

· 临床研究 ·

早期综合肺康复干预对有创机械通气患者呼吸机相关性肺炎的预防效果观察

郑月月 倪朝民 吴鸣 曾林芳 黄丽虹 张阳

安徽医科大学附属省立医院康复医学科, 合肥 230000

通信作者: 倪朝民, Email: ahslynm@163.com

【摘要】 目的 观察早期综合肺康复干预对有创机械通气(MV)患者呼吸机相关性肺炎(VAP)的预防效果。**方法** 选取117例首次入住重症监护病房(ICU)、机械通气 ≥ 48 h的成年患者,采用随机数字表法将其分为观察组及对照组。对照组患者给予常规药物治疗及护理,观察组患者在此基础上辅以气道廓清技术治疗、呼吸训练、膈神经电刺激、膨肺、早期活动等个体化早期综合肺康复干预。分别评估2组患者入院及出院时情况,主要观察指标包括VAP发生率、死亡率、MV时长、ICU停留时间、住院总时长等。**结果** 治疗结束时观察组患者临床肺部感染积分(CPIS)、急性生理及慢性健康状况评分II(APACHE II)、血氧饱和度(SpO_2)及氧合指数分别为(2.66 ± 1.15)分、(14.36 ± 7.75)分、(99.14 ± 1.34)%、(355.91 ± 110.32) mmHg,对照组分别为(4.55 ± 1.96)分、(18.60 ± 9.98)分、(98.22 ± 2.41)%、(288.36 ± 129.05) mmHg,观察组上述指标均优于对照组水平,组间差异均具有统计学意义($P < 0.05$);观察组VAP发生率为47.46%,出ICU后1个月死亡率为44.07%,对照组分别为70.69%和75.86%,组间差异均具有统计学意义($P < 0.05$);观察组MV时长为(9.19 ± 5.49) d,总住院时长和ICU停留时间分别为(20.73 ± 10.88) d、(14.93 ± 8.31) d,对照组分别为(12.10 ± 6.35) d、(27.29 ± 19.5) d、(18.79 ± 9.66) d,观察组上述指标时长均明显短于对照组,组间差异均具有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 早期综合肺康复干预能预防MV患者VAP发生,同时还能缩短住院时长、ICU停留时间及MV时长,提高患者存活率及整体预后。

【关键词】 早期肺康复干预; 有创机械通气; 呼吸机相关性肺炎

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.06.014

A preventive effect of early and comprehensive pulmonary rehabilitation on pneumonia associated with invasive mechanical ventilation

Zheng Yueyue, Ni Chaomin, Wu Ming, Zeng Linfang, Huang Lihong, Zhang Yang

Department of Rehabilitation, Southern District Affiliated Provincial Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230000, China

Corresponding author: Ni Chaomin, Email: ahslynm@163.com

【Abstract】 Objective To observe any effect of pulmonary rehabilitation in preventing ventilator-associated pneumonia (VAP) among patients receiving invasive mechanical ventilation (MV). **Methods** A total of 117 adults who had been receiving mechanical ventilation for at least 48 hours were randomly divided into an observation group and a control group. Both groups were given routine drug treatment and nursing, but the observation group also received comprehensive and individualized pulmonary rehabilitation interventions including airway clearance, respiration training, electrical stimulation of the sacral nerve, lung expansion and early mobilization. The main indicators were the incidence of VAP, mortality, MV duration, ICU stay time, and total hospital stay. **Results** At the end of the treatment the average clinical pulmonary infection score, the acute physiology and chronic health evaluation II score, SpO_2 level and oxygenation index of the observation group were all significantly better than those of the control group. The incidence of VAP within one month after leaving the ICU was 47.5% in the observation group and the mortality rate was 44.1%, both significantly lower than in the control group. The average MV duration, total hospitalization time and the ICU stay of the observation group were also significantly shorter than those of the control group. **Conclusion** Early and comprehensive pulmonary rehabilitation can prevent VAP and shorten the length of hospital stays, ICU stays and time on a mechanical ventilator, improving patients' survival chances and prognoses.

【Key words】 Chest physiotherapy; Mechanical ventilation; Ventilator-associated pneumonia; Pneumonia

DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2019.06.014

呼吸机相关性肺炎 (ventilator-associated pneumonia, VAP) 是指患者经气管切开或气管插管行机械通气治疗 ≥ 48 h 或拔管 < 48 h 期间发生的肺部感染, 是最常见的院内感染之一, 也是重症监护病房 (intensive care unit, ICU) 中死亡率最高的院内感染。为了维持患者呼吸、抢救生命, 有创机械通气 (mechanical ventilation, MV) 被普遍应用于 ICU 中, 约 2/3 重症患者都需要呼吸机支持^[1]。ICU 患者病情危重, 为降低机体能量消耗、避免坠床等不良事件发生, 患者往往处于制动或镇静状态, 致使活动减少, 整体心肺功能下降, 呼吸肌得不到有效锻炼, 呼吸功能进行性下降; 同时气管插管和气管切开这种侵入性操作会损害咳嗽反射、破坏气管纤毛黏膜清除系统引起下呼吸道痰液蓄积, 为各种病原菌的定植创造条件, 进而引起 VAP 发生^[2]。VAP 一旦发生, 只能经验性或根据药敏结果使用抗生素, 手段单一且极易使病原菌产生耐药性, 因此针对 VAP 的早期预防具有重要临床意义^[3]。

国外有大量研究证实早期肺康复干预对肺部感染有控制效果, 能降低 VAP 发生^[4-6]。国内鲜见该方面报道, 针对 VAP 的预防仍以临床护理为主。基于此, 本研究在专业康复团队参与及指导下, 对机械通气患者进行早期综合肺康复干预, 并与常规药物治疗及护理患者进行疗效对比, 以了解早期综合肺康复干预能否减少 ICU 中机械通气患者 VAP 发生, 同时观察对重症患者 MV 时长、脱机成功率、ICU 停留时间、住院时间及死亡率的影响。

对象与方法

一、研究对象

选取 2016 年 12 月至 2018 年 4 月期间在安徽医科大学附属省立医院综合 ICU 治疗的 117 例机械通气 (经口插管或气管切开) 患者。患者入选标准包括: ①年龄 ≥ 18 周岁; ②机械通气时间 ≥ 48 h; ③无严重基础肺疾病的脑血管意外、脑外伤、神经肌肉系统疾病、心力衰竭、呼吸衰竭等患者。患者排除标准包括: ①生命体征长期不稳定, 如血氧饱和度 $< 88\%$, 体温 $>$

$38.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或 $< 35.0\text{ }^{\circ}\text{C}$, 血压 $> 160/100\text{ mmHg}$ 或 $< 70/40\text{ mmHg}$, 心率 > 120 次/分或 < 40 次/分; ②有严重颅内感染、颅内压升高; ③近 3 周出现急性心肌梗死或心绞痛; ④妊娠; ⑤严重外伤导致主、被动活动受限, 如车祸、坠楼导致的脊髓损伤、多发性骨折、腹部闭合性损伤引起休克等; ⑥有肺移植病史; ⑦机械通气前已存在严重肺部感染; ⑧近期进行过相关康复训练; ⑨不配合康复训练或依从性较差; ⑩参与其他临床实验等。采用随机数字表法将上述患者分为观察组及对照组, 2 组患者一般资料情况详见表 1, 表中数据经统计学比较, 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

对照组患者给予常规护理并针对原发疾病进行治疗, 如脑外伤患者行营养神经、脱水降颅压, 慢性阻塞性肺疾病急性加重患者给予抗感染治疗, 心力衰竭患者给予强心、扩管、利尿等干预, 护理项目包括定期翻身、拍背、吸痰、会阴擦洗等。观察组患者在上述治疗基础上且生命体征平稳 (呼吸 $12\sim 20$ 次/分, 心率 $60\sim 100$ 次/分, 血压 $90\sim 140/60\sim 80\text{ mmHg}$, 体温 $36\sim 37.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 血氧饱和度 $\geq 88\%$ 视为生命体征平稳) 24 h 后进行早期综合肺康复干预, 具体干预项目包括以下方面。

1. 气道廓清干预: ①叩击及体位引流——根据肺部听诊结果和患者肺部影像学资料确定痰液蓄积部位, 治疗师双手呈杯状对病灶部位进行有节律叩击 $5\sim 10\text{ min}$, 并在该体位下给予患者舒适支撑同时进行体位引流; ②呼气正压干预——选用 Acapella 振动正压通气治疗系统, 选择合适的阻力水平, 嘱患者含住仪器口件, 通过鼻腔自主吸气, 屏气 $2\sim 3\text{ s}$ 后通过口件主动呼气, 尽量使呼气时间延长; 重复呼吸 $10\sim 15$ 次后将口件移开, 让患者尽量练习呵气和 (或) 咳嗽动作, 每练习 10 次呵气或咳嗽动作后暂歇 $10\sim 30\text{ s}$ 再重复以上训练过程, 每次练习 $15\sim 20\text{ min}$; ③咳嗽训练——咳嗽能力较强患者可进行主动泵式咳嗽、连续咳嗽; 对于咳嗽能力弱、近期无腹部手术者, 治疗师可在患者呼气时向上、向后推挤腹部辅助其咳嗽; 近期有腹部手术史

表 1 入选时 2 组患者一般资料情况比较

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x}\pm s$)	性别		气切通气 (例)	有慢性疾病史 (例)	有吸烟史 (例)	动脉血氧分压 (mmHg, $\bar{x}\pm s$)	动脉血 pH 值 ($\bar{x}\pm s$)	GCS 评分 (分, $\bar{x}\pm s$)
			男	女						
观察组	59	58.5±16.6	48	11	19	20	12	206.8±49.5	7.43±0.93	5.81±3.14
对照组	58	60.6±17.9	44	14	16	18	10	119.1±57.5	7.42±0.10	6.24±3.86

组别	例数	WBC 计数 (10^9 个/L, $\bar{x}\pm s$)	PCV (%, $\bar{x}\pm s$)	PLT (10^9 个/L, $\bar{x}\pm s$)	K ⁺ (mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	Na ⁺ (mmol/L, $\bar{x}\pm s$)	肌酐 ($\mu\text{mol/L}$, $\bar{x}\pm s$)	胆红素 ($\mu\text{mol/L}$, $\bar{x}\pm s$)
观察组	59	11.67±4.10	0.34±0.08	173.49±78.84	3.81±0.59	139.40±5.72	83.11±105.29	16.63±9.33
对照组	58	12.46±4.47	0.34±0.09	200.59±100.50	3.92±0.61	137.98±7.40	131.13±192.57	15.63±8.17

注: GCS 为格拉斯哥昏迷量表 (Glasgow coma scale, GCS); WBC 为白细胞计数 (white blood cell, WBC); PCV 为红细胞压积 (packed cell volume, PCV); PLT 为血小板计数 (platelet count, PLT)

者禁止按压腹部,咳嗽训练每天 2 次,每次 10 min,根据患者具体情况灵活选择不同治疗组合^[7]。

2.膈肌电刺激:使用体外膈肌起搏器对患者膈神经进行电刺激,刺激部位为胸锁乳突肌后缘锁骨上方约 4 cm 处,采用双极刺激法,参照电极为阳极,双侧阳极均固定于胸骨柄处,刺激电极为阴极。根据诱发的动作电位幅度调整刺激电极位置以确定最佳刺激点;电刺激采用单次刺激法,刺激波形为方波,刺激持续时间为 0.2 ms,刺激频率为 12~20 次/分,刺激电流强度设定为 25~30 mA,每天治疗 2 次,每次治疗 20 min^[8]。

3.膨肺(呼吸道暂时断开)训练:将人工呼吸囊连接套管口,患者吸气时人工挤压储气囊,膨肺潮气量控制为患者平时的 1.5 倍,挤压频率控制在 10~12 次/分钟,人工呼吸囊送完气后暂停 2 s,患者呼气时将人工呼吸囊以较快速度放开。上述呼吸练习 5 次为 1 组,每次训练 2 组,每天训练 2 次。

4.呼吸功能训练——对于不能配合的患者将盐袋置于其腹部施加一定压力,观察其腹部起伏情况,如起伏良好,则盐袋每次放置 20~30 min,腹部无明显起伏者则暂不训练该项目;能配合的患者可使用呼吸训练器进行训练,每次训练 10~15 min,每天训练 2 次;无法提供呼吸训练器者可在治疗师指导下进行腹式呼吸训练,同时呼吸过程中治疗师用手按住患者腹部施加一定阻力,每次训练 10~15 min,每天训练 2 次。

5.早期活动训练:根据患者意识程度、配合程度、肌力评定情况,早期活动训练可分为 4 个阶段,分别是:①第一阶段——此阶段由于患者昏迷、镇静或其他原因无合作能力,给予被动活动患者四肢、向心性按摩、床头抬高 30°等干预;②第二阶段——该阶段患者可部分配合,肌力达 1~2 级,在治疗师帮助下进行助力活动、向心性按摩、床头抬高 30°等干预;③第三阶段——该阶段患者肌力达 3 级,可完全配合,根据其耐受情况调高床头,配合呼吸进行扩胸运动、肩前屈、外展等上肢活动;坐位平衡达 3 级者可行床边坐、床边踢腿、勾脚等训练;④第四阶段——该阶段患者四肢肌力 ≥4 级,协助患者进行床椅转移、床边站、床旁踏步、躯干灵活性训练等。上述训练均每天 2 次,床头抬高每次持续 30 min,其余活动持续 20 min,在患者能耐受范围内适当缩短或延长训练时间。

三、疗效评定方法

于入组当天及转出 ICU 当天进行疗效评定(每次评定均定于上午 9 点),采用临床肺部感染积分^[9](clinical pulmonary infection score, CPIS)指导抗生素使用及判断肺部感染严重程度,该量表评定项目包括体温、白细胞计数、气管分泌物、氧合情况、X 线胸片、肺部浸润影及气管吸取物培养等,最高分为 12 分,当大于 6 分时可诊断 VAP。采用急性生理及慢性健康状况评分 II (acute physiology and chronic health evaluation II score, APACHE II)评价重症患者疾病严重程度及判断预后,该评分系统包括 13 项急性生理指标(包括体温、呼吸频率、平均动脉压、心率、氧合指数、动脉血 pH 值、钠、钾、肌酐、红细胞压积、白细胞、GCS 评分、碳酸氢根)评分、年龄评分、慢性健康状况评分三部分,总分为 71 分,得分越高表示患者病情越重、预后越差^[10]。采用血氧饱和度监测仪检测患者血氧饱和度(oxygen saturation, SpO₂)及氧合指数, SpO₂ 正常范围为 88%~100%,该值越高表示机体氧利用情况越好,氧合指数正常值为 400~500 mmHg,如氧合指数 < 300 mmHg 则提示肺呼吸功能障碍。本研究脱机成功指标包括:①SpO₂ > 90%,吸氧浓度 ≤ 40%,氧合指数 > 400 mmHg;②呼吸频率 ≤ 35 次/分;③心率 ≤ 140 次/分,收缩压维持 90~160 mmHg 水平。撤机后 48 h 内未出现大范围生命体征波动及呼吸功能下降,直至出 ICU 不再需要机械通气视为脱机成功,如 ICU 住院期间出现二次插管者仍视为脱机失败^[11]。

四、统计学分析

本研究所得计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示,采用 SPSS 20.0 版统计学软件包进行数据分析,计量资料组间比较采用独立样本 *t* 检验,组内比较采用配对样本 *t* 检验,计数资料比较采用 χ^2 检验, *P* < 0.05 表示差异具有统计学意义。

结 果

本研究结果详见表 2,经统计学比较发现,观察组 VAP 发生率、VAP 发病时间、成功脱机患者数量、机械通气时长、ICU 停留时间及总住院时间、出院后 1 个月内死亡率等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)。

表 2 2 组患者 VAP 发生率、MV 时长、脱机情况、死亡率、VAP 出现时间、ICU 停留时间及住院时间比较

组别	例数	VAP 发生率 (%)	脱机成功率 (%)	出 ICU 后 1 个月 死亡率 (%)	VAP 出现时间 ($\bar{d}, \bar{x} \pm s$)	MV 时长 ($\bar{d}, \bar{x} \pm s$)	ICU 停留时间 ($\bar{d}, \bar{x} \pm s$)	住院时间 ($\bar{d}, \bar{x} \pm s$)
观察组	59	47.46 ^a	89.83 ^a	44.07 ^a	4.68 ± 1.36 ^a	9.19 ± 5.49 ^a	14.93 ± 8.31 ^a	20.73 ± 10.88 ^a
对照组	58	70.69	72.41	75.86	3.63 ± 0.95	12.10 ± 6.35	18.79 ± 9.66	27.29 ± 19.5

注:与对照组相同指标比较, ^a*P* < 0.05

表 3 治疗前、后 2 组患者 CPIS、APACHE II 评分、SpO₂ 及氧合指数比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	CPIS 评分(分)	APACHE II 评分(分)	SpO ₂ (%)	氧合指数(mmHg)
观察组					
治疗前	59	5.03±1.39	19.78±6.53	96.41±3.29	224.66±124.40
治疗后	59	2.66±1.15 ^{ab}	14.36±7.75 ^{ab}	99.14±1.34 ^{ab}	355.91±110.32 ^{ab}
对照组					
治疗前	58	5.24±1.32	20.84±7.63	96.96±3.40	236.00±112.96
治疗后	58	4.55±1.96 ^a	18.60±9.98 ^a	98.22±2.41 ^a	288.36±129.05 ^a

注:与组内治疗前比较,^a $P<0.05$;与对照组相同时间点比较,^b $P<0.05$

2 组患者入 ICU 时其 CPIS 评分、APACHE II 评分、SpO₂ 及氧合指数组间差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。从 ICU 转出时 2 组患者 CPIS 评分、APACHE II 评分、SpO₂ 及氧合指数均较治疗前明显改善 ($P<0.05$);并且上述指标均以观察组患者的改善幅度较显著,与对照组间差异均具有统计学意义 ($P<0.05$),具体数据见表 3。

讨 论

机械通气可引起一系列并发症发生,其中 VAP 是死亡率最高的并发症^[12]。本研究所有危重症患者行机械通气至少 48 h,对照组给予 ICU 常规药物治疗及护理,观察组在此基础上给予早期综合肺康复治疗,发现观察组 VAP 发生率明显低于对照组,该结果证实早期综合肺康复干预能在一定程度上降低患者 VAP 发生率;同时本研究还发现观察组总的脱机成功率也高于对照组,且脱机时间更快。

Wright 等^[13]近期一项研究表明,早期肺康复之所以能减少 VAP 发生,是因为肺康复干预可提高患者脱机成功率,减少患者机械通气时间。大部分长期卧床患者,尤其是脑损伤患者,其中枢神经系统受损导致呼吸调节能力下降,呼吸肌力减弱,引起呼吸肌萎缩,进而诱发呼吸机依赖、导致脱机困难^[14]。长期连接呼吸机时在气管插管影响下,患者痰液排出困难,口咽分泌物误吸,引起痰液蓄积,口咽定植菌进入肺部,从而导致 VAP 发生。有效的气道廓清操作能帮助患者清理呼吸道分泌物,减少痰液中细菌滞留^[7]。在 ICU 中为了减少患者消耗,多数患者都处于镇静、制动状态,此时患者基础代谢率和耗氧量降低,可保存患者能量。但长期制动会导致肌肉蛋白合成减少、肌肉分解增加,同时还会损伤微血管功能,从而影响神经及肌肉营养供应,导致废用性肌萎缩等神经肌肉功能障碍^[15]。大量研究发现,早期主动或被动活动均可增加骨骼肌肌力、重新激活细胞信号传导,增强骨骼肌细胞抗氧化能力,提高整体心肺功能,改善肺活量^[16]。呼吸训练是专门针对呼吸肌功能的训练,能缓解呼吸肌萎缩,增强呼吸肌肌

力。体外膈肌起搏器能通过电刺激激活膈神经引起膈肌收缩,增加肺内气体交换,调节呼吸节律^[8];同时还能在一定程度上缓解因机械通气造成的膈肌废用性萎缩^[17]。以上一系列肺康复干预能有效锻炼呼吸肌力量,调节呼吸节律,提高心肺功能,从而帮助患者早日脱机,从根本上解除气管插管这一诱发因素,减少 VAP 发生。

CPIS 评分由 Pugin 等^[9]提出,该评分系统基于患者临床表现、影像学及微生物学检查结果,主要用于诊断肺炎并评估其感染程度,得分越高表明患者肺部感染越严重。APACHE II 评分是评估重症患者疾病严重程度及预后的指标,该评分系统综合分析了患者急性生理指标、慢性疾病情况以及年龄等因素的影响,得分越高表示患者病情越重、预后越差^[11]。本研究观察组患者出 ICU 时其 CPIS 和 APACHE II 评分均明显优于对照组;氧合指数及 SpO₂ 这 2 项反映氧利用情况的指标较对照组明显改善;同时观察组患者 MV 时长、ICU 停留时间、总住院时长以及出院后 1 个月内死亡率均显著优于对照组。上述结果与 Engel 等^[18]报道结果基本一致,进一步证实早期肺康复干预能改善 MV 患者整体预后及短期结局,帮助患者早日回归家庭和社会。VAP 根据发病时间分为迟发型和早发型,以机械通气开始后第 5 天为界,早发型 VAP 患者机械通气时间 ≤ 5 d,通常与内源性社区获得性病原体(如金黄色葡萄球菌、肺炎链球菌和流感嗜血杆菌等)、气管内插管以及意识障碍等因素有关;迟发性 VAP 患者机械通气时间 >5 d,大部分是由吸入含有潜在耐药性院内病原体的口咽或胃分泌物引起,故 VAP 出现越早提示患者预后越差^[19]。本研究发现观察组 VAP 发病时间明显晚于对照组,进一步说明早期肺康复治疗对患者预后改善具有显著促进作用。

综上所述,本研究结果表明,早期综合肺康复干预(包括气道廓清技术、早期活动、物理因子治疗、呼吸训练等)可降低 MV 患者 VAP 发生率,提高患者短期生存率和预后。需要指出的是,本研究还存在诸多不足,如样本量偏少、疗效观察时间偏短等,将在

后续研究针对上述问题进一步完善。

参 考 文 献

- [1] Perkins GD, Mistry D, Gates S, et al. Effect of protocolized weaning with early extubation to noninvasive ventilation vs invasive weaning on time to liberation from mechanical ventilation among patients with respiratory failure: the breathe randomized clinical trial [J]. JAMA, 2018, 320(18): 1881-1888. DOI: 10.1001/jama.2018.13763.
- [2] Kalil AC, Metersky ML, Klompas M, et al. Executive summary: management of adults with hospital-acquired and ventilator-associated pneumonia: 2016 clinical practice guidelines by the Infectious Diseases Society of America and the American Thoracic Society [J]. Clin Infect Dis, 2016, 63(5): 575-582. DOI: 10.1093/cid/ciw504.
- [3] 瞿介明, 施毅. 中国成人医院获得性肺炎与呼吸机相关性肺炎诊断和治疗指南 (2018 年版) 的更新与解读 [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2018, 41(4): 244-246. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2018.04.002.
- [4] Pattanshetty RB, Gaude GS. Effect of multimodality chest physiotherapy in prevention of ventilator-associated pneumonia: a randomized clinical trial [J]. Indian J Crit Care Med, 2010, 14(2): 70-76. DOI: 10.4103/0972-5229.68218.
- [5] Nery Borges P, Snider L, Camelo JS, et al. The role of rehabilitation specialists in Canadian NICUs: a 21st century perspective [J]. Phys Occup Ther Pediatr, 2018, 39(1): 33-47. DOI: 10.1080/01942638.2018.1490846.
- [6] Wang TH, Wu CP. Chest physiotherapy with early mobilization may improve extubation outcome in critically ill patients in the intensive care units [J]. Clin Respir J, 2018, 12(11): 2613-2621. DOI: 10.1111/crj.12965.
- [7] Ntoumenopoulos G, Hammond N, Watts NR, et al. Secretion clearance strategies in Australian and New Zealand intensive care units [J]. Aust Crit Care, 2018, 31(4): 191-196. DOI: 10.1016/j.aucc.2017.06.002.
- [8] 王志威, 黄怀. 体外膈肌起搏器在脑卒中后肺康复中的应用进展 [J]. 中华生物医学工程杂志, 2017, 23(1): 350-351. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-1927.2017.01.019.
- [9] Pugin J. Clinical signs and scores for the diagnosis of ventilator-associated pneumonia [J]. Minerva Anesthesiol, 2002, 68(4): 261-265.
- [10] Darrabie MD, Cheeseman J, Limkakeng AT, et al. Toll-like receptor activation as a biomarker in traumatically injured patients [J]. J Surg Res, 2018, 231: 270-277. DOI: 10.1016/j.jss.2018.05.059.
- [11] Dres M, Goligher EC, Dubé BP, et al. Diaphragm function and weaning from mechanical ventilation: an ultrasound and phrenic nerve stimulation clinical study [J]. Ann Intensive Care, 2018, 8(1): 53. DOI: 10.1186/s13613-018-0401-y.
- [12] Bissett B, Leditschke IA. Specific inspiratory muscle training is safe in selected patients who are ventilator-dependent: a case series [J]. Intensive Crit Care Nurs, 2012, 28(2): 98-104. DOI: 10.1016/j.iccn.2012.01.003.
- [13] Wright SE, Thomas K, Watson G, et al. Intensive versus standard physical rehabilitation therapy in the critically ill (EPICC): a multicentre, parallel-group, randomized controlled trial [J]. Thorax, 2018, 73(3): 213-221. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2016-209858.
- [14] Magalhaes PAF, Camillo CA, Langer D, et al. Weaning failure and respiratory muscle function: What has been done and what can be improved? [J]. Respir Med, 2018, 134: 54-61. DOI: 10.1016/j.rmed.2017.11.023.
- [15] Stevens RD, Dowdy DW, Michaels RK, et al. Neuromuscular dysfunction acquired illness: a systematic review [J]. Intensive Care Med, 2007, 33(11): 1876-1891. DOI: 10.1007/s00134-007-0772-2.
- [16] Gomez-Cabrera MC, Domenech E. Moderate exercise is an antioxidant: upregulation of antioxidant genes by training [J]. Free Radic Biol Med, 2008, 44(2): 126-131. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2007.02.001.
- [17] 安广浩, 陈森, 詹文锋, 等. 电刺激膈神经逆转机械通气诱导膈肌功能不全影响的研究 [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2018, 41(2): 111-115. DOI: 10.3760/cma.j.issn.100143939.2018.02.008.
- [18] Engel HJ, Tatebe S, Alonzo PB, et al. Physical therapist-established intensive care unit early mobilization program: quality improvement project for critical care at the University of California San Francisco Medical Center [J]. Phys Ther, 2013, 93(7): 975-985. DOI: 10.2522/ptj.20110420.
- [19] Klompas M. Potential strategies to prevent ventilator-associated events [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2015, 192(12): 1420-1430. DOI: 10.1164/rccm.201506-1161CI.

(修回日期: 2019-04-29)

(本文编辑: 易 浩)