

综述

急性颈脊髓损伤患者的呼吸管理研究现状

Specialized respiratory management for individuals with acute cervical spinal cord injuries

高朝娜¹, 郭锦丽², 程向丽², 段俊芳²

(1 山西医科大学 030001 太原市; 2 山西医科大学第二医院 030001 太原市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2018.07.14

中图分类号: R605 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2018)-07-0658-05

随着工业化进程的加快, 交通事故、高处坠落等意外伤害的发生率逐年攀升, 创伤性脊髓损伤逐渐成为现代社会中一类常见的疾病, 其中颈脊髓损伤(cervical spinal cord injury, CSCI)的发病率和死亡率最高。据文献^[1-2]报道, 呼吸功能障碍是急性期 CSCI 死亡的最主要原因, 也是造成患者住院时间延长、花费增加的重要因素。急性期患者中约有 2/3 出现呼吸系统并发症, 以肺不张、肺炎和呼吸衰竭最为常见。目前 CSCI 呼吸治疗方面的研究缺乏, 许多治疗措施的证据尚不充分。笔者在回顾国内外相关文献基础上, 结合临床实际, 对急性 CSCI 患者的呼吸管理做一综述。

1 CSCI 对呼吸的影响

CSCI 导致受累神经支配区域的运动、感觉及自主神

经功能障碍, 其引起的呼吸肌麻痹和气道分泌物增多是呼吸功能障碍发生的根本原因。呼吸功能障碍与 CSCI 节段和损伤程度密切相关, 明确颈髓损伤的位置和严重程度有利于初步评估呼吸功能。吸气肌以膈肌为主, 膈肌由膈神经(起自 C3~5)支配。C5 以上完全性损伤[美国脊髓损伤协会(American Spinal Injury Association, ASIA)损伤分级 A 级]时, 膈肌的力量和耐力严重下降, 肺通气减少, 部分肺泡萎陷不张, 患者往往难以维持自主呼吸, 需进行机械通气, 且容易产生呼吸机依赖。呼气肌以腹肌为主, 支配呼气肌的神经多数起自 C8 以下, 颈髓各节段严重损伤(ASIA A~B 级)时, 均可出现明显的咳嗽无力^[3,4]。外伤及手术后 1 周内, 由于脊髓水肿, 呼吸受限较明显; 随着压力解除、水肿消退, 呼吸功能逐渐趋于稳定并可能部分恢复, 此时分泌物潴留和肺不张仍普遍存在, 肺部感染成为引起呼吸衰竭的主要病因^[4]。

2 呼吸功能的评估

2.1 呼吸形式评估

观察患者的呼吸形式, 如胸式呼吸消失、腹肌瘫软,

第一作者简介: 女(1982-), 在读研究生, 主管护师, 研究方向: 临床护理、呼吸治疗
电话: (0351)3362531 E-mail: gaochaona123@163.com
通讯作者: 郭锦丽 E-mail: gjlgbd@126.com

46. Glennie RA, Dea N, Kwon BK, et al. Early clinical results with cortically based pedicle screw trajectory for fusion of the degenerative lumbar spine[J]. J Clin Neurosci, 2015, 22(6): 972-975.
47. Snyder LA, Martinez-Del-Campo E, Neal MT, et al. Lumbar spinal fixation with cortical bone trajectory pedicle screws in 79 patients with degenerative disease: perioperative outcomes and complications[J]. World Neurosurg, 2016, 88: 205-213.
48. Ninomiya K, Iwatsuki K, Ohnishi Y, et al. Clear zone formation around screws in the early postoperative stages after posterior lumbar fusion using the cortical bone trajectory technique[J]. Asian Spine J, 2015, 9(6): 884-888.
49. Cheng WK, Akpolat YT, Inceoglu S, et al. Pars and pedicle fracture and screw loosening associated with cortical bone trajectory: a case series and proposed mechanism through a

cadaveric study[J]. Spine J, 2016, 16(2): e59-65.

50. Akpolat YT, Inceoglu S, Kinne N, et al. Fatigue performance of cortical bone trajectory screw compared with standard trajectory pedicle screw[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2016, 41(6): E335-341.
51. Matsukawa K, Yato Y, Imabayashi H, et al. Biomechanical evaluation of the fixation strength of lumbar pedicle screws using cortical bone trajectory: a finite element study [J]. J Neurosurg Spine, 2015, 23(4): 471-478.
52. Mobbs RJ. Differences in bone mineral density between cortical bone trajectory and traditional lumbar pedicle screws: commentary[J]. Spine J, 2016, 16(7): 842.

(收稿日期: 2018-05-11 修回日期: 2018-06-27)

(本文编辑 李伟霞)

提示肋间肌和腹肌无力,并可出现胸壁“矛盾运动”,即:吸气时膈肌收缩腹部向外膨隆,胸壁被动向内塌陷;呼气时膈肌舒张,胸壁扩张^[5]。“矛盾运动”使呼吸功耗和膈肌无效收缩增加,使患者极易发生呼吸肌疲劳。

2.2 呼吸参数评估

CSCI 急性期常规心电监护可及时发现呼吸频率和 SpO_2 变化;但 SpO_2 变化对肺通气变化不敏感,仅关注 SpO_2 变化易忽略肺通气不足,应定期复查动脉血气分析。由于动脉血气分析为有创性检查,国外目前将床旁肺功能监测作为无创动态评估急性 CSCI 肺功能变化的重要手段,CSCI 患者主要表现为限制性通气障碍,肺活量、用力肺活量、1 秒用力呼气量显著降低,呼气峰流速、最大吸气压/呼气压下降,残气量增加,用力肺活量、1 秒用力呼气量常低于预测值的 50%^[4]。建议将有创与无创指标结合, SpO_2 、 PO_2 及用力肺活量、呼气峰流速下降, PCO_2 升高时,应警惕呼吸功能恶化。

2.3 咳嗽能力评估

咳嗽能力是评价呼气肌力量和能否有效清除气道分泌物的主要方式,一般指导患者主动咳嗽,观察咳嗽运动。进行定量测试时可使用峰流速仪,咳嗽峰流速 $<270\text{L/min}$ 提示咳嗽无力,需要辅助分泌物清除^[6]。

3 物理治疗

3.1 体位与腹带

有研究显示^[7],CSCI 患者平卧位较坐位时用力肺活量、1 秒用力呼气量明显增加,伤后 1 周内宜取平卧位;坐位时,如腹肌瘫软,使用腹带可减轻腹腔内容物对膈肌的牵拉,提高通气效率。Wadsworth 等^[8]对 CSCI 后使用腹带的随机交叉、自身对照研究进行系统评价显示,腹带可以增加肺活量,但同时也使肺总量、功能残气量降低,可能与腹内压增加限制了膈肌运动有关。但笔者认为,其纳入的研究病例数少、质量较低,患者能否从腹带中获益尚待进一步研究。

3.2 膨肺技术

肺不张患者可采用自主和球囊膨肺技术促进肺泡复张。呼吸功能稳定者可每日进行深呼吸或舌咽式呼吸训练。舌咽式呼吸(glossopharyngeal breathing)又称“蛙式呼吸”,指患者吸气后,再通过反复多次口腔及咽喉部运动,分次将小口的空气挤压至肺内,借助舌咽部运动,使肺容积增加^[9,10]。

传统的球囊膨肺技术是使用简易呼吸器,通过口含嘴、面罩或人工气道,在患者吸气时以大于基础值 50% 的气体量或不超过 $40\text{cmH}_2\text{O}$ ($1\text{cmH}_2\text{O}=0.098\text{kPa}$) 的压力,缓慢挤压球囊,吸气末屏气 2s 后呼气。使用吸气叠加(air stacking) 技术可进一步增加肺容积,即通过数次挤压球囊,挤压间期嘱患者屏气,吸气流叠加直至气道压力达 $40\text{cmH}_2\text{O}$ 后呼气^[11]。球囊膨肺可促使肺泡复张,提高肺的顺应性和氧合功能,促进分泌物排出^[12]。然而,该技术如应用

不当可能引起肺损伤,因此应由专业人员进行,并与患者的呼吸运动密切配合。有研究显示^[13],球囊膨肺时气道压力小于 $40\text{cmH}_2\text{O}$ 不增加肺损伤的风险。目前,舌咽式呼吸和吸气叠加技术在国内鲜有报道,可作为今后研究的方向。

3.3 分泌物清除

气道分泌物潴留是多数 CSCI 患者面临的共同问题,对咳嗽无力患者实施早期辅助排痰是呼吸管理的关键。

3.3.1 基础物理治疗 入院之初即开始教会患者有效咳嗽的方法,并早期进行气道湿温化、胸部叩击、体位引流等,以使痰液稀释、松动、易于咳出。

3.3.2 手法辅助咳痰 患者自主咳痰困难时通过医师手法施加外力,模拟胸腔压力变化,可提高咳嗽流速,促进排痰。具体方法为:使患者处于平卧位或床头略抬高,操作者双手置于患者双侧肋缘下;患者用力吸气(或使用舌咽式呼吸)至最大肺容积后屏气,听到指令后用力咳嗽,操作者同时向内向上施压帮助分泌物冲出;也可由另一助手同时向内挤压胸壁。该技术应用恰当,可产生有效的排痰^[14]。但在实际操作中,操作者的经验欠缺往往影响排痰效果,故应由经过专业培训的呼吸治疗师进行。

3.3.3 机械辅助咳痰 机械性吸-呼气技术(mechanical in-exsufflation, MIE)是帮助咳嗽无力患者排痰的最有效措施之一,其原理是模拟正常的咳嗽机制,吸气时输送气流产生正压,使肺泡扩张,并于吸气末屏气后迅速转为负压,快速的压力转换产生高速的呼气气流,将分泌物冲出。Kim 等^[15]的随机交叉对照研究显示,与无辅助咳痰 ($95.7\pm 40.5\text{L/min}$) 相比, MIE ($177.2\pm 33.9\text{L/min}$) 和 MIE 配合手法辅助排痰 ($202.4\pm 46.6\text{L/min}$) 可显著提高呼气肌无力患者的咳嗽峰流速。MIE 在 CSCI 患者清除气道分泌物和改善肺功能方面亦有显著的效果^[16,17],但是快速压力变化是否会对组织产生机械性损伤尚不清楚。目前,关于 MIE 的不良事件的报道较少, Suri 等^[18]认为,保持压力在 $-40\sim 40\text{cmH}_2\text{O}$,可有效排痰,且不增加气胸的风险;但肺损伤风险、严重凝血功能异常者禁用。其他机械性辅助排痰方式如胸壁震动、肺内叩击通气法也有助于分泌物清除^[19]。

3.3.4 气道内吸痰 辅助咳痰无效或建立人工气道后可采用负压导管和纤维支气管镜吸痰。研究^[20,21]显示,吸痰是 CSCI 患者急性期心动过缓和心跳停止的重要原因,可能与交感神经受累,迷走神经张力增加有关。气管内吸痰时应采用浅部吸痰法(吸痰管插入深度为气管导管长度加附加装置长度),并注意减少对气道黏膜的刺激^[22]。未建立人工气道者,负压吸痰效果往往不理想,且容易引起上呼吸道损伤和患者的恐惧,可使用纤维支气管镜辅助吸痰。

胸部物理治疗和辅助咳嗽技术如应用得当,可产生满意的排痰效果,故除紧急纠正低氧血症外,不建议将吸痰管或纤维支气管镜吸痰作为无人工气道者清除气道分泌物的首选途径。

3.4 呼吸肌功能训练

残存呼吸肌(尤其膈肌)功能的保护和增强是呼吸治疗的重要内容。多项研究及系统评价显示^[23, 24, 25],呼吸肌功能训练可有效提高肺容积和呼吸肌力量,缩短机械通气时间。建议呼吸功能稳定的患者(尤其机械通气撤机阶段)进行呼吸功能训练,如腹式呼吸、膈肌抗阻练习、缩唇呼吸、腹肌训练等,但应注意循序渐进,警惕过度锻炼加重呼吸肌疲劳^[26]。

4 机械通气技术

呼吸衰竭是急性 CSCI 最严重的呼吸并发症,也是外伤现场和院内死亡的直接原因,机械通气(mechanical ventilation, MV) 技术是治疗和抢救呼吸衰竭的最有效手段,分为无创机械通气和有创机械通气。

4.1 无创 MV

近年来,无创 MV 的临床应用日渐普及,但受到诸多因素(如头面部损伤、颈部制动、腹胀等)的影响,使无创 MV 在急性 CSCI 中的应用受到很大的限制。Bach 等^[27]、Kim 等^[28]研究认为将无创 MV 与 MIE 联合应用,弥补呼气肌和呼气肌力量不足,有助于减少气管插管率并辅助拔管。当患者吸气无力或呼吸功能指标进行性恶化时可尝试无创 MV;但应注意的是,无创 MV 可能加重排痰困难,且肢体瘫痪者常因难以表达不适而出现恐惧、烦躁。因此,应严格评估适应证,并由专业人员进行床旁管理。若病情无好转或出现恶化、意识不清、分泌物难以排出,则提示无创 MV 失败,需尽早行有创 MV。

4.2 有创 MV

有创 MV 是维持呼吸衰竭患者肺的通气和氧合功能、缓解呼吸肌疲劳的主要手段。当出现严重的呼吸衰竭时,急救性气管插管会显著增加缺氧、心跳骤停、医源性 CSCI 的风险^[29]。因此,应预先评估患者病情,有计划地进行气管插管或气管切开。呼吸浅快,动脉血气分析提示 PCO_2 进行性增加, PO_2 逐渐下降,肺活量降至 15ml/kg 以下,最大吸气负压 $<20cmH_2O$ 时,提示呼吸衰竭风险较大,应尽早考虑有创 MV^[30]。

4.2.1 人工气道 严重呼吸衰竭时人工气道首选气管插管,插管时使用纤维支气管镜辅助有助于提高插管成功率和减少医源性损伤^[29]。长期气管插管可造成上呼吸道和声门损伤;气管切开使患者更舒适,吸痰更有效,并可缩短镇静时间、方便尽早开始撤机试验。一般气管插管超过 2 周不能拔除时,应进行气管切开。多项研究^[31, 32]显示,早期(1 周以内)气管切开可以缩短 MV 时间和降低死亡率;但是 Kornblith 等^[33]的一项多中心回顾性研究发现,高达 84.2% 的急性 CSCI 患者可以成功拔除气管插管而免于气管切开,且早期气管切开并未缩短 MV 时间,反而可能增加呼吸机相关性肺炎和呼吸机依赖的风险。该研究提示恰当的呼吸管理和积极的拔管努力可能提高成功拔管的机率,这可为将来的临床研究提供信心和方向。

目前 CSCI 人工气道的选择时机存在较大争议,因此

应综合考虑患者置管的紧迫性、CSCI 的节段和程度、手术需求、合并症等;对于以下患者,建议早期气管切开:C4 以上完全性损伤;年龄 >45 岁;合并严重胸部损伤;大量气道分泌物清除困难;3 次及以上气管插管拔管失败;既往严重肺病史;意识不清^[30]。

4.2.2 模式与参数 有创 MV 初始时宜选择控制通气模式,以保证充足的通气与氧合,使呼吸肌得以休息。膈肌萎缩是导致长期呼吸机依赖的一个重要因素^[34]。因此应避免长时间镇静和控制通气,一旦生命体征稳定,血气分析指标好转,即开始尝试使用同步间歇指令通气和压力支持通气模式,以避免膈肌失用性萎缩。

急性 CSCI 机械通气参数方面的研究较缺乏,目前多采用高于常规潮气量的通气策略。Peterson 等^[35]的回顾性研究发现,大潮气量组($>20ml/kg$)比小潮气量组($<20ml/kg$)撤机时间更短,肺不张及其他并发症的发生率更低,可能与大潮气量促进肺泡复张和肺泡表面活性物质的产生有关。但是 Fenton 等^[36]的小型 RCT 研究发现,大潮气量($20ml/kg$)与常规潮气量($10ml/kg$)在撤机时间上没有差别,肺损伤的风险也无明显增加。建议 MV 时,可选择潮气量 10~15ml/kg,平台压 $<35\sim40cmH_2O$ ^[37];如需使用大潮气量方案,可逐渐增加吸入潮气量和气体流速,并注意避免呼吸性碱中毒。MV 期间,可间断使用叹气(sign)功能进行肺治疗。对于合并胸部损伤或急性呼吸窘迫综合征的患者,应积极实施肺保护通气策略。

4.2.3 撤机与拔管 撤机与拔管是急性 CSCI 机械通气管理中的难点,也是决定患者住院时间和生存质量的关键。一旦低氧、酸中毒、感染、呼吸肌疲劳得到纠正,患者意识清楚、有自主呼吸、血气分析基本正常、生命体征稳定,应尽早实施撤机计划。

撤机时建议使用压力支持通气模式逐渐降低支持条件或 T 管进行间断脱机试验。对于 CSCI 患者,T 管试验更有利于逐渐脱离呼吸机进行呼吸肌功能锻炼^[38]。T 管间断脱机试验方法为:初次脱机时,吸入氧浓度应较呼吸机增加 10%,每小时脱机 5min,并逐渐延长脱机时间,两次间隔不小于 2h;持续脱机超过 48h,可考虑完全撤离呼吸机。

患者满足以下条件时,可考虑拔管:无手术需求;血流动力学稳定,无发热;呼吸平稳,吸入空气状态下 $SpO_2>95\%$, PCO_2 正常;影像学检查提示肺膨胀良好,炎症消除;气道分泌物减少或能自行排痰(咳嗽峰流速 $>160L/min$ ^[6]);无胸部物理治疗禁忌^[39]。

排痰困难为拔管后再插管的主要原因,使用无创 MV 和 MIE 有利于避免再次插管^[29]。对于撤机困难的患者,新技术如膈肌电磁刺激、膈神经起搏等技术可能帮助撤机。

此外,重症急性 CSCI 患者常伴有全身多脏器功能障碍,因此还应加强液体管理、积极预防深静脉血栓和胃内容物返流,以免发生肺水肿、肺栓塞和肺部感染。值得注意的是,在有效的颈椎固定前,所有干预措施的前提均是保证脊柱稳定。

5 小结

目前我国呼吸治疗专业发展滞后, 大多数医院无专业的呼吸治疗师, 呼吸管理依靠医生和护士共同负责^[39]。CSCI 患者呼吸功能障碍的特殊性, 使呼吸物理治疗在康复过程中占据重要地位。然而, 目前 CSCI 呼吸管理方面研究较缺乏, 且多以回顾性分析和小型实验研究为主。虽然已有指南推荐^[40], 但证据水平普遍较低。较为肯定的是, 对 CSCI 患者进行集中管理, 早期给予呼吸干预, 可显著减少并发症, 缩短 MV 和人工气道的留置时间^[41, 42]。我们期待与同行一道关注 CSCI 患者呼吸道分泌物清除、呼吸肌功能锻炼、人工气道和机械通气管理等方面的问题, 设计一些大样本的实验研究, 为临床治疗和护理提供依据。

6 参考文献

- Winslow C, Bode RK, Felton D, et al. Impact of respiratory complications on length of stay and hospital costs in acute cervical spine injury[J]. *Chest*, 2002, 121(5): 1548-1554.
- Savic G, Devivo MJ, Frankel HL, et al. Causes of death after traumatic spinal cord injury—a 70-year British study [J]. *Spinal Cord*, 2017, 55(10): 891-897.
- 胥少汀, 郭世绂. 脊髓损伤基础与临床[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2012. 126-127.
- Schilero GJ, Spungen AM, Bauman WA, et al. Pulmonary function and spinal cord injury [J]. *Respir Physiol Neurobiol*, 2009, 166(3): 129-141.
- Terson de Paleville DG, McKay WB, Folz RJ, et al. Respiratory motor control disrupted by spinal cord injury: mechanisms, evaluation, and restoration[J]. *Transl Stroke Res*, 2011, 2(4): 463-473.
- Tzeng AC, Bach JR. Prevention of pulmonary morbidity for patients with neuromuscular disease[J]. *Chest*, 2000, 118(5): 1390-1396.
- Berlowitz DJ, Wadsworth B, Ross J. Respiratory problems and management in people with spinal cord injury [J]. *Breathe*, 2016, 12(4): 328-340.
- Wadsworth BM, Haines TP, Cornwell PL, et al. Abdominal binder use in people with spinal cord injuries: a systematic review and meta-analysis[J]. *Spinal Cord*, 2009, 47(4): 274-285.
- Nygren-Bonnier M, Wahman K, Lindholm P, et al. Glossopharyngeal pistoning for lung insufflation in patients with cervical spinal cord injury[J]. *Spinal Cord*, 2009, 47(5): 418-422.
- Nygren-Bonnier M, Schiffer TA, Lindholm P. Acute effects of glossopharyngeal insufflation in people with cervical spinal cord injury[J]. *J Spinal Cord Med*, 2018, 41(1): 85-90.
- Torres-Castro R, Vilaró J, Vera-Urbe R, et al. Use of air stacking and abdominal compression for cough assistance in people with complete tetraplegia[J]. *Spinal Cord*, 2014, 52(5): 354-357.
- Hodgson C, Denchy L, Ntoumenopoulos G, et al. An investigation of the early effects of manual lung hyperinflation in critically ill patients[J]. *Anaesth Intensive Care*, 2000, 28(3): 255-261.
- Ortiz Tde A, Forti G, Volpe MS, et al. Experimental study on the efficiency and safety of the manual hyperinflation maneuver as a secretion clearance technique [J]. *J Bras Pneumol*, 2013, 39(2): 205-213.
- Sivasothy P, Brown L, Smith IE, et al. Effect of manually assisted cough and mechanical insufflation on cough flow of normal subjects, patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and patients with respiratory muscle weakness[J]. *Thorax*, 2001, 56(6): 438-444.
- Kim SM, Choi WA, Won YH, et al. A comparison of cough assistance techniques in patients with respiratory muscle weakness[J]. *Yonsei Med J*, 2016, 57(6): 1488-1493.
- Reid WD, Brown JA, Konnyu KJ, et al. Physiotherapy secretion removal techniques in people with spinal cord injury: a systematic review[J]. *J Spinal Cord Med*, 2010, 33(4): 353-370.
- 岳伟岗, 张志刚, 马芳丽, 等. 咳嗽辅助仪用于清理神经肌肉疾病合并呼吸功能不全患者气道分泌物的临床疗效[J]. *中国呼吸与危重监护杂志*, 2014, 13(6): 588-590.
- Suri P, Burns SP, Bach JR. Pneumothorax associated with mechanical insufflation-exsufflation and related factors[J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 2008, 87(11): 951-955.
- Wong SL, Shem K, Crew J. Specialized respiratory management for acute cervical spinal cord injury: a retrospective analysis[J]. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*, 2012, 18(4): 283-290.
- Hector SM, Biering-Sørensen T, Krassioukov A, et al. Cardiac arrhythmias associated with spinal cord injury [J]. *J Spinal Cord Med*, 2013, 36(6): 591-599.
- Manogue M, Hirsh DS, Lloyd M. Cardiac electrophysiology of patients with spinal cord injury[J]. *Heart Rhythm*, 2017, 14(6): 920-927.
- American Association for Respiratory Care. AARC clinical practice guidelines. Endotracheal suctioning of mechanically ventilated patients with artificial airways 2010 [J]. *Respir Care*, 2010, 55(6): 758-764.
- Berlowitz DJ, Tamplin J. Respiratory muscle training for cervical spinal cord injury [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2013, 7: CD008507.
- Mueller G, Hopman MT, Perret C. Comparison of respiratory muscle training methods in individuals with motor complete tetraplegia[J]. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*, 2012, 18(2): 118-121.
- Tamplin J, Berlowitz DJ. A systematic review and meta-analysis of the effects of respiratory muscle training on pulmonary function in tetraplegia[J]. *Spinal Cord*, 2014, 52(3): 175-180.

26. McDonald T, Stiller K. Inspiratory muscle training is feasible and safe for patients with acute spinal cord injury [J]. *J Spinal Cord Med*, 2018(1): 1–8.
27. Bach JR. Noninvasive respiratory management of high level spinal cord injury[J]. *J Spinal Cord Med*, 2012, 35(2): 72–80.
28. Kim DH, Kang SW, Choi WA, et al. Successful tracheostomy decannulation after complete or sensory incomplete cervical spinal cord injury[J]. *Spinal Cord*, 2017, 55(6): 601–605.
29. Austin N, Krishnamoorthy V, Dagal A. Airway management in cervical spine injury[J]. *Int J Crit Illn Inj Sci*, 2014, 4 (1): 50–56.
30. Vázquez RG, Sedes PR, Farina MM, et al. Respiratory management in the patient with spinal cord injury [J]. *Biomed Res Int*, 2013: 168757.
31. Guirgis AH, Menon VK, Suri N, et al. Early versus late tracheostomy for patients with high and low cervical spinal cord injuries[J]. *Sultan Qaboos Univ Med J*, 2016, 16(4): e458–e463.
32. Flanagan C, Childs BR, Moore TA, et al. Early tracheostomy in patients with traumatic cervical spinal cord injury appears safe and may improve outcomes[J]. *Spine*, 2017, 27. doi: 10.1097.
33. Kornblith LZ, Kutcher ME, Callcut RA, et al. Mechanical ventilation weaning and extubation after spinal cord injury: a western trauma association multicenter study [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2013, 75(6): 1060–1069.
34. Petrof BJ, Hussain SN. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction: what have we learned?[J]. *Curr Opin Crit Care*, 2016, 22(1): 67–72.
35. Peterson WP, Barbalata L, Brooks CA, et al. The effect of tidal volumes on the time to wean persons with high tetraplegia from ventilators [J]. *Spinal Cord*, 1999, 37 (4): 284–288.
36. Fenton JJ, Warner ML, Lammertse D, et al. A comparison of high vs standard tidal volumes in ventilator weaning for individuals with sub-acute spinal cord injuries: a site-specific randomized clinical trial[J]. *Spinal Cord*, 2016, 54(3): 234–238.
37. Atito-Narh E, Pieri-Davies S, Watt JWH. Slow ventilator weaning after cervical spinal cord injury [J]. *Br J Intensive Care*, 2008, 18(3): 95–103.
38. Peterson W, Charlifue W, Gerhart A, et al. Two methods of weaning persons with quadriplegia from mechanical ventilators[J]. *Paraplegia*, 1994, 32(2): 98–103.
39. 王辰. 呼吸治疗教程[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010. 1–7.
40. Consortium for Spinal Cord Medicine. Respiratory management following spinal cord injury: a clinical practice guideline for health-care professionals[J]. *J Spinal Cord Med*, 2005, 28(3): 259–293.
41. Zakrasek EC, Nielson JL, Kosarchuk JJ. Pulmonary outcomes following specialized respiratory management for acute cervical spinal cord injury: a retrospective analysis [J]. *Spinal Cord*, 2017, 55(6): 559–565.
42. Richard-Denis A, Feldman D, Thompson C, et al. The impact of a specialized spinal cord injury center as compared with non-specialized centers on the acute respiratory management of patients with complete tetraplegia: an observational study[J]. *Spinal Cord*, 2018, 56(2): 142–150.
- (收稿日期:2018-03-01 末次修回日期:2018-05-27)
(本文编辑 姜雅浩)