

膈肌功能评估在撤机中的指导意义

罗杰英 韩小彤 樊麦英 文辉 徐静 裴艳芳 黄莹

410005 湖南长沙,湖南省人民医院(湖南师范大学第一附属医院)急诊科

通讯作者:韩小彤,Email:74953695@qq.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.11.016

【摘要】 膈肌功能障碍临床较常见,也是常常被临床医师忽略的导致机械通气(MV)撤机失败的重要原因。撤机时评估膈肌功能可以早期发现和预防撤机失败,从而改善 MV 患者的临床结局。回顾膈肌功能评估用于撤机的研究发现,撤机中评估膈肌功能可指导撤机。膈肌功能相关撤机预测指标包括压力指标、电生理指标、形态学指标等,其中床旁超声作为形态学指标,在重症加强治疗病房(ICU)应用广泛,具有简单、无创、易操作的优点,在评估膈肌功能指导撤机上准确性高,值得临床推广应用。

【关键词】 膈肌功能障碍; 机械通气; 撤机; 预测指标

基金项目: 湖南省科技计划项目(2015SK20405)

Guiding significance of diaphragm function evaluation in ventilation weaning Luo Jieying, Han Xiaotong, Fan Maiping, Wen Hui, Xu Jing, Pei Yanfang, Huang Ying
Department of Emergency Medicine, Hunan Provincial People's Hospital (the First Affiliated Hospital of Hunan Normal University), Changsha 410005, Hunan, China

Corresponding author: Han Xiaotong, Email: 74953695@qq.com

【Abstract】 Diaphragm dysfunction is common in clinical work, which is a frequently important cause of ventilation weaning failure ignored by clinicians. Assessing diaphragmatic function while weaning helps early detection and prevention of weaning failure, so as to improve the clinical outcome of patients on mechanical ventilation (MV). Reviewing studies of diaphragmatic function evaluation in weaning, we can find that assessing diaphragmatic function during weaning can help guide weaning. Weaning predictors including pressure index, electrophysiological index and morphological index, among which bedside ultrasound as a morphological index is widely used in intensive care unit (ICU), which is simple, non-invasive, and easy to operate. It is also accurate in the assessment of diaphragmatic function and guidance on weaning, which is worthy of promotion and application.

【Key words】 Diaphragm dysfunction; Mechanical ventilation; Weaning; Predictor

Fund program: Hunan Provincial Science and Technology Department Key Planning Project of China (2015SK20405)

膈肌功能障碍在临床较常见,是近年来的研究热点,也是常被临床医师忽略的导致机械通气(MV)撤机失败的重要原因。研究表明,入重症加强治疗病房(ICU)第 1 天 MV 患者膈肌功能障碍发生率高达 64%^[1],无膈肌病变患者 MV 后膈肌功能障碍发生率为 29%^[2],膈肌功能障碍患者病死率升高,存活率下降,需要更长的 MV 时间及撤机时间。除 MV 可损伤膈肌外,脓毒症^[3]、药物(激素或神经肌肉阻滞剂)、农药中毒^[4]等多种因素均可导致膈肌损伤。膈肌在 MV 的成功撤离中起决定作用^[5-6],临床上膈肌功能障碍患者大多存在延迟撤机及过早撤机,从而造成不良临床后果。因此,通过评估膈肌功能筛查撤机失败及困难撤机高危患者,可以早期发现及预防撤机失败,并指导成功撤机。

1 撤机对膈肌的影响

已有大量动物及临床研究证实, MV 可导致膈肌不活动,引起膈肌萎缩变薄,收缩功能下降^[7]。上述膈肌改变呈时间依赖性,控制性 MV 18~69 h 即开始发生膈肌萎缩^[8],随 MV 时间延长,膈肌力量呈对数下降^[9],控制性 MV 5~6 d 时膈肌功能下降 32% 左右^[10]。膈肌也易发生失用性萎缩,研究表明,相同 MV 时间下,膈肌萎缩时,其他骨骼肌(比如

目鱼肌)尚未发生萎缩^[11]。这些改变使膈肌运动速度减慢,运动幅度减小,通气作用减弱,但由于患者呼吸机、镇静药物等的应用而难以被发现。撤机时,随着呼吸机支持力度下降,膈肌被动运动转换为主动运动,逐渐恢复自主呼吸。膈肌功能障碍患者撤机时,呼吸系统所承担的呼吸负荷较高,呼吸中枢对呼吸的驱动增加,呼吸肌活动增强,除膈肌外,同时动员肋间肌、呼气肌、辅助呼吸肌包括胸锁乳突肌,维持自主呼吸,代偿的同时掩盖了膈肌功能不全,但辅助呼吸肌的收缩能力远不及膈肌,耐力不足而且容易疲劳,最终导致撤机失败^[12-14]。因此,撤机中准确评估膈肌功能,利用膈肌功能障碍相关撤机指标能指导撤机。

2 膈肌功能障碍相关撤机指标

2.1 压力指标

2.1.1 最大吸气压(PImax): PImax 是指在功能残气位,气道被阻断时最大吸气所测得的口腔压,能反映吸气肌肉收缩能力,是被广泛使用的评估呼吸肌功能的指标。膈肌作为主要的呼吸肌, PImax 能反映膈肌收缩能力,具有简单、无创、检测方法易操作的优点,但其代表所有呼吸肌肉功能,不能独立反映膈肌功能,且检测时受患者吸气努力、肺容量影

响^[15],在评价膈肌功能上变异性较大,不适用于镇静和不配合的患者。研究表明,单侧和双侧膈肌功能障碍患者 PImax 可分别下降至预计值的 60% 和 30%^[16]。有研究者将 PImax 应用于指导撤机,结果显示,撤机失败患者 PImax 下降,以 PImax < -25 cmH₂O (1 cmH₂O = 0.098 kPa) 为界值可预测撤机成功^[17-18],但其特异性较差^[19],可重复性也不高^[20-21]。因此, PImax 评估膈肌功能、预测撤机的价值有限。

2.1.2 跨膈压 (Pdi): 通过置入胃食管导管监测胃内压及食管压,分别代表腹内压及胸腔内压,二者差值即为 Pdi,是评价膈肌功能的“金标准”。根据测量方法不同, Pdi 相关指标包括最大跨膈压 (Pdi max)、最大吸鼻跨膈压 (Pdi sniff)、颤搐性跨膈压 (TwPdi),前两者的测定受患者吸气努力、用力方式、初始肺容积等的影响,人群中变异性较大; TwPdi 指膈神经由经皮单次颤搐性超强电或者磁刺激后,膈肌收缩产生的 Pdi,能特异性地反映膈肌功能,受患者体位的影响^[22],不受吸气方式及吸气用力的影响,变异性小,可重复性好,适用于气管插管患者。研究显示,撤机失败患者撤机开始时 Pdi max、TwPdi 下降,但是撤机前后 Pdi max 和 TwPdi 的变化在撤机成功组与失败组间差异无统计学意义,可能与撤机时肋间肌、呼气肌及辅助呼吸肌动员有关^[14]。也有研究显示,撤机成功患者撤机后 Pdi max 较撤机前增加,而撤机失败患者撤机前后 Pdi 无明显变化^[6]。这可能是由于撤机成功患者膈肌力量改善,而撤机失败患者经过长时间的 MV,膈肌纤维已发生不可逆损伤。

2.1.3 膈肌张力时间指数 (TTdi): TTdi 由膈肌收缩强度与收缩持续时间表示。膈肌收缩强度 = 平均跨膈压 (mPdi) / Pdi max, 收缩持续时间 = 吸气时间 (Ti) / 呼吸周期总时间 (Ttot), TTdi = (mPdi / Pdi max) × (Ti / Ttot)。TTdi 可以反映膈肌耐力,一般 TTdi > 0.15 认为存在膈肌疲劳。撤机失败患者撤机时呼吸肌负荷不断增加,膈肌持续收缩但耐力不足,TTdi 较撤机成功患者明显增加^[14]。撤机失败患者 TTdi 一般大于或者接近 0.15,说明大多撤机失败患者已经存在或者即将发生膈肌疲劳^[23]。研究显示, TTdi 可以预测 MV 患儿拔管结局,以 TTdi > 0.15 预测 MV 患儿拔管失败的敏感度、特异度均为 100%,预测价值优于浅快呼吸指数 (RSBI)、Pdi 及最大吸气压^[24]。

2.1.4 颤搐性气管内压 (TwPtr): TwPtr 指生理指标平稳时,呼气末予以撤机,同时阻断气道,通过磁波刺激双侧膈神经所测得的气管内压,可有效反映气管插管患者的膈肌功能,与 TwPdi 相关性高。研究显示,撤机失败患者 TwPtr 明显降低^[25]。

尽管 Pdi 是评估膈肌功能的可靠指标,根据其检测方法衍生的指标,如 TwPdi、TTdi、TwPtr,也可以准确评估膈肌功能,但其测量存在有创性、不舒适性、技术要求高等缺点,限制了在 ICU 的应用,因此用于撤机评估的研究较少。

2.2 电生理指标——膈肌电活动 (Edi): 当支配膈肌的神经纤维兴奋时可产生动作电位,并传递至神经肌肉接头,再传递给膈肌,引起膈肌兴奋,从而产生 Edi,可在人体不同部位

放置电极以记录 Edi。膈肌电位可以反映呼吸中枢对膈肌的驱动^[26-27],从而反映膈肌功能^[28-29]。Edi 增加表明患者的呼吸驱动和吸气努力增加,较其他反映呼吸肌功能的指标 (潮气量、呼吸频率、Pdi) 变化更早。单位 Edi 所产生的潮气量为神经通气耦联指数 (NVC),代表膈肌受呼吸中枢驱动而产生通气的效能;单位 Edi 所产生的胸腔内压为神经机械耦联指数 (NMC),代表呼吸中枢驱动下膈肌收缩的效能。膈肌功能障碍患者撤机时,为维持通气需要,呼吸中枢驱动增加明显,撤机早期即出现 Edi 快速增加,同时膈肌以外的辅助呼吸肌也参与呼吸,但通气作用弱,导致中枢驱动膈肌的电活动不断增加,中枢驱动增加不是持续的,辅助呼吸肌活动也不能持久,最终导致撤机失败。刘火根等^[30]研究表明,自主呼吸试验 (SBT) 时,撤机失败的慢性阻塞性肺疾病 (COPD) 患者 Edi 较撤机成功者明显增加, NVC、NVC × NMC 明显下降,都是预测脱机失败的良好指标,其中 NVC × NMC 既能反映膈肌收缩效能,又能反映膈肌通气效能,故预测价值较大,以 < 39 cmH₂O · mL · μV⁻² 为临界值,预测撤机失败的敏感度 (100%)、特异度 (83.3%) 均较高。同样, Edi、NVC 对慢性心功能不全患者撤机也有较好的预测作用^[31]。Edi 的监测在 SBT 早期意义较大,研究显示,撤机失败的患者较早出现呼吸中枢驱动增加,早期 (SBT 3 min) Edi 增加是预测撤机结局早期、可靠的指标^[32]。由于 Edi 的测定技术要求高、有创伤性、且尚无统一的标准值而限制了临床应用。

2.3 形态学指标: 影像学检查可以较直观地反映膈肌的形态学改变,评估膈肌功能,包括 X 线、CT、磁共振成像 (MRI)、超声,其中床旁超声因无创、简单、易操作而越来越多地被 ICU 医师应用。通过膈肌超声可以反映膈肌力量,诊断膈肌功能障碍^[23],并具有准确性高、组间及组内可重复性高^[34-35]的优点,而其他检查因 ICU 患者病情危重,难以动态评估等原因而受限,较少应用于撤机的评估。

2.3.1 膈肌增厚分数 (DTF): 用 B 型超声测量膈肌厚度,吸气时膈肌收缩、变短、增厚,可通过呼吸时的膈肌厚度计算 DTF。DTF = [(吸气末膈肌厚度 (DTei) - 呼气末膈肌厚度 (DTee)) / DTee] × 100%。DTF 能较好地反映患者的吸气努力,是评估膈肌收缩力的有效指标^[36-37],辅助通气时也能反映膈肌功能^[38],但其受肺容量的影响。正常人群的 DTee 为 2.2 ~ 2.8 mm, DTF 为 28% ~ 96%。膈肌功能障碍患者膈肌厚度变薄、DTF 减小^[39],膈肌瘫痪患者在吸气时膈肌不增厚^[40],与膈肌纤维萎缩有关。以 DTee ≤ 2 mm 且 DTF < 20% 定义为膈肌萎缩伴功能障碍。DTF 可以准确预测撤机成败。DiNino 等^[41] 研究显示,以 DTF ≥ 30% 为标准,预测撤机成功的敏感度为 88%,特异度为 71%。陆志华等^[42] 在 COPD MV 患者撤机研究中发现,以 DTF ≥ 30% 预测撤机成功具有 84% 的敏感度和 83.33% 的特异度。

2.3.2 膈肌活动度: 通过 M 型超声测量膈肌活动度能反映膈肌的运动状态及功能^[43],但其只能反映自主呼吸状态下的膈肌功能。MV 时,膈肌活动度代表膈肌自主活动和呼吸机驱动膈肌被动活动的总和,膈肌活动度容易受呼吸深度、

功能残气量、腹腔内压力等多种因素影响,其测量值与吸气努力的相关性不如膈肌厚度指标^[38]。有研究显示,以超声检测右侧膈肌活动的可操作性及可重复性较好^[44]。一般平静呼吸时膈肌活动度 $<10\text{ mm}$ 被认为膈肌功能不全。撤机失败患者膈肌活动度减弱, Jiang等^[45]首次将膈肌活动度用于撤机评估,通过超声测量肝、脾随呼吸运动的位移代表膈肌活动度,发现预测撤机成功的临界值为 11 mm 时,其敏感度及特异度较高,分别为 84.4% 和 82.6% 。Spadaro等^[46]研究结果显示,将膈肌活动度与RSBI结合可以得到一个新的指标,即膈肌浅快呼吸指数(呼吸频率/膈肌活动度),其值 $\geq 1.3\text{次}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ 时预测脱机失败的敏感度为 94.1% ,特异度为 64.7% ,诊断准确性优于其他撤机指标,包括最大吸气压、RSBI、膈肌活动度。膈肌活动度和膈肌浅快呼吸指数均可以有效指导撤机,易被临床医师所掌握,但尚缺乏预测撤机成败的统一标准值,还需大规模临床研究确定。

综上,膈肌功能障碍是临床上撤机失败的一个重要原因,在撤机早期进行膈肌功能监测,能指导撤机。床旁超声在临床上(尤其ICU)应用越来越广泛,指导撤机的准确性和可重复性均较高,值得临床推广应用。

参考文献

- [1] Demoule A, Jung B, Prodanovic H, et al. Diaphragm dysfunction on admission to the intensive care unit. Prevalence, risk factors, and prognostic impact—a prospective study [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2013, 188 (2): 213–219. DOI: 10.1164/rccm.201209–16680C.
- [2] Kim WY, Suh HJ, Hong SB, et al. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: influence on weaning from mechanical ventilation [J]. *Crit Care Med*, 2011, 39 (12): 2627–2630. DOI: 10.1097/CCM.0b013e3182266408.
- [3] 申传安,柴家科,姚咏明,等.烧伤脓毒症早期膈肌内泛素基因和蛋白的表达变化及意义[J]. *中华危重病急救医学*, 2003, 15 (11): 655–657. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003–0603.2003.11.004. Shen CA, Chai JK, Yao YM, et al. Expression of mRNA and protein of ubiquitin in diaphragmatic muscle in burned rats with sepsis in early stage [J]. *Chin Crit Care Med*, 2003, 15 (11): 655–657. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003–0603.2003.11.004.
- [4] 何国鑫,汤旭明,郑霞,等.血必净注射液对急性有机磷农药中毒大鼠膈肌ATP酶活性的影响[J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2014, 21 (1): 55–57. DOI: 10.3969/j.issn.1008–9691.2014.01.016. He GX, Tang XM, Zheng X, et al. The effects of Xuebijing injection on ATPase of diaphragm in rats with acute organophosphorus poisoning [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2014, 21 (1): 55–57. DOI: 10.3969/j.issn.1008–9691.2014.01.016.
- [5] Buscher H, Valta P, Boie T, et al. Assessment of diaphragmatic function with cervical magnetic stimulation in critically ill patients [J]. *Anaesth Intensive Care*, 2005, 33 (4): 483–491.
- [6] Carlucci A, Ceriana P, Priniakakis G, et al. Determinants of weaning success in patients with prolonged mechanical ventilation [J]. *Crit Care*, 2009, 13 (3): R97. DOI: 10.1186/cc7927.
- [7] Vassilakopoulos T. Ventilator-induced diaphragm dysfunction: the clinical relevance of animal models [J]. *Care Med*, 2008, 34 (1): 7–16. DOI: 10.1007/s00134–007–0866–x.
- [8] Levine S, Nguyen T, Taylor N, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans [J]. *N Engl J Med*, 2008, 358 (13): 1327–1335. DOI: 10.1056/NEJMoa070447.
- [9] Hermans G, Agten A, Testelmans D, et al. Increased duration of mechanical ventilation is associated with decreased diaphragmatic force: a prospective observational study [J]. *Crit Care*, 2010, 14 (4): R127. DOI: 10.1186/cc9094.
- [10] Jaber S, Petrof BJ, Jung B, et al. Rapidly progressive diaphragmatic weakness and injury during mechanical ventilation in humans [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2011, 183 (3): 364–371. DOI: 10.1164/rccm.201004–06700C.
- [11] 邵蕾,汪志方,王飞飞,等.机械通气后大鼠膈肌和比目鱼肌的形态学变化[J]. *中华危重病急救医学*, 2017, 29 (1): 11–15. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095–4352.2017.01.003. Shao L, Wang ZF, Wang FF, et al. Mechanical ventilation leads to remodeling of diaphragm and soleus in rats [J]. *Chin Crit Care Med*, 2017, 29 (1): 11–15. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095–4352.2017.01.003.
- [12] Parthasarathy S, Jubran A, Laghi F, et al. Sternomastoid, rib cage, and expiratory muscle activity during weaning failure [J]. *J Appl Physiol* (1985), 2007, 103 (1): 140–147. DOI: 10.1152/jappphysiol.00904.2006.
- [13] Hershenson MB, Kikuchi Y, Tzelepis GE, et al. Preferential fatigue of the rib cage muscles during inspiratory resistive loaded ventilation [J]. *J Appl Physiol* (1985), 1989, 66 (2): 750–754.
- [14] Laghi F, Cattapan SE, Jubran A, et al. Is weaning failure caused by low-frequency fatigue of the diaphragm? [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2003, 167 (2): 120–127. DOI: 10.1164/rccm.200210–12460C.
- [15] Lausted CG, Johnson AT, Scott WH, et al. Maximum static inspiratory and expiratory pressures with different lung volumes [J]. *Biomed Eng Online*, 2006, 5: 29. DOI: 10.1186/1475–925X–5–29.
- [16] McCool FD, Tzelepis GE. Dysfunction of the diaphragm [J]. *N Engl J Med*, 2012, 366 (10): 932–942. DOI: 10.1056/NEJMra1007236.
- [17] Sahn SA, Lakshminarayan S. Bedside criteria for discontinuation of mechanical ventilation [J]. *Chest*, 1973, 63 (6): 1002–1005.
- [18] Bien US, Souza GF, Campos ES, et al. Maximum inspiratory pressure and rapid shallow breathing index as predictors of successful ventilator weaning [J]. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27 (12): 3723–3727. DOI: 10.1589/jpts.27.3723.
- [19] Nemer SN, Barbas CS, Caldeira JB, et al. Evaluation of maximal inspiratory pressure, tracheal airway occlusion pressure, and its ratio in the weaning outcome [J]. *J Crit Care*, 2009, 24 (3): 441–446. DOI: 10.1016/j.jccr.2009.01.007.
- [20] Multz AS, Aldrich TK, Prezant DJ, et al. Maximal inspiratory pressure is not a reliable test of inspiratory muscle strength in mechanically ventilated patients [J]. *Am Rev Respir Dis*, 1990, 142 (3): 529–532. DOI: 10.1164/ajrccm/142.3.529.
- [21] Guimarães FS, Alves FF, Constantino SS, et al. Assessment of Maximum Inspiratory Pressure in Non-cooperative Critical Patients: Comparison between two methods [J]. *Rev Bras Fis*, 2007, 11 (3): 233–238.
- [22] Watson AC, Hughes PD, Louise HM, et al. Measurement of twitch transdiaphragmatic, esophageal, and endotracheal tube pressure with bilateral anterolateral magnetic phrenic nerve stimulation in patients in the intensive care unit [J]. *Crit Care Med*, 2001, 29 (7): 1325–1331.
- [23] Vassilakopoulos T, Zakynthinos S, Roussos C. The tension-time index and the frequency/tidal volume ratio are the major pathophysiologic determinants of weaning failure and success [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1998, 158 (2): 378–385. DOI: 10.1164/ajrccm.158.2.9710084.
- [24] Harikumar G, Egberongbe Y, Nadel S, et al. Tension-time index as a predictor of extubation outcome in ventilated children [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2009, 180 (10): 982–988. DOI: 10.1164/rccm.200811–17250C.
- [25] Buscher H, Valta P, Boie T, et al. Assessment of diaphragmatic function with cervical magnetic stimulation in critically ill patients [J]. *Anaesth Intensive Care*, 2005, 33 (4): 483–491.
- [26] Jolley CJ, Luo YM, Steier J, et al. Neural respiratory drive in healthy subjects and in COPD [J]. *Eur Respir J*, 2009, 33 (2): 289–297. DOI: 10.1183/09031936.00093408.
- [27] Beck J, Reilly M, Grasselli G, et al. Patient-ventilator interaction during neurally adjusted ventilatory assist in low birth weight infants [J]. *Pediatr Res*, 2009, 65 (6): 663–668. DOI: 10.1203/PDR.0b013e31819e72ab.
- [28] Beck J, Gottfried SB, Navalesi P, et al. Electrical activity of the

- diaphragm during pressure support ventilation in acute respiratory failure [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2001, 164 (3): 419–424. DOI: 10.1164/ajrcm.164.3.2009018.
- [29] Petit JM, Milic-Emili G, Delhez L. Role of the diaphragm in breathing in conscious normal man: an electromyographic study [J]. *J Appl Physiol*, 1960, 15: 1101–1106.
- [30] 刘火根, 刘玲, 汤睿, 等. 评价膈肌功能指导慢性阻塞性肺疾病患者撤机的可行性研究 [J]. *中华内科杂志*, 2011, 50 (6): 459–464. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2011.06.004.
- Liu HG, Liu L, Tang R, et al. A pilot study of diaphragmatic function evaluated as predictors of weaning in chronic obstructive pulmonary disease patients [J]. *Chin J Intern Med*, 2011, 50 (6): 459–464. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2011.06.004.
- [31] 刘火根, 顾凌, 施云弟, 等. 神经通气耦联指数联合 B 型钠尿酸对慢性心功能不全患者撤机的预测价值 [J]. *中华危重病急救医学*, 2016, 28 (9): 790–795. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.09.005.
- Liu HG, Gu L, Shi YD, et al. Predictive value of neuro-ventilatory coupling combined with B-type natriuretic peptide in the weaning outcome in patients with chronic cardiac insufficiency [J]. *Chin Crit Care Med*, 2016, 28 (9): 790–795. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.09.005.
- [32] Dres M, Schmidt M, Ferre A, et al. Diaphragm electromyographic activity as a predictor of weaning failure [J]. *Intensive Care Med*, 2012, 38 (12): 2017–2025. DOI: 10.1007/s00134-012-2700-3.
- [33] Mariani LF, Bedel J, Gros A, et al. Ultrasonography for Screening and Follow-Up of Diaphragmatic Dysfunction in the ICU: A Pilot Study [J]. *J Intensive Care Med*, 2016, 31 (5): 338–343. DOI: 10.1177/0885066615583639.
- [34] Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by m-mode ultrasonography: methods, reproducibility, and normal values [J]. *Chest*, 2009, 135 (2): 391–400. DOI: 10.1378/chest.08-1541.
- [35] Goligher EC, Laghi F, Detsky ME, et al. Measuring diaphragm thickness with ultrasound in mechanically ventilated patients: feasibility, reproducibility and validity [J]. *Intensive Care Med*, 2015, 41 (4): 642–649. DOI: 10.1007/s00134-015-3687-3.
- [36] Wait JL, Nahormek PA, Yost WT, et al. Diaphragmatic thickness-lung volume relationship *in vivo* [J]. *J Appl Physiol* (1985), 1989, 67 (4): 1560–1568.
- [37] Ueki J, De Bruin PF, Pride NB. *In vivo* assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects [J]. *Thorax*, 1995, 50 (11): 1157–1161.
- [38] Umbrello M, Formenti P, Longhi D, et al. Diaphragm ultrasound as indicator of respiratory effort in critically ill patients undergoing assisted mechanical ventilation: a pilot clinical study [J]. *Crit Care*, 2015, 19: 161. DOI: 10.1186/s13054-015-0894-9.
- [39] Schepens T, Verbrugge W, Dams K, et al. The course of diaphragm atrophy in ventilated patients assessed with ultrasound: a longitudinal cohort study [J]. *Crit Care*, 2015, 19: 422. DOI: 10.1186/s13054-015-1141-0.
- [40] Gottesman E, McCool FD. Ultrasound evaluation of the paralyzed diaphragm [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1997, 155 (5): 1570–1574. DOI: 10.1164/ajrcm.155.5.9154859.
- [41] DiNino E, Gartman EJ, Sethi JM, et al. Diaphragm ultrasound as a predictor of successful extubation from mechanical ventilation [J]. *Thorax*, 2014, 69 (5): 423–427. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2013-204111.
- [42] 陆志华, 徐秋萍, 袁月华, 等. 膈肌增厚分数指导慢性阻塞性肺疾病机械通气患者撤机的临床研究 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2016, 25 (4): 491–494. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.04.019.
- Lu ZH, Xu QP, Yuan YH, et al. Diaphragm thickening fraction as a predictor of successful weaning from mechanical ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Chin J Emerg Med*, 2016, 25 (4): 491–494. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.04.019.
- [43] Kim SH, Na S, Choi JS, et al. An evaluation of diaphragmatic movement by M-mode sonography as a predictor of pulmonary dysfunction after upper abdominal surgery [J]. *Anesth Analg*, 2010, 110 (5): 1349–1354. DOI: 10.1213/ANE.0b013e3181d5e4d8.
- [44] 何伟, 许媛. 3 种超声方法测量膈肌运动的比较研究 [J]. *中华危重病急救医学*, 2014, 26 (12): 914–916. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.12.014.
- He W, Xu Y. Comparative study of diaphragm movement measured by 3 ultrasonic methods [J]. *Chin Crit Care Med*, 2014, (12): 914–916. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.12.014.
- [45] Jiang JR, Tsai TH, Jerng JS, et al. Ultrasonographic evaluation of liver/spleen movements and extubation outcome [J]. *Chest*, 2004, 126 (1): 179–185. DOI: 10.1378/chest.126.1.179.
- [46] Spadaro S, Grasso S, Mauri T, et al. Can diaphragmatic ultrasonography performed during the T-tube trial predict weaning failure? The role of diaphragmatic rapid shallow breathing index [J]. *Crit Care*, 2016, 20 (1): 305. DOI: 10.1186/s13054-016-1479-y.

(收稿日期 2017-06-07)

• 科研新闻速递 •

系统化 ICU 分诊并不能使患者获益：一项来自法国的多中心临床试验

老年重症患者的高病死率使人们不禁质疑重症监护治疗能否使这类患者获益。为此,法国学者进行了一项多中心临床试验,旨在明确系统化 ICU 分诊能否降低老年重症患者的 6 个月病死率。研究对象为 2012 年 1 月至 2015 年 4 月在法国 24 家医院急诊科就诊的 3 037 例 75 岁以上的老年重症患者。研究人员将受试对象随机分为两组:一组按照预设的程序对患者进行系统化 ICU 分诊($n=1 519$),另一组则进行常规分诊($n=1 518$)。主要评价指标为患者 6 个月病死率;其他评价指标包括患者入住重症加强治疗病房(ICU)的比例、住院病死率,以及 6 个月时的功能状态和生活质量(12 项健康调查简表, SF-12)。结果显示:有 1 例患者中途退出研究,最终共 3 036 例患者纳入分析,其中男性 1 361 例(占 45.0%),女性 1 665 例(占 54.0%);中位年龄 85(81, 89)岁。与常规分诊组比较,系统化 ICU 分诊组患者 6 个月病死率更高[45% 比 39%, 相对危险度(RR) = 1.16, 95% 可信区间(95% CI) = 1.07 ~ 1.26], 入住 ICU 比例更高(61% 比 34%, $RR=1.80$, 95% $CI=1.66 \sim 1.95$)。对相关混杂因素进行校正后,系统化 ICU 分诊组患者入住 ICU 的可能性更大($RR=1.68$, 95% $CI=1.54 \sim 1.82$),住院病死率更高($RR=1.18$, 95% $CI=1.03 \sim 1.33$);但两组患者 6 个月的死亡风险相当($RR=1.05$, 95% $CI=0.96 \sim 1.14$),且 6 个月时的功能状态和生活质量差异均无统计学意义。研究人员据此得出结论,系统化 ICU 分诊并不能降低老年重症患者 6 个月病死率。

罗红敏, 编译自《JAMA》, 2017, 318(15): 1450–1459