

· 临床研究 ·

吸气肌训练对病态肥胖患者减肥术后肺功能、呼吸肌力量及耐力的影响

马琳¹ 何瑞波²¹洛阳理工学院体育部, 洛阳 471023; ²中国人民武装警察部队后勤学院卫生勤务系, 天津 300309

通信作者: 何瑞波, Email: 13916072@qq.com

【摘要】 目的 观察吸气肌训练(IMT)对病态肥胖患者减肥术后肺功能、呼吸肌力量及耐力的影响。**方法** 采用随机数字表法将 36 例拟行减肥手术的病态肥胖患者分为观察组及对照组, 每组 18 例。观察组及对照组患者均于术后第 2~30 天期间进行 IMT 训练, 吸气阻力值分别设定为最大吸气压(MIP)的 40% 和 5% 水平, 每天训练 20 min。于手术前及术后第 2, 7, 14, 30 天时分别检测对比 2 组患者肺功能[包括用力肺活量(FVC)、1 s 用力呼气容积(FEV₁)及最大呼气流速(PEF)等]、呼吸肌力量[包括最大吸气压(MIP)和最大呼气压(MEP)]及耐力情况。**结果** 观察组各项肺功能指标[FVC: (91.6±11.2)% vs (105.5±10.8)%, $P>0.05$; FEV₁: (92.1±15.6)% vs (104.7±11.3)%, $P>0.05$; PEF: (91.1±10.5)% vs (103.5±14.3)%, $P>0.05$]在术后第 7 天时均恢复至手术前水平, 对照组各项肺功能指标[FVC: (95.8±11.2)% vs (104.5±10.5)%, $P>0.05$; FEV₁: (92.7±12.2)% vs (102.8±12.3)%, $P>0.05$; PEF: (93.2±10.7)% vs (107.4±16.3)%, $P>0.05$]在术后第 14 天时才恢复至手术前水平; 观察组在术后第 30 天时 MIP[(112.5±11.6)% vs (100.0±9.3)%, $P<0.05$]及呼吸肌耐力[(126.1±10.9)% vs (100.0±11.2)%, $P<0.05$]均较手术前明显增加, 对照组 MIP[(86.2±8.6)% vs (100.0±10.9)%, $P<0.05$]则较手术前明显降低, 呼吸肌耐力干预前、后无显著变化[(104.6±11.5)% vs (100.0±9.9)%, $P>0.05$]。**结论** IMT 训练能有效改善病态肥胖患者减肥术后吸气肌力量及耐力, 同时还能加速肺功能恢复, 该疗法值得临床推广、应用。

【关键词】 病态肥胖; 吸气肌训练; 减肥手术; 肺功能; 呼吸肌力量

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.02.011

Inspiratory muscle training can improve the pulmonary functioning, respiratory muscle strength and endurance of morbidly obese persons after bariatric surgeryMa Lin¹, He Ruibo²¹P. E. Department, Luoyang Institute of Science and Technology, Luoyang 471023, China; ²Health Service, Logistics University of the Chinese People's Armed Police Force, Tianjin 300309, China

Corresponding author: He Ruibo, Email: 13916072@qq.com

【Abstract】 Objective To explore the effect of inspiratory muscle training (IMT) on the pulmonary functioning, respiratory muscle strength and endurance of morbidly obesity persons after bariatric surgery. **Methods** Thirty-six morbidly obese patients undergoing bariatric surgery were randomly divided into an experimental group and a control group. A 20-minute daily IMT intervention was administered on the 2nd through the 30th day after the operation. The intensities were 40% and 5% of the maximum inspiratory pressure (MIP). Forced vital capacity, forced expiratory volume in 1 second, maximum peak expiratory flow, maximum inspiratory pressure (MIP) and maximum expiratory pressure, as well as endurance were measured before the operation and on the 2nd, 7th, 14th and 30th day afterward. **Results** By the 7th day the pulmonary function of the experimental group had recovered to the level before the operation. For the control group that took until the 14th day. On the 30th day after the operation the average MIP and inspiratory muscle endurance of the experimental group had increased significantly compared with before the operation, while the average MIP of the control group had decreased significantly. **Conclusions** Inspiratory muscle training can improve inspiratory muscle strength and endurance and accelerate the recovery of lung function of morbidly obese persons after bariatric surgery.

【Key words】 Obesity; Inspiratory muscle training; Bariatric surgery; Pulmonary function; Respiratory muscle strength

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2022.02.011

肥胖是一种以脂肪组织过度沉积为主要特征的临床疾病, 可引起多种并发症(如高血压、血脂紊乱、糖

尿病等), 严重影响患者身心健康及生活质量^[1]。肥胖患者常伴有呼吸系统(包括肺、气道、胸壁及呼吸肌等)

功能受损并可出现低通气综合征、呼吸睡眠暂停综合征等呼吸系统疾病^[2]。近年来肥胖发病率逐渐升高,而单纯饮食控制、运动干预甚至药物治疗往往难以有效控制患者体重水平,对于常规干预失败的病态肥胖患者,外科手术治疗如胃旁路手术、腹腔镜袖状胃切除术等均可有效降低患者体重,预防或治疗肥胖并发症^[3];但腹腔镜手术同时会引起肺组织机械改变并进一步损害呼吸肌功能,对术后患者功能恢复造成严重影响^[4]。

呼吸物理疗法是肺康复的一种常用技术,其目的在于增加肺活量并改善动脉氧合作用,从而促进各种呼吸系统疾病患者术后呼吸功能恢复,减少肺不张及肺炎发生率^[5],因此推测同样适用于病态肥胖患者减肥术后肺功能康复,但目前该方面研究鲜见报道^[6]。基于此,本研究旨在探讨吸气肌训练(inspiratory muscle training, IMT)对病态肥胖患者减肥术后肺功能、呼吸肌力量及耐力的影响,为制订针对该类特殊人群术后肺康复处方提供参考资料。

对象与方法

一、研究对象

选取 2019 年 1 月至 10 月期间在洛阳市人民医院拟择期行腹腔镜减重手术的 36 例病态肥胖患者作为研究对象。患者纳入标准包括:①手术指征为体重指数(body mass index, BMI) ≥ 37 kg/m² 或 BMI ≥ 32 kg/m² 且伴有 1 个或多个肥胖合并症(如糖尿病、冠心病、高血压等)^[7];②无心、肺、肝、肾等重要器官功能障碍;③患者自愿接受手术治疗,患者对本研究知晓并签署知情同意书。患者排除标准包括:①有手术禁忌证;②有抽烟习惯或既往有吸烟史等。本研究同时经洛阳理工学院伦理委员会审批(LYIST2020-05-10)。采用随机数字表法将上述患者分为观察组及对照组,每组 18 例。2 组患者一般资料情况(详见表 1)经统计学比较,发现组间差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

二、干预方法

2 组患者于术前 1 周均给予常规干预,包括术前健康教育,指导患者正确进行腹式呼吸,每日训练 3~5 次,每次持续训练 5~10 min,并训练有效咳嗽、咳痰

技巧。腹腔镜减重手术主要操作如下:患者取头高脚低并腿平卧位,术者站立于患者右侧,待全麻及气管插管完成后,应用 Veress 穿刺针建立气腹,气腹压力设置为 13~15 mmHg;完全游离胃大弯侧及胃底,距幽门 5 cm 处作为胃大弯切割起点,向上切割至胃底部距离 His 角 1 cm 处,充分切除胃底,并完整保留贲门组织,入选患者手术均由同一团队完成。待患者完全清醒后,鼓励其尽早下床,并酌情经口少量饮水,次日晨即给予含热卡清流食。术后 2 组患者均给予常规方案物理干预,包括早期下地活动及坐姿呼吸练习,后者包括腹式呼吸训练、持续最大吸气训练等,每天训练 1 次,每次持续训练约 30 min^[8]。

术后第 2~30 天期间 2 组患者均在上述干预基础上辅以 IMT 训练(住院期间 IMT 训练在病房内完成,出院后在门诊内完成),观察组、对照组吸气阻力值分别设定为最大吸气压(maximal inspiratory pressure, MIP)的 40% 和 5% 水平。首次训练前,先对患者进行呼吸指导,嘱患者自然缓慢呼气,尽可能将气体全部排出,然后再迅速有力吸气直至胸廓不能进一步扩张为止,待患者熟悉并掌握呼吸要点后开始正式训练。训练时患者取坐位,佩戴鼻夹,将英国产 Power Breathe K5 型呼吸训练器与吸气软管相连,患者口含咬嘴,手持吸气肌训练器进行训练,每次吸气、呼气时间分别控制在 1.5 s 和 3.0 s,连续呼吸 30 次为 1 组,每次训练 2 组,组间休息 10 min。训练过程中注意观察并及时纠正患者呼吸动作,随时询问患者是否有不适感,若出现头晕、胸闷等不适须立即终止训练,记录研究期间 2 组患者训练完成情况及不良反应。

三、疗效评定分析

于手术前 1 周、术后第 2、7、14 及 30 天时对 2 组患者进行疗效评定,具体评定内容包括以下方面。

1. 呼吸肌力量测试:使用经校准的英国产 Gerar 压力计检测患者吸气及呼气压力。测试时患者取坐位并夹上鼻夹,嘴巴紧含吹气筒,先尽量呼出肺内气体,然后尽全力迅速吸气,重复测试 5 次取最高值为 MIP(表示吸气肌力量);在深吸气末全力迅速呼气,重复测试 5 次取最高值为最大呼气压力(maximal expiratory pressure, MEP),用该值表示呼气肌力量^[9]。

表 1 入组时 2 组患者一般资料情况比较

组别	例数	性别(例)		年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	身高(m, $\bar{x} \pm s$)	体重(kg, $\bar{x} \pm s$)	BMI(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)
		女	男				
观察组	18	12	6	38.2 $\pm$ 8.5	1.69 $\pm$ 0.10	122.6 $\pm$ 12.9	43.3 $\pm$ 7.0
对照组	18	14	4	40.3 $\pm$ 9.6	1.68 $\pm$ 0.07	126.4 $\pm$ 9.9	45.0 $\pm$ 5.3
组别	例数	收缩压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)		舒张压(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	手术时间(min, $\bar{x} \pm s$)	住院时间(d, $\bar{x} \pm s$)	
观察组	18	145.6 $\pm$ 9.5		91.2 $\pm$ 6.3	295.6 $\pm$ 25.3	7.5 $\pm$ 1.2	
对照组	18	147.1 $\pm$ 10.0		93.5 $\pm$ 7.1	279.1 $\pm$ 30.6	7.9 $\pm$ 1.5	

2. 吸气肌耐力测试: 使用英国产 Power Breathe K5 型吸气肌训练仪配套的便携式呼吸检测仪对患者进行持续吸气压(sustainable inspiratory pressure, SIP) 试验以测定其吸气肌耐力^[10]。测试时患者取坐位并夹上鼻夹, 嘴巴紧含吹气筒, 将阻力负荷值设定为 80% MIP 水平, 呼吸频率保持 12~14 次/分钟, 测试期间保持阻力负荷、呼吸模式(腹式呼吸)及呼吸频率不变。当患者连续 3 次不能克服吸气阻力负荷时即终止试验并记录试验持续时间, 该试验持续时间越长则提示患者呼吸肌耐力越好。

3. 肺功能检测: 根据美国胸科学会(American Thoracic Society, ATS)推荐程序^[11], 使用预先校准的美国产 RespiRADyneIIPlus 型肺活量计对患者进行肺功能检测, 肺功能观察指标包括用力肺活量(forced vital capacity, FVC)、1s 用力呼气容积(forced expiratory volume in 1s, FEV₁)和最大呼气流速(peak expiratory flow, PEF), 所有指标结果均以实测值/预测值百分比表示^[12]。

四、统计学分析

本研所得计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 采用 SPSS 20.0 版统计学软件包进行数据分析, 干预后患者呼吸肌力量、吸气肌耐力用变化率[变化率=(干预后结果-干预前结果)/干预前结果×100%]表示; 组间计量资料比较使用独立样本 *t* 检验, 组间率的比较使用 χ^2 检验, 组内各指标(MIP、MEP、吸气肌耐力、肺功能)不同时间点比较采用重复测量的方差分析, $P < 0.05$ 表示差异具有统计学意义。

结 果

一、IMT 的可行性、耐受性及安全性分析

本研究 36 例患者均完成全部训练及疗效评定, 无中途失访者, 未发现术后并发症; 所有患者在训练期间及训练后均未发生严重不良事件, 其中有 5 例患者共出现 8 次呼吸急促反应, 经短暂休息后均恢复正常并继续完成随后训练。

二、干预前、后 2 组患者体重及 BMI 比较

干预前 2 组患者体重、BMI 组间差异均无统计学意义($P > 0.05$); 干预后 2 组患者体重、BMI 均明显下降($P < 0.05$), 且组间差异仍无统计学意义($P > 0.05$), 具体数据见表 2。

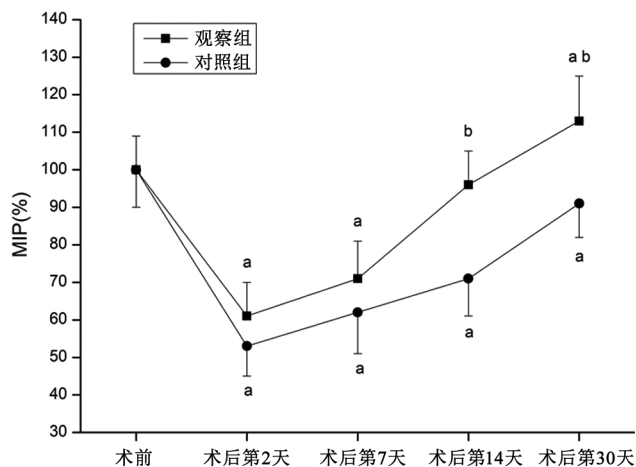
表 2 干预前、后 2 组患者体重及 BMI 比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	体重(kg)	BMI(kg/m ²)
观察组			
干预前	18	122.6±12.9	43.3±7.0
干预后	18	111.1±13.0 ^a	38.9±4.3 ^a
对照组			
干预前	18	126.4±9.9	45.0±5.3
干预后	18	105.4±10.1 ^a	37.5±5.1 ^a

注: 与组内干预前比较, ^a $P < 0.05$

三、干预前、后 2 组患者呼吸肌力量比较

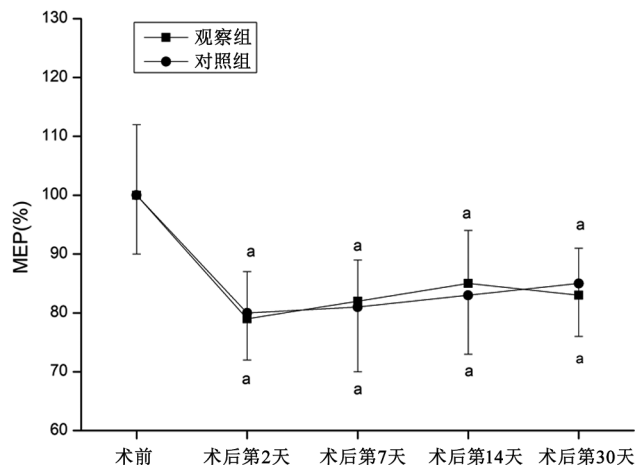
手术前 2 组患者 MIP 组间差异无统计学意义($P > 0.05$); 与手术前比较, 2 组患者 MIP 在术后第 2 天时均显著下降($P < 0.05$), 随后 2 组患者 MIP 均逐渐上升, 观察组 MIP 在术后第 14 天时与手术前差异已无统计学意义($P > 0.05$), 在术后第 30 天时较手术前明显升高($P < 0.05$); 而对照组 MIP 在术后第 7、14、30 天时仍显著低于手术前水平($P < 0.05$)。通过进一步组间比较发现, 观察组 MIP 在术后第 14 天、第 30 天时均显著高于对照组水平, 组间差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。具体情况见图 1。



注: 与干预前组内比较, ^a $P < 0.05$; 与对照组相同时间点比较, ^b $P < 0.05$

图 1 干预前、后 2 组患者 MIP 比较

手术前 2 组患者 MEP 组间差异无统计学意义($P > 0.05$); 与手术前比较, 2 组患者 MEP 在术后各时间点均明显下降($P < 0.05$); 通过进一步组间比较发现, 术后各时间点 2 组患者 MEP 组间差异仍无统计学意义($P > 0.05$)。具体情况见图 2。

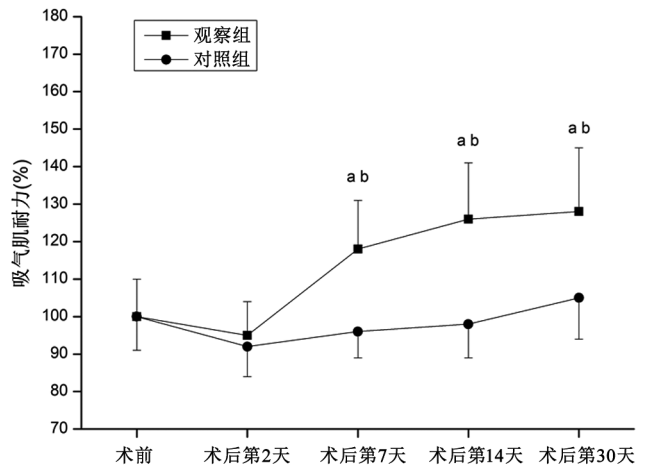


注: 与干预前组内比较, ^a $P < 0.05$

图 2 干预前、后 2 组患者 MEP 比较

四、干预前、后 2 组患者吸气肌耐力情况比较

手术前,2 组患者吸气肌耐力情况组间差异无统计学意义($P>0.05$);与手术前比较,对照组术后各时间点吸气肌耐力变化情况均无统计学差异($P>0.05$),观察组吸气肌耐力在术后第 7、14 及 30 天时均明显增加($P<0.05$)。通过进一步组间比较发现,观察组吸气肌耐力在术后第 7、14 及 30 天时均显著优于对照组水平,组间差异均具有统计学意义($P<0.05$)。具体情况见图 3。



注:与干预前组内比较,^a $P<0.05$;与对照组相同时间点比较,^b $P<0.05$

图3 干预前、后 2 组患者吸气肌耐力情况比较

五、干预前、后 2 组患者肺功能比较

手术前 2 组患者 FVC、FEV₁、FEV₁/FVC 及 PEF 组间差异均无统计学意义($P>0.05$);与手术前比较,2 组患者 FVC、FEV₁ 及 PEF 在术后第 2 天时均显著下降($P<0.05$),随后 2 组患者 FVC、FEV₁ 及 PEF 均逐渐升高,观察组、对照组上述肺功能指标分别在术后第 7 天、第 14 天时恢复至手术前水平。通过进一步组间比较发现,观察组 FVC、FEV₁ 及 PEF 在术后第 7 天时均显著高于对照组水平,组间差异均具有统计学意

义($P<0.05$)。具体数据见表 3。

讨 论

本研究结果显示,观察组各项肺功能指标在术后第 7 天时、对照组在术后第 14 天时均恢复至手术前水平;观察组在术后第 30 天时 MIP 及吸气肌耐力均较手术前及对照组明显改善,对照组 MIP 则较手术前明显下降,呼吸肌耐力无显著变化,表明 IMT 训练能有效改善病态肥胖患者减肥术后呼吸肌力量及耐力,并加速肺功能恢复。

大量临床实践发现,上腹部手术可引起患者呼吸肌功能障碍并持续 48 h 到 7 d,其原因可能与手术导致机体呼吸肌神经控制、肌肉完整性、反射机制及胸腹力学改变等因素有关^[13]。本研究结果显示,术后第 2 天时 2 组患者各项肺功能参数及呼吸肌力量均显著降低,与既往报道结果基本一致^[14];观察组、对照组 MIP 分别较手术前下降 39% 和 47%,MEP 分别下降 21% 和 20%,提示腹腔镜减肥手术对机体吸气肌的影响较对呼气肌的影响更大,这可能与膈肌功能受损以及腹肌协同运动能力下降造成吸气活动受限有关,而过多脂肪组织施加于胸壁上的压力则有利于机体被动呼气运动^[14]。

IMT 作为肺康复的重要手段,其效果已在诸多呼吸系统疾病患者^[15-16]及其他慢性病(如肥胖、心力衰竭等)患者^[17-18]中得到广泛证实,如 Dronkers 等^[6]于术前对腹主动脉瘤患者进行 IMT 训练,初始训练强度设置为 20% MIP,并根据 Borg 主观感觉疲劳程度量表(ratings of perceived exertion, RPE)评定结果逐渐增加吸气阻力,结果显示术后观察组患者吸气肌功能恢复加速,肺不张发生率明显降低。但目前还鲜见关于 IMT 训练对病态肥胖患者减肥术后呼吸功能影响的报道。本研究结果显示,术后观察组患者吸气肌力量(MIP)恢复速度明显快于对照组;与手术前比较,术后

表 3 干预前、后 2 组患者各项肺功能指标结果比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	FVC (%)	FEV ₁ (%)	FEV ₁ /FVC (%)	PEF (%)
观察组					
手术前	18	105.5±10.8	104.7±11.3	85.4±7.6	103.5±14.3
术后第 2 天	18	54.7±8.7 ^a	53.2±9.5 ^a	82.3±7.2	47.6±7.6 ^a
术后第 7 天	18	91.6±11.2 ^b	92.1±15.6 ^b	86.5±6.9	91.1±10.5 ^b
术后第 14 天	18	102.3±16.8	105.8±19.7	83.7±7.0	98.2±11.3
术后第 30 天	18	108.7±15.7	111.2±20.0	85.9±5.8	101.8±14.7
对照组					
手术前	18	104.5±10.5	102.8±12.3	82.7±7.8	107.4±16.3
术后第 2 天	18	57.6±8.9 ^a	56.7±9.9 ^a	85.4±9.7	58.7±8.9 ^a
术后第 7 天	18	79.5±9.6 ^a	80.3±10.9 ^a	81.6±10.0	83.5±9.9 ^a
术后第 14 天	18	95.8±11.2	92.7±12.2	83.5±8.9	93.2±10.7
术后第 30 天	18	103.1±15.7	101.5±17.9	82.3±6.8	105.8±18.9

注:与干预前组内比较,^a $P<0.05$;与对照组相同时间点比较,^b $P<0.05$

第 30 天时观察组吸气肌力量及耐力分别增加 13% 和 26%, 而对照组吸气肌力量同期下降 9%, 吸气肌耐力变化无统计学差异, 提示 IMT 训练能明显改善病态肥胖患者减肥术后吸气肌力量及耐力, 这与针对慢性阻塞性肺疾病患者的 IMT 疗效报道结果类似^[16]。值得注意的是, 本研究对照组患者 FVC、FEV₁ 及 PEF 在术后第 14 天时与术前无显著差异, 而观察组上述指标在术后第 7 天时即恢复至手术前水平, 提示 IMT 训练还能加速患者肺功能恢复。由于肺部并发症与呼吸肌功能损害密切相关^[3], 因此 IMT 训练可能是病态肥胖患者减肥术后行之有效的肺康复手段。本研究中 2 组患者在干预期间均无失访病例, 且术后均未出现临床体征或肺部并发症, IMT 干预期间也无严重不良事件发生, 表明本研究制订的 IMT 方案对病态肥胖患者减肥术后肺功能康复具有可行性, 且患者耐受性、依从性及安全性良好。与本研究类似, 目前还有大量学者报道了不同物理治疗技术对预防上腹部手术患者肺功能损害及呼吸系统并发症的疗效^[19-21], 包括呼吸训练、扩胸运动和横膈肌松动术等, 均取得一定疗效, 但最佳干预方式仍需进一步探讨。

综上所述, 本研究结果表明, IMT 训练能有效改善病态肥胖患者减肥术后吸气肌力量及耐力, 同时还能加速肺功能恢复, 值得临床进一步推广、应用。需要指出的是, 本研究仍存在诸多不足, 包括样本量较小、肺康复最佳运动方式及运动强度仍未明确、疗效评定指标有待完善、未进行长期随访等, 后续研究将针对上述不足进一步完善。

参 考 文 献

- [1] Wollin DA, Skolarikos A, Preminger GM. Obesity and metabolic stone disease[J]. Curr Opin Urol, 2017, 27(5): 422-427. DOI: 10.1097/MOU.0000000000000427.
- [2] Bokov P, Delclaux C. The impact of obesity on respiratory function[J]. Rev Mal Respir, 2019, 36(9): 1057-1063. DOI: 10.1016/j.rmr.2019.07.009.
- [3] Paulus GF, de Vaan LE, Verdam FJ, et al. Bariatric surgery in morbidly obese adolescents: a systematic review and meta-analysis[J]. Obes Surg, 2015, 25(5): 860-878. DOI: 10.1007/s11695-11015-1581-2.
- [4] Avriel A, Warner E, Avinoach E, et al. Major respiratory adverse events after laparoscopic gastric banding surgery for morbid obesity[J]. Respir Med, 2012, 106(8): 1192-1198. DOI: 10.1016/j.rmed.2012.05.002.
- [5] Goni VR, Yoldi AE, Casajus SL, et al. Respiratory physiotherapy in intensive care unit: Bibliographic review[J]. Enferm Intensiva, 2018, 29(4): 168-181. DOI: 10.1016/j.enfi.2018.03.003.
- [6] Dronkers J, Veldman A, Hoberg E, et al. Prevention of pulmonary complications after upper abdominal surgery by preoperative intensive inspiratory muscle training: a randomized controlled pilot study[J]. Clin Rehabil, 2008, 22(2): 134-142. DOI: 10.1177/0269215507081574.
- [7] 郑成竹, 李心翔, 胡兵. 中国肥胖病现状及减肥手术的新概念-腹腔镜手术治疗肥胖病的手术指征及疗效评判新标准[J]. 中国实用外科杂志, 2007, 27(2): 134-135.
- [8] Grams ST, Ono LM, Noronha MA, et al. Breathing exercises in upper abdominal surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. Rev Bras Fisioter, 2012, 16(5): 345-353. DOI: 10.1590/s1413-35552012005000052.
- [9] Laveneziana P, Albuquerque A, Aliverti A, et al. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise[J]. Eur Respir J, 2019, 53(6): 25-30. DOI: 10.1183/13993003.01214-02018.
- [10] Gokcen S, Inal-Ince D, Saglam M, et al. Sustainable inspiratory pressure and incremental threshold loading for respiratory muscle endurance in chronic obstructive pulmonary disease: a pilot study[J]. Clin Respir J, 2021, 15(1): 19-25. DOI: 10.1111/crj.13264.
- [11] Culver BH, Graham BL, Coates AL, et al. Recommendations for a standardized pulmonary function report. An official American Thoracic Society technical statement[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2017, 196(11): 1463-1472. DOI: 10.1164/rccm.201710-201981ST.
- [12] Redlich CA, Tarlo SM, Hankinson JL, et al. Official American Thoracic Society technical standards: spirometry in the occupational setting[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2014, 189(8): 983-993. DOI: 10.1164/rccm.201402-200337ST.
- [13] Putensen-Himmer G, Putensen C, Lammer H, et al. Comparison of postoperative respiratory function after laparoscopy or open laparotomy for cholecystectomy[J]. Anesthesiology, 1992, 77(4): 675-680. DOI: 10.1097/0000542-199210000-00010.
- [14] Ebeo CT, Benotti PN, Byrd RP, et al. The effect of bi-level positive airway pressure on postoperative pulmonary function following gastric surgery for obesity[J]. Respir Med, 2002, 96(9): 672-676. DOI: 10.1053/rmed.2002.1357.
- [15] Silva IS, Fregonezi GA, Dias FA, et al. Inspiratory muscle training for asthma[J]. Cochrane Database Syst Rev, 2013, 2013(9): CD003792. DOI: 10.1002/14651858.CD003792.pub2.
- [16] Langer D, Ciavaglia C, Faisal A, et al. Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD[J]. J Appl Physiol, 2018, 125(2): 381-392. DOI: 10.1152/jappphysiol.01078.2017.
- [17] Edwards AM, Graham D, Bloxham S, et al. Efficacy of inspiratory muscle training as a practical and minimally intrusive technique to aid functional fitness among adults with obesity[J]. Respir Physiol Neurobiol, 2016, 234: 85-88. DOI: 10.1016/j.resp.2016.09.007.
- [18] Cahalin LP, Arena RA. Breathing exercises and inspiratory muscle training in heart failure[J]. Heart Fail Clin, 2015, 11(1): 149-172. DOI: 10.1016/j.hfc.2014.09.002.
- [19] Fagevik OM, Hahn I, Nordgren S, et al. Randomized controlled trial of prophylactic chest physiotherapy in major abdominal surgery[J]. Br J Surg, 1997, 84(11): 1535-1538. DOI: 10.1111/j.1365-2168.1997.02828.x.
- [20] Chumillas S, Ponce JL, Delgado F, et al. Prevention of postoperative pulmonary complications through respiratory rehabilitation: a controlled clinical study[J]. Arch Phys Med Rehabil, 1998, 79(1): 5-9. DOI: 10.1016/s0003-9993(98)90198-90198.
- [21] Manzano RM, Carvalho CR, Saraiva-Romanholo BM, et al. Chest physiotherapy during immediate postoperative period among patients undergoing upper abdominal surgery: randomized clinical trial[J]. Sao Paulo Med J, 2008, 126(5): 269-273. DOI: 10.1590/s1516-31802008000500005.

(修回日期: 2021-11-20)

(本文编辑: 易 浩)