生活质量降低。通过运动锻炼、增加体力活动以及建立长期的体重控制计划,可去除病因改善患者肺功能、运动耐力以及健康生活质量<sup>[35]</sup>。对于合并有夜间肺泡低通气的患者,可在改变日常生活方式的前提下联用夜间无创通气,可较好改善患者日间动脉血CO<sub>2</sub>分压与嗜睡等症状<sup>[36]</sup>。值得注意的是,对于部分过度肥胖的患者,再行呼吸康复时需注意康复过程中对肌肉、关节、骨骼造成损伤的风险。必要时在康复过程中配备相应的康复师以及器械对患者进行辅助康复。

目前关于呼吸康复在胸廓结构异常(脊柱侧弯、胸廓成型术后等)所致的限制性通气功能障碍中的研究较少,有研究指出对脊柱侧凸患者行脊柱侧凸专项训练(头部姿势矫正、传统伸展以及强化运动等),可能对改善患者的脊柱畸形

图2 呼吸训练器<sup>[49]</sup>



1 单项活瓣; 2 口含嘴; 3 补偿侧孔; 4 弹簧装置; 5 末端旋钮

有效,但证据质量很低<sup>[37]</sup>。未来的研究应该使用严格的方法和标准来评估相关的临床措施和成本效益。

### 3.4 胸腹部术后的呼吸康复

针对胸腹部术后的患者,需充分认识术后呼吸康复的重要性,需进一步关注:术后疼痛管理、体位管理、肺扩张策略、早期活动、气道廓清等<sup>[38]</sup>。

胸腹部手术后,导致患者出现限制性通气功能障碍主要表现为术口疼痛导致的呼吸幅度降低与术后肺复张不良。因此当患者术后由于疼痛而引起呼吸努力降低,导致肺泡低通气时,可对伤口给予适当的有效支撑固定以及适量镇痛,降低疼痛的影响。研究指出,嘱患者术后行肺扩张治疗可降低患者术后肺部复张不良的发生,改善低氧血症与减少重新插管的需要<sup>[39]</sup>。肺扩张治疗是用来预防和治疗肺不张、改善肺容量的常用康复疗法,其让患者努力自主吸气或利用器械提供的吸气辅助来增加患者吸入潮气量,改善肺内气体分布,最终达到预防和治疗的目的。

此外,应鼓励患者术后早期活动,可使肺部通气等到改善。当患者气道分泌物比较多时,应鼓励患者自主咳嗽,促进痰液排除。必要时需通过气道廓清技术,清楚肺部分泌物,降低术后并发症的发生<sup>[40]</sup>。

### 3.5 新型冠状病毒肺炎的呼吸康复

目前研究指出,存在相当一部分新冠肺炎患者出院时仍存在有部分症状(包括咳嗽、疲劳、肌肉无力和精神症状),最常见的症状是疲劳或肌肉无力,其中一些症状至少持续半年以上<sup>[41]</sup>。对于部分恢复出院1年的患者,仍有5%的患者有呼吸困难症状,约1/3的患者存在肺功能指标的降低(弥散、用力肺活量)<sup>[42]</sup>。此外,新冠肺炎的严重程度与持续的症状和肺功能异常可能相关<sup>[41,43-44]</sup>。

鉴于从新冠肺炎中康复的患者数量不断增加,以及部分康复患者中存在长期呼吸系统症状与呼吸功能受限,探索利用呼吸康复的方法来帮助患者改善症状及呼吸功能至关重要。Gloeckl等<sup>[45]</sup>评估了肺康复对新冠肺炎患者的有效性、可

行性和安全性,并比较其在对轻度/中度和重度/危重患者的结果是否有区别。该研究为前瞻性观察性研究,在某康复中心纳入50例新冠肺炎患者(24例为轻度/中度,26例为重度/危重患者),进行为期3周的肺康复锻炼。研究发现,两组患者均从肺康复中获益,与基线对比,6min步行试验、肺功能、SF-36评分均有所提高( $P < 0.05$ ),且未发现不良事件。针对呼吸康复过程中病毒传播的风险,Li等<sup>[46]</sup>通过将120例出院时仍存在有呼吸困难症状的新冠肺炎患者随机分配至接受6周的远程康复计划或非康复组,以探讨新冠肺炎远程康复计划(借助可穿戴设备、手机软件进行的远程监控下呼吸康复)是否可较好地改善患者运动能力、下肢肌力、肺功能、健康相关生活质量和呼吸困难。研究结果提示,与非康复组对比,接受远程康复组患者6min步行距离可增加64.45m;此外下肢肌肉力量、健康生活质量评分中的运动能力也可得到改善。目前部分指南给予相应呼吸康复的指导建议:新冠肺炎患者出院后应在接受6—8周的呼吸康复治疗(积极参与日常户外活动、居家低、中强度四肢与呼吸肌肉锻炼、营养支持、定期行肺功能及心理评估等)<sup>[47—48]</sup>,但仍然缺乏相应的循证医学证据来验证个体化的呼吸康复方案(每次锻炼的形式、时间与频率)可更安全、有效地应用于新冠肺炎出院患者。

#### 4 小结

限制性疾病在呼吸系统疾病中越来越常见,未来需要高度关注呼吸康复在限制性肺疾病中的应用。对于限制性肺疾病患者的呼吸康复策略制定,需根据不同疾病的病理生理特点和临床症状进行考虑,寻求合适的呼吸康复策略。使限制性疾病对呼吸系统造成的影响在早期得以改善,避免或减少疾病所致并发症,后遗症和残疾的发生,使呼吸康复在预防疾病的进展中起到相应作用。未来需要更多的临床研究来揭示呼吸康复在不同类型疾病中的可行性及有效性。

#### 参考文献

- [1] 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]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 2013,188(8): e13—e64.
- [2] 郑则广, 胡杰英, 刘妮. 呼吸康复治疗研究进展2017[J]. 中国实用内科杂志, 2018,38(5):393—396.
- [3] O'Neill K, O'Donnell AE, Bradley JM. Airway clearance, mucoactive therapies and pulmonary rehabilitation in bronchiectasis[J]. Respirology, 2019,24(3):227—237.
- [4] Salhi B, Troosters T, Behaegel M, et al. Effects of pulmonary rehabilitation in patients with restrictive lung diseases[J]. Chest, 2010,137(2):273—279.
- [5] 杨峰, 刘妮, 胡杰英, 等. 新型冠状病毒肺炎患者4S呼吸康复指引[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2020,43(3):180—182.

- [6] 中华医学会呼吸病学分会肺功能专业组. 肺功能检查指南(第二部分)——肺量计检查[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2014,37(7):481—486.
- [7] Spruit MA, Pitta F, Garvey C, et al. Differences in content and organisational aspects of pulmonary rehabilitation programmes[J]. Eur Respir J, 2014,43(5):1326—1337.
- [8] Antoniou KM, Margaritopoulos GA, Tomassetti S, et al. Interstitial lung disease[J]. European Respiratory Review, 2014,23(131):40—54.
- [9] Demedts M, Costabel U. ATS/ERS international multidisciplinary consensus classification of the idiopathic interstitial pneumonias[J]. European Respiratory Journal, 2002,19(5):794—796.
- [10] Travis WD, Costabel U, Hansell DM, et al. An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: Update of the international multidisciplinary classification of the idiopathic interstitial pneumonias[J]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 2013,188(6):733—748.
- [11] Dowman L, Hill CJ, Holland AE. Pulmonary rehabilitation for interstitial lung disease[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2014(10):D6322.
- [12] Cheng L, Tan B, Yin Y, et al. Short- and long-term effects of pulmonary rehabilitation for idiopathic pulmonary fibrosis: a systematic review and meta-analysis[J]. Clinical Rehabilitation, 2018,32(10):1299—1307.
- [13] Perez-Bogerd S, Wuyts W, Barbier V, et al. Short and long-term effects of pulmonary rehabilitation in interstitial lung diseases: a randomised controlled trial[J]. Respiratory Research, 2018,19(1):182.
- [14] Raghu G, Rochweg B, Zhang Y, et al. An Official ATS/ERS/JRS/ALAT Clinical Practice Guideline: treatment of idiopathic pulmonary fibrosis. an update of the 2011 clinical practice guideline[J]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 2015,192(2): e3—e19.
- [15] Raghu G, Collard HR, Egan JJ, et al. An Official ATS/ERS/JRS/ALAT Statement: Idiopathic Pulmonary Fibrosis: Evidence-based Guidelines for Diagnosis and Management [J]. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 2011,183(6):788—824.
- [16] Cheng L, Tan B, Yin Y, et al. Short- and long-term effects of pulmonary rehabilitation for idiopathic pulmonary fibrosis: a systematic review and meta-analysis[J]. Clinical Rehabilitation, 2018,32(10):1299—1307.
- [17] Vainshelboim B, Oliveira J, Fox BD, et al. Long-term effects of a 12-week exercise training program on clinical outcomes in idiopathic pulmonary fibrosis[J]. Lung, 2015,193(3):345—354.
- [18] Dowman LM, McDonald CF, Hill CJ, et al. The evidence of benefits of exercise training in interstitial lung disease: a randomised controlled trial[J]. Thorax, 2017,72(7):610—619.

- [19] Mendoza L, Gogali A, Shrikrishna D, et al. Quadriceps strength and endurance in fibrotic idiopathic interstitial pneumonia[J]. *Respirology*, 2014,19(1):138—143.
- [20] Nishiyama O, Taniguchi H, Kondoh Y, et al. Quadriceps weakness is related to exercise capacity in idiopathic pulmonary fibrosis[J]. *Chest*, 2005,127(6):2028—2033.
- [21] Wallaert B, Monge E, Le Rouzic O, et al. Physical activity in daily life of patients with fibrotic idiopathic interstitial pneumonia[J]. *Chest*, 2013,144(5):1652—1658.
- [22] Lu H, Liu N, Hu JY, et al. The effectiveness, safety and compliance of Zheng's supine rehabilitation exercise as a rehabilitation programme among elderly patients with AECOPD[J]. *The Clinical Respiratory Journal*, 2020,14(6):533—540.
- [23] Jenkins S, Čečins N. Six-minute walk test: observed adverse events and oxygen desaturation in a large cohort of patients with chronic lung disease[J]. *Internal Medicine Journal*, 2011,41(5):416—422.
- [24] Dreher M, Ekkernkamp E, Schmoor C, et al. Pulmonary rehabilitation and noninvasive ventilation in patients with hypercapnic interstitial lung disease[J]. *Respiration*, 2015,89(3):208—213.
- [25] Morrison B. Neuromuscular diseases[J]. *Seminars in Neurology*, 2016,36(5):409—418.
- [26] Anziska Y, Inan S. Exercise in neuromuscular disease[J]. *Semin Neurol*, 2014,34(5):542—556.
- [27] Enoka RM, Amiridis IG, Duchateau J. Electrical stimulation of muscle: electrophysiology and rehabilitation[J]. *Physiology (Bethesda, Md.)*, 2020,35(1):40—56.
- [28] Britton D, Karam C, Schindler JS. Swallowing and secretion management in neuromuscular disease[J]. *Clinics in Chest Medicine*, 2018,39(2):449—457.
- [29] Howard RS. Respiratory failure because of neuromuscular disease[J]. *Current Opinion in Neurology*, 2016,29(5):592—601.
- [30] Cooksey JA, Sergew A. Noninvasive ventilation in amyotrophic lateral sclerosis[J]. *Sleep Medicine Clinics*, 2020,15(4):527—538.
- [31] Aslan GK, Gurses HN, Issever H, et al. Effects of respiratory muscle training on pulmonary functions in patients with slowly progressive neuromuscular disease: a randomized controlled trial[J]. *Clin Rehabil*, 2014,28(6):573—581.
- [32] Inzelberg R, Peleg N, Nisipeanu P, et al. Inspiratory muscle training and the perception of dyspnea in Parkinson's disease[J]. *Canadian Journal of Neurological Sciences*, 2005,32(2):213.
- [33] Tzeng AC, Bach JR. Prevention of pulmonary morbidity for patients with neuromuscular disease[J]. *Chest*, 2000,118(5):1390—1396.
- [34] Strickland SL, Rubin BK, Drescher GS, et al. AACRC clinical practice guideline: effectiveness of nonpharmacologic airway clearance therapies in hospitalized patients[J]. *Respiratory Care*, 2013,58(12):2187—2193.
- [35] Swift DL, Mcgee JE, Earnest CP, et al. The effects of exercise and physical activity on weight loss and maintenance[J]. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 2018,61(2):206—213.
- [36] Masa JF, Corral J, Caballero C, et al. Non-invasive ventilation in obesity hypoventilation syndrome without severe obstructive sleep apnoea[J]. *Thorax*, 2016,71(10):899—906.
- [37] Thompson JY, Williamson EM, Williams MA, et al. Effectiveness of scoliosis-specific exercises for adolescent idiopathic scoliosis compared with other non-surgical interventions: a systematic review and meta-analysis[J]. *Physiotherapy*, 2019,105(2):214—234.
- [38] Ahmad AM. Essentials of physiotherapy after thoracic surgery: what physiotherapists need to know. a narrative review[J]. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg*, 2018,51(5):293—307.
- [39] Ruscic KJ, Grabitz SD, Rudolph MI, et al. Prevention of respiratory complications of the surgical patient: actionable plan for continued process improvement[J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2017,30(3):399—408.
- [40] Miskovic A, Lumb AB. Postoperative pulmonary complication[J]. *Br J Anaesth*, 2017,118(3):317—334.
- [41] Huang C, Huang L, Wang Y, et al. 6-month consequences of COVID-19 in patients discharged from hospital: a cohort study[J]. *The Lancet (British edition)*, 2021,397(10270):220—232.
- [42] Wu X, Liu X, Zhou Y, et al. 3-month, 6-month, 9-month, and 12-month respiratory outcomes in patients following COVID-19-related hospitalisation: a prospective study[J]. *Lancet Respir Med*, 2021,9(7):747—754.
- [43] Xiong Q, Xu M, Li J, et al. Clinical sequelae of COVID-19 survivors in Wuhan, China: a single-centre longitudinal study[J]. *Clinical microbiology and infection*, 2021,27(1):89.
- [44] Carfi A, Bernabei R, Landi F, et al. Persistent symptoms in patients after acute COVID-19[J]. *JAMA*, 2020,324(6):603—605.
- [45] Gloeckl R, Leidl D, Jarosch I, et al. Benefits of pulmonary rehabilitation in COVID-19: a prospective observational cohort study[J]. *ERJ Open Research*, 2021,7(2):108.
- [46] Li J, Xia W, Zhan C, et al. A tele-rehabilitation programme in post-discharge COVID-19 patients (TERECO): a randomised controlled trial[EB/OL]. *Thorax*, <https://thorax.bmj.com/content/early/2021/07/25/thoraxjnl-2021-217382>.
- [47] Spruit MA, Holland AE, Singh SJ, et al. COVID-19: Interim guidance on rehabilitation in the hospital and post-hospital phase from a European Respiratory Society and American Thoracic Society-coordinated International Task Force[J]. *Eur Respir J*, 2020,56(6):2002197.
- [48] 中华医学会物理医学与康复学分会心肺康复学组中国康复医学会中国康复医学会呼吸康复专委会. 2019新型冠状病毒肺炎呼吸康复指导意见(第二版)[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2020(4):308—309.
- [49] 王园,刘妮,杨峰,等. 多功能呼气阀的原理及临床应用[J]. *国际呼吸杂志*, 2018,38(19):1491—1494.