

无创正压通气治疗急性低氧性呼吸衰竭前瞻性队列研究

高宝安 丁琳 詹庆元 罗祖金 李洁 夏金根 姚秀丽 王辰

【摘要】 目的 探讨无创正压通气(NPPV)对急性低氧性呼吸衰竭(AHRF)的治疗作用和治疗失败的危险因素。**方法** 采用前瞻性队列研究方法,收集 2004 年 1 月—2007 年 12 月北京朝阳医院呼吸重症监护病房应用 NPPV 治疗 AHRF 患者的临床资料,根据 NPPV 成功与否将患者分为成功组和失败组,比较两组患者的基本临床资料、NPPV 模式和时间以及 NPPV 前和 2 h、24 h 的生命体征、血气分析和氧合指数($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)的变化。**结果** ①59 例患者 NPPV 成功率为 62.7%(37/59)。②与 NPPV 失败组比较,成功组平均年龄及因肺部感染导致 AHRF 比例较低(P 均 <0.01)。NPPV 前成功组 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 与失败组无显著差异,但成功组 NPPV 后 2 h 和 24 h $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 均较失败组显著改善($P<0.05$ 和 $P<0.01$),且 NPPV 后 24 h 成功组心率和呼吸频率均较失败组显著降低(P 均 <0.01)。③logistic 回归分析显示:NPPV 失败的危险因素为年龄 ≥ 60 岁[比值比(OR)=8.30,95%可信区间(CI)2.49~27.60, $P=0.002$]、呼吸诱因因肺部感染(OR=6.19, 95%CI 1.90~20.20, $P=0.027$)、NPPV 后 2 h $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2<150$ mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa, OR=3.65, 95%CI 1.20~11.04, $P=0.044$)、NPPV 后 24 h 心率 >100 次/min(OR=7.45, 95%CI 2.15~25.58, $P=0.010$)和呼吸频率 >30 次/min(OR=7.26, 95%CI 1.88~24.49, $P=0.018$)。**结论** NPPV 可作为无绝对禁忌证 AHRF 的一线呼吸支持方式,但对老龄和肺部感染诱发的 AHRF 患者失败率较高;短期应用 NPPV 治疗后呼吸、循环和氧合状况无显著改善的 AHRF 患者,应及早改为有创通气。

【关键词】 低氧性呼吸衰竭,急性; 无创正压通气; 前瞻研究

Non-invasive positive pressure ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a prospective cohort study GAO Bao-an, DING Lin, ZHAN Qing-yuan, LUO Zu-jin, LI Jie, XIA Jin-gen, YAO Xiu-li, WANG Chen. Beijing Institute of Respiratory Medicine, Beijing Chaoyang Hospital-Affiliate of Capital University of Medical Sciences, Beijing 100020, China

Corresponding author: ZHAN Qing-yuan, Email: zhanqy0915@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the clinical effect of non-invasive positive pressure ventilation (NPPV) on acute hypoxemic respiratory failure (AHRF), and to look for predictors of failure of NPPV in patients with AHRF. **Methods** In the cohort study, the clinical data of patients with AHRF in respiratory intensive care unit (RICU) of Beijing Chaoyang Hospital from January 2004 to December 2007 were collected prospectively. Patients were divided into successful group and failure group according to outcome of NPPV. Basic clinical information, NPPV mode and duration, vital signs, arterial blood gas analysis, and oxygenation index ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) before and 2 hours, 24 hours after NPPV were analyzed and compared between two groups. **Results** ①The NPPV successful rate in 59 cases was 62.7% (37/59). ②Compared with failure group, mean age, the ratio of patients in whom respiratory failure were induced by pulmonary infection were lower in successful group (both $P<0.01$). There was no difference in $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ between two groups before NPPV, but $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ in successful group was markedly higher than those of failure group after 2 hours and 24 hours of NPPV ($P<0.05$ and $P<0.01$), while heart rate (HR), respiratory rate (RR) were significantly lower (all $P<0.01$). ③Logistic regression analysis identified age ≥ 60 years [odds ratio (OR) 8.30, 95% confidence interval (CI) 2.49 - 27.60, $P=0.002$], pulmonary infection as underlying disease of respiratory failure (OR 6.19, 95%CI 1.90 - 20.20, $P=0.027$), $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2<150$ mm Hg (1 mm Hg=0.133 kPa) after 2 hours of NPPV (OR 3.65, 95%CI 1.20 - 11.04, $P=0.044$), HR >100 times/min after 24 hours of NPPV (OR 7.45, 95%CI 2.15 - 25.58, $P=0.010$), and RR >30 times/min after 24 hours of NPPV (OR 7.26, 95%CI 1.88 - 24.49, $P=0.018$) as risk factors independently associated with failure of NPPV. **Conclusion** NPPV can be the first line treatment for severe AHRF patients without absolute contraindication, while patients of older age with pulmonary infection, the risk of failure of NPPV is higher. Lack of improvement in cardiorespiratory and oxygenation condition after a short period of NPPV is the predictor of NPPV failure.

【Key words】 acute hypoxemic respiratory failure; non-invasive positive pressure ventilation; prospective study

DOI:10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2009.10.003

基金项目:北京市科技计划项目(Y0905001040291);北京市科技新星计划(2005B03)

作者单位:100020 首都医科大学附属北京朝阳医院-北京呼吸疾病研究所(高宝安、丁琳、詹庆元、罗祖金、李洁、夏金根、姚秀丽、王辰);443003 湖北宜昌,三峡大学第一临床医学院-宜昌市中心人民医院呼吸内科(高宝安)

通信作者:詹庆元,Email: zhanqy0915@163.com

无创正压通气(NPPV)对慢性阻塞性肺疾病急性加重期(AECOPD)引起的Ⅰ型呼吸衰竭(呼衰)具有明确的治疗作用^[1-2],而对治疗急性肺损伤/急性呼吸窘迫综合征(ALI/ARDS)和肺炎等原因导致的急性低氧性呼衰(AHRF)使用NPPV,国内外学者存在不同的观点^[3-6]。为此,我们采用前瞻性队列研究方法,收集北京朝阳医院呼吸重症监护病房(RICU)4年中应用NPPV治疗AHRF患者的临床资料,对多种原因导致AHRF的NPPV治疗作用和失败危险因素进行了分析,以期合理应用NPPV治疗AHRF提供临床依据。

1 资料与方法

1.1 病例资料:选择2004年1月—2007年12月本院RICU收治的AHRF患者〔呼吸空气时动脉血氧分压(PaO_2)60 mm Hg,1 mm Hg=0.133 kPa〕。排除入RICU时合并高碳酸血症者〔动脉血二氧化碳分压(PaCO_2)45 mm Hg〕;需紧急气管插管者;近期食道、面部、颅脑外伤或手术者;意识严重不清者〔格拉斯哥昏迷评分(GCS)<11分〕;血流动力学不稳定需要使用血管活性药物者;严重不配合者;气管切开或其他上气道异常者;严重室性心律失常或心肌缺血者;活动性上消化道出血者;气道分泌物过多且排痰不利者;呼衰存在1个以上严重脏器功能异常者;未获得患者家属书面同意者。

1.2 NPPV方法:使用适合面型的国产口鼻面罩(钮式面罩),不间断使用呼吸机,通气模式用持续气道正压(CPAP)或双水平气道正压(BiPAP)。

1.2.1 NPPV参数设置和调节:BiPAP模式下,初始呼气气道正压(EPAP)4 cm H_2O (1 cm H_2O =0.098 kPa),渐加至6~8 cm H_2O ,调节吸入氧浓度(FiO_2)维持脉搏血氧饱和度(SpO_2)在0.92~0.96。若 FiO_2 超过0.60,可上调EPAP至10~12 cm H_2O 或至患者最大耐受程度,使 FiO_2 低于0.60;如果EPAP超过10~12 cm H_2O 或至患者最大耐受程度时 SpO_2 低于0.92,可上调 FiO_2 使 SpO_2 至0.92~0.96。调节吸气气道正压(IPAP)使潮气量(V_T)不低于6 ml/kg。BiPAP压力上升时间设为0.05~0.20 s,T模式时通气频率设为12次/min,吸气时间设为1 s。CPAP模式参数设置与BiPAP模式下EPAP的设置调节类似。

1.2.2 NPPV撤离与停用:当患者 $\text{SpO}_2>0.92$ 或 $\text{PaO}_2>65$ mm Hg,呼吸循环稳定时, FiO_2 逐渐降至0.50,之后逐渐下调EPAP,每次1~2 cm H_2O ,如果氧合稳定超过8~12 h,可继续按此法下调至4~

6 cm H_2O 。之后继续下调 FiO_2 至0.40。若原发病已明显控制,改用文丘里面罩吸氧(FiO_2 为0.35)后使 SpO_2 维持在0.92~0.96超过24 h,可停用NPPV。

当患者NPPV过程中出现下述情况时进行气管插管有创机械通气:低氧持续不能纠正;呼吸或心跳停止;出现呼吸暂停或心率(HR) ≤ 50 次/min;镇静药物无法控制的焦虑和较严重的人-机对抗;呼吸肌极度疲劳或衰竭;明显误吸或气道分泌物明显增多;血流动力学不稳定需要使用血管活性药物等。

1.3 观察指标:记录患者年龄,性别,主要诊断,呼衰诱因,急性生理学与慢性健康状况评分系统Ⅰ(APACHE Ⅰ)评分,血常规,血生化,CPAP、IPAP和EPAP最高压力(分别为CPAPmax、IPAPmax、EPAPmax),NPPV时间,NPPV并发症及转归。监测HR、呼吸频率(RR)、平均动脉压(MAP)、 SpO_2 、动脉血气,记录患者NPPV前及2 h和24 h生命体征、血气分析和氧合指数($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)的变化。

患者经过NPPV等治疗后好转,且转出RICU超过5 d定义为NPPV成功;若经过NPPV后进行了气管插管、死亡或放弃治疗视为NPPV失败。

1.4 统计学处理:采用SPSS 13.0软件,计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用 t 检验、方差分析及 q 检验,率和分类变量的比较采用 χ^2 检验或确切概率法,NPPV治疗失败的危险因素采用logistic逐步回归, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者总体情况:59例患者纳入了本次研究,其中男45例,女14例;年龄19~88岁,平均(54.5±17.9)岁。呼衰诱因:36例肺部感染患者中肾移植术后肺部感染致ARDS 11例,肺部感染致ARDS 10例,重症肺炎9例,间质性肺疾病合并肺部感染5例,系统性血管炎合并肺部感染1例。23例非肺部感染患者中重症胰腺炎致ARDS 8例,急性左心衰竭4例,肺血栓栓塞4例,肺脂肪栓塞、间质性肺疾病、腹部手术后、维甲酸综合征、系统性血管炎致弥漫性肺泡出血、胸腔积液、化疗药物所致肺损伤各1例。行NPPV前APACHE Ⅰ评分为(15.6±9.6)分, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 为(129.4±50.4) mm Hg。59例患者中,最终NPPV成功37例(占62.7%),失败22例(占37.3%)。失败的22例患者中改为有创机械通气抢救成功8例,放弃治疗3例,院内死亡11例。失败原因分别为严重肺部感染5例,严重低氧血症4例,痰液黏稠引流不畅4例,气压伤2例,意识不清配合差1例,原发疾病无法逆转3例,放弃

表 1 NPPV 治疗成功和失败两组患者一般资料及主要生化指标比较

组别	例数	性别		年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁)	呼吸诱因[例(%)]		APACHE I 评分 ($\bar{x}\pm s$, 分)	体温 ($\bar{x}\pm s$, $^{\circ}\text{C}$)	NPPV 时间 ($\bar{x}\pm s$, h)
		男	女		肺部感染	非肺部感染			
成功组	37	28	9	49.7 $\pm$ 16.7	17(45.9)	20(54.1)	14.2 $\pm$ 6.3	37.6 $\pm$ 0.9	149 $\pm$ 128
失败组	22	17	5	62.6 $\pm$ 17.2 ^a	19(86.4) ^a	3(13.6) ^a	17.6 $\pm$ 12.9	37.5 $\pm$ 1.1	92 $\pm$ 86
组别	例数	Hb($\bar{x}\pm s$, g/L)		WBC($\bar{x}\pm s$, $\times 10^9$ /L)	N($\bar{x}\pm s$)	TBil($\bar{x}\pm s$, mg/L)	Cr($\bar{x}\pm s$, mg/L)	Alb($\bar{x}\pm s$, g/L)	
成功组	37	122 $\pm$ 27		11 626 $\pm$ 4 230	0.882 $\pm$ 0.060	16 $\pm$ 20	14 $\pm$ 15	31 $\pm$ 12	
失败组	22	146 $\pm$ 186		10 670 $\pm$ 6 839	0.834 $\pm$ 0.121	44 $\pm$ 69	13 $\pm$ 12	26 $\pm$ 6	

注:与成功组比较,^a $P<0.01$;Hb 为血红蛋白,WBC 为白细胞计数,N 为中性粒细胞,TBil 为总胆红素,Cr 为肌酐,Alb 为白蛋白

表 3 NPPV 治疗成功和失败两组患者 NPPV 前后主要生命体征、动脉血气的变化比较($\bar{x}\pm s$)

组别	时间	例数	HR(次/min)	RR(次/min)	MAP(mm Hg)	pH 值	PaCO ₂ (mm Hg)	PaO ₂ /FiO ₂ (mm Hg)
成功组	NPPV 前	37	111.8 $\pm$ 18.2	33.8 $\pm$ 8.2	94.1 $\pm$ 15.4	7.45 $\pm$ 0.06	32.8 $\pm$ 4.4	135.1 $\pm$ 40.8
	NPPV 后 2 h	37	100.3 $\pm$ 16.6 ^d	28.2 $\pm$ 8.4 ^d	86.9 $\pm$ 14.1 ^c	7.44 $\pm$ 0.05	32.9 $\pm$ 4.4	179.5 $\pm$ 63.0 ^d
	NPPV 后 24 h	37	91.4 $\pm$ 13.8 ^{de}	25.8 $\pm$ 6.0 ^d	83.2 $\pm$ 12.4 ^d	7.45 $\pm$ 0.04	34.6 $\pm$ 4.3	192.2 $\pm$ 78.5 ^d
失败组	NPPV 前	22	117.6 $\pm$ 17.9	36.2 $\pm$ 10.0	93.9 $\pm$ 14.6	7.52 $\pm$ 0.25	33.2 $\pm$ 7.2	115.5 $\pm$ 59.0
	NPPV 后 2 h	22	106.6 $\pm$ 16.5 ^c	31.1 $\pm$ 8.6	82.2 $\pm$ 12.2 ^d	7.44 $\pm$ 0.04	35.6 $\pm$ 6.7	142.0 $\pm$ 61.5 ^a
	NPPV 后 24 h	22	106.3 $\pm$ 12.7 ^{bc}	31.6 $\pm$ 6.5 ^b	86.4 $\pm$ 13.0 ^d	7.43 $\pm$ 0.06	37.6 $\pm$ 7.5	134.1 $\pm$ 57.9 ^b

注:与成功组同期比较,^a $P<0.05$,^b $P<0.01$;与本组 NPPV 前比较,^c $P<0.05$,^d $P<0.01$;与本组 NPPV 后 2 h 比较,^e $P<0.05$

治疗 3 例。

2.2 成功和失败两组患者临床结果比较(表 1~3):成功组年龄和呼吸诱因因为肺部感染者显著低于失败组(P 均 <0.01),而两组性别、APACHE I 评分、体温、血常规、血生化及机械通气各指标比较差异均无统计学意义。两组 NPPV 前生命体征、动脉血气和 PaO₂/FiO₂ 差异均无统计学意义。成功组 PaO₂/FiO₂ 在 NPPV 后 2 h 即显著升高,并持续到 24 h,同时伴有 HR 和 RR 降低(P 均 <0.01),但 pH 值、PaCO₂ 均无明显变化(P 均 >0.05);MAP 在 NPPV 后 2 h 下降,之后趋于稳定。失败组 PaO₂/FiO₂ 在 NPPV 后 2 h 升高,但与 NPPV 前比较差异无统计学意义,且显著低于成功组($P<0.05$),之后呈下降趋势至 24 h($P<0.01$),除 NPPV 后 2 h HR 和 MAP 有显著下降外($P<0.05$ 和 $P<0.01$),RR、pH 值、PaCO₂ 均无显著改变。

表 2 两组患者 NPPV 最大气道正压值比较($\bar{x}\pm s$)

组别	CPAPmax (cm H ₂ O)	IPAPmax (cm H ₂ O)	EPAPmax (cm H ₂ O)
成功组	8 $\pm$ 3(9)	15 $\pm$ 4(28)	7 $\pm$ 2(28)
失败组	9 $\pm$ 2(5)	15 $\pm$ 5(17)	8 $\pm$ 2(17)

注:括号内为病例数

2.3 NPPV 治疗 AHRF 失败危险因素的 logistic 回归分析(表 4):将成功组和失败组 $P<0.05$ 的连续变量改为分类变量,先行单因素分析,然后行逐步 logistic 回归。回归方程显示 NPPV 治疗 AHRF 失

败的危险因素有:年龄 ≥ 60 岁、呼吸诱因因为肺部感染、NPPV 后 2 h PaO₂/FiO₂ <150 mm Hg、NPPV 后 24 h HR >100 次/min 和 RR >30 次/min。

表 4 NPPV 治疗 AHRF 失败危险因素的 logistic 回归分析

危险因素	P 值	OR 值	95%CI
年龄 ≥ 60 岁	0.002	8.30	2.49~27.60
呼吸诱因因为肺部感染	0.027	6.19	1.90~20.20
NPPV 后 2 h PaO ₂ /FiO ₂ <150 mm Hg	0.044	3.65	1.20~11.04
NPPV 后 24 h HR >100 次/min	0.010	7.45	2.15~25.58
NPPV 后 24 h RR >30 次/min	0.018	7.26	1.88~24.49

注:OR 为比值比;CI 为可信区间

3 讨论

近 20 年来,NPPV 在呼吸治疗中得到了广泛应用,NPPV 的应用指征不断拓展。最初 NPPV 主要应用于治疗慢性呼吸障碍,如阻塞性睡眠暂停/低通气综合征,之后逐渐扩展至 AECOPD 和辅助有创机械通气撤机,取得了较为肯定的疗效^[7-8]。由于 AHRF 病因复杂,除心源性肺水肿和免疫抑制患者外,NPPV 的疗效尚不确切,尤其是在病情严重患者中能否应用尚存在争议。本组患者 NPPV 前平均 PaO₂/FiO₂ 为(129.4 $\pm$ 50.4) mm Hg,而 NPPV 的成功率达到了 62.7%,其中 4 例心源性肺水肿及 9 例肾移植术后均获得成功,表明 NPPV 除对这些患者具有较好的治疗作用外,如果病例选择得当,对其他原因所致的重症 AHRF 也具有较高的成功率。需要注意的是,由于本组临床病例来源于 RICU,可

接受严密的监护,并且 RICU 医护人员经过严格专业培训,可以随时处理意外情况和进行生命支持。因此我们认为,如果没有 NPPV 的绝对禁忌证,在具有较好的监护条件下,NPPV 可作为重症 AHRF 的起始治疗手段^[9-11]。

成功应用 NPPV 的关键之一是正确掌握应用指征。为此,我们结合自身的临床经验和文献,制定了较为严格的人选与排除标准。虽然大部分患者获得了成功,但对于年龄 ≥ 60 岁和呼衰诱因为肺部感染的患者仍有很高的失败风险(OR 值分别为 8.30 和 6.19)。这可能与 NPPV 需要患者具有较好的自主呼吸功能且能主动配合有关;而老年患者由于肺脏和其他脏器功能均处于较脆弱状态,一旦合并严重的低氧性呼衰,容易并发通气功能障碍甚至意识改变,因而不能配合 NPPV,如果再合并肺部感染,一方面可使通气障碍更为严重,另一方面难以获得准确的病原学证据,在一定程度上影响了肺部感染的诊断与治疗,最终导致 NPPV 失败。因此,对于肺部感染导致的 AHRF 老年患者,及早以有创机械通气进行呼吸支持可能较 NPPV 更为安全、有效。

动态观察患者病情的变化,根据患者对 NPPV 的治疗反应来判断 NPPV 失败的可能性,以便及时将 NPPV 切换为有创机械通气,是安全使用 NPPV 的另一关键。通过 logistic 回归分析发现,除年龄 ≥ 60 岁和呼衰诱因为肺部感染两项高危因素外,NPPV 后 2 h $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150$ mm Hg、NPPV 后 24 h $\text{HR} > 100$ 次/min 和 $\text{RR} > 30$ 次/min 也是 NPPV 失败的高危因素。这些结果符合我们的临床经验,也与 Antonelli 等^[12-14]的报道结果相似。一般认为,如果短时间内应用 NPPV 后患者的呼吸、循环和氧合状况未见明显好转,则失败的可能性较大^[15-17]。AHRF 患者 NPPV 后 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 、HR、RR 的改善与否则可动态反映 NPPV 的疗效,为 NPPV 切换为有创机械通气提供了简单易行的参考指标。

综上所述,NPPV 可作为无绝对禁忌证 AHRF 的一线呼吸支持方式,在 RICU 严密监护下可对严重 AHRF 患者尝试 NPPV 治疗;但对老龄和肺部感染诱发的 AHRF 患者,NPPV 失败率较高,应以有创通气支持为主;短期应用 NPPV 治疗后呼吸、循环和氧合状况无显著改善的 AHRF 患者,应及早改为有创通气。

参考文献

- [1] 慢性阻塞性肺疾病无创机械通气治疗研究协作组. 早期应用无创正压通气治疗慢性阻塞性肺疾病急性加重期患者的多中心

- 随机对照研究. 中华结核和呼吸杂志, 2005, 28(10): 680-684.
- [2] 中华医学会重症医学分会. 慢性阻塞性肺疾病急性加重患者的机械通气指南(2007). 中国危重病急救医学, 2007, 19(9): 513-518.
- [3] Hess DR, Fessler HE. Respiratory controversies in the critical care setting. Should noninvasive positive-pressure ventilation be used in all forms of acute respiratory failure? *Respir Care*, 2007, 52(5): 568-578.
- [4] Ambrosino N, Vagheggin G. Noninvasive positive pressure ventilation in the acute care setting: where are we? *Eur Respir J*, 2008, 31(4): 874-886.
- [5] 詹庆元. PK: 急性呼吸衰竭患者适用无创正压机械通气吗? 正方, 当用则用, 物尽其用. 中国危重病急救医学, 2007, 19(2): 123-125.
- [6] 邱海波. PK: 急性呼吸衰竭患者适用无创正压机械通气吗? 反方, 急性呼吸衰竭患者不宜常规应用无创正压机械通气治疗. 中国危重病急救医学, 2007, 19(2): 125-128.
- [7] Esteban A, Ferguson ND, Meade MO, et al. Evolution of mechanical ventilation in response to clinical research. *Am J Respir Crit Care Med*, 2008, 177(2): 170-177.
- [8] Schettino G, Altobelli N, Kacmarek RM. Noninvasive positive-pressure ventilation in acute respiratory failure outside clinical trials: experience at the Massachusetts General Hospital. *Crit Care Med*, 2008, 36(2): 441-447.
- [9] Ferrer M, Esquinas A, Leon M, et al. Noninvasive ventilation in severe hypoxemic respiratory failure: a randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med*, 2003, 168(12): 1438-1444.
- [10] Keenan SP, Sinuff T, Cook DJ, et al. Does noninvasive positive pressure ventilation improve outcome in acute hypoxemic respiratory failure? A systematic review. *Crit Care Med*, 2004, 32(12): 2516-2523.
- [11] Lellouche F. Noninvasive ventilation in patients with hypoxemic acute respiratory failure. *Curr Opin Crit Care*, 2007, 13(1): 12-19.
- [12] Antonelli M, Conti G, Moro ML, et al. Predictors of failure of noninvasive positive pressure ventilation in patients with acute hypoxemic respiratory failure: a multi-center study. *Intensive Care Med*, 2001, 27(11): 1718-1728.
- [13] Antonelli M, Conti G, Esquinas A, et al. A multiple-center survey on the use in clinical practice of noninvasive ventilation as a first-line intervention for acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med*, 2007, 35(1): 18-25.
- [14] Antonelli M, Pennisi MA, Montini L. Clinical review, noninvasive ventilation in the clinical setting——experience from the past 10 years. *Crit Care*, 2005, 9(1): 98-103.
- [15] Bernet V, Hug MI, Frey B. Predictive factors for the success of noninvasive mask ventilation in infants and children with acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med*, 2005, 6(6): 660-664.
- [16] Sweet DD, Naismith A, Keenan SP, et al. Missed opportunities for noninvasive positive pressure ventilation: a utilization review. *J Crit Care*, 2008, 23(1): 111-117.
- [17] Sorbello M, Antonelli M, Guarino A, et al. Noninvasive ventilation and intubation of hypoxic patients: ICU versus operating room. *Am J Respir Crit Care Med*, 2008, 177(3): 357-358.

(收稿日期: 2009-07-30 修回日期: 2009-08-20)

(本文编辑: 李银平)