

# 数字化胸腔引流系统在胸腔镜肺切除术后应用的临床价值

樊榕榕\* 李华艳 陈思思 李鹏伟

(北京大学人民医院胸外科, 北京 100044)

**【摘要】 目的** 探讨数字化胸腔引流系统在胸腔镜肺切除术后患者中的临床应用效果。 **方法** 回顾性分析 2018 年 6 月 ~ 2019 年 3 月我科 210 例肺切除手术的临床资料, 根据术后采用引流装置的不同分为观察组(术后采用数字化胸腔引流系统)和对照组(术后采用传统胸腔引流装置)。比较 2 组术后留置胸腔引流管时间、术后住院时间、术后疼痛程度、术后胸腔并发症发生率、住院费用及装置更换引流瓶时间。 **结果** 观察组术后中位带管时间  $2.33(1.79, 2.96)$  d, 明显短于对照组  $2.81(1.89, 3.47)$  d ( $Z = -2.383, P = 0.017$ ); 术后中位住院时间  $3.54(2.71, 4.33)$  d, 明显短于对照组  $3.78(2.88, 4.83)$  d ( $Z = -2.569, P = 0.010$ )。术后第 3 天疼痛数字评分中位数静息状态 0(0, 1) 分, 活动状态 1(0, 2) 分, 均明显小于对照组 0(0, 1) 分和 1(1, 2) 分 ( $Z = -3.056, P = 0.002; Z = -2.653, P = 0.008$ )。观察组术后并发症明显少于对照组 [5 vs. 14,  $\chi^2 = 4.142, P = 0.042$ ]。2 组住院费用无显著性差异 [ $(5.11 \pm 1.23)$  万元 vs.  $(5.01 \pm 1.40)$  万元,  $t = -0.578, P = 0.564$ ]。22 名护士分别模拟 2 种装置更换引流瓶, 观察组更换引流瓶时间明显短于传统组 [ $(4.0 \pm 0.7)$  min vs.  $(11.5 \pm 1.7)$  min,  $t = 19.336, P = 0.000$ ]。 **结论** 相对于传统胸腔引流装置, 数字化胸腔引流系统可以缩短胸腔镜肺切除术后患者带管时间和住院时间, 减轻疼痛, 降低并发症发生率, 并缩短引流瓶更换操作用时, 未显著增加住院费用, 能给医、护、患均带来收益, 值得进一步推广。

**【关键词】** 数字化胸腔引流系统; 肺切除; 胸腔镜

文献标识: A 文章编号: 1009-6604(2021)01-0013-05

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2021.01.004

**Clinical Value of Digital Drainage Device in Patients After Thoracoscopic Lung Resection** Fan Rongrong, Li Huayan, Chen Sisi, et al. Department of Thoracic Surgery, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China  
Corresponding author: Fan Rongrong, E-mail: fanrr\_97@sina.com

**【Abstract】 Objective** To evaluate the effects of digital drainage system in patients after thoracoscopic lung resection. **Methods** Clinical data of 210 patients who underwent thoracoscopic lung resection in our hospital between June 2018 and March 2019 were retrospectively collected. The patients were divided into two groups according to their post-operative drainage device: observation group (digital drainage system) and control group (traditional drainage device). The chest tube drainage time, postoperative hospital stay, postoperative numeric rating scale (NRS) for pain, postoperative morbidity rate, total cost and operating time of replacing the drainage device of the two groups were compared. **Results** The median duration of chest tube drainage in the digital drainage device group [ $2.33(1.79, 2.96)$  d] was shorter than that in the control group [ $2.81(1.89, 3.47)$  d,  $Z = -2.383, P = 0.017$ ], the median postoperative hospital stay [ $3.54(2.71, 4.33)$  d] was shorter than the control group [ $3.78(2.88, 4.83)$  d,  $Z = -2.569, P = 0.010$ ] and NRS for pain in resting [0 (0, 1) point] and activity [1 (0, 2) point] on the 3rd post-operative day significantly decreased in the digital drainage device group comparing with the traditional drainage device group [0 (0, 1) point,  $Z = -3.056, P = 0.002$  and 1 (1, 2) point,  $Z = -2.653, P = 0.008$ ]. As for overall post-operative complication rate, the digital drainage device group was lower than the control group (5 vs. 14,  $\chi^2 = 4.142, P = 0.042$ ) and no difference was found in the hospital cost [ $(5.11 \pm 1.23)$  ten thousand yuan vs.  $(5.01 \pm 1.40)$  ten thousand yuan,  $t = -0.578, P = 0.564$ ] between the two groups. When 22 nurses simulated the operation of replacing the drainage device, the time of replacing the drainage bottle with digital chest drainage system was

\* 通讯作者, E-mail: fanrr\_97@sina.com

shorter than that of replacing the drainage bottle with traditional device  $[(4.0 \pm 0.7) \text{ min vs. } (11.5 \pm 1.7) \text{ min}, t = 19.336, P = 0.000]$ . **Conclusions** Compared with the traditional device, digital drainage device shortens chest tube duration and postoperative hospital stay, relieves postoperative pain and decreases postoperative complication. This device also shortens the operating time of changing drainage bottle without increasing the total cost. It can bring benefits to doctors, nurses and patients, which is worthy of further promotion.

**【Key Words】** Digital drainage device; Lung resection; Thoracoscope

肺切除术后一般常规留置胸腔闭式引流,肺漏气是肺切除术后最常见的并发症<sup>[1]</sup>。漏气可能导致胸腔引流管拔除延迟,增加住院时间和并发症的发病风险<sup>[2-4]</sup>,减缓患者康复。目前,漏气描述主要依靠水封瓶中气泡溢出情况进行主观判断,且只能记录即时的漏气情况,并无统一的观察及描述规范。数字化胸腔引流系统是一项技术革新,能客观显示并记录患者胸腔漏气情况,并能追溯之前 24 h 胸腔漏气量及漏气波形,展示患者漏气的发展趋势,为进一步处理提供客观的依据。国外一些研究<sup>[5-7]</sup>表明数字化胸腔引流系统的使用能缩短术后胸腔引流管带管时间和患者住院时间,减少术后并发症,但也有研究认为数字化胸腔引流系统并不能为患者带来明显益处<sup>[8]</sup>。研究结果的不确定性使临床医护人员对数字化引流的效果存疑。本文回顾性对比 2018 年 6 月~2019 年 3 月我科 210 例胸腔镜肺切除术的

临床资料,旨在评估数字化胸腔引流系统在胸腔镜肺切除术后的临床应用效果。

### 1 临床资料与方法

#### 1.1 一般资料

本研究 210 例,男 115 例,女 95 例。中位年龄 59 岁(26~70 岁)。按术后是否使用(由医生决定)数字化胸腔引流系统分为观察组 102 例,对照组 108 例。左肺病变 97 例,右肺病变 113 例。合并慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)2 例。有吸烟史 57 例。2 组患者一般资料比较差异均无显著性( $P > 0.05$ ),有可比性,见表 1。

病例选择标准:①年龄 $\leq 70$ 岁;②接受肺切除手术(全肺切除除外);③患者能够理解并完成自我评估。排除标准:①任何原因导致的再次手术;②术后入住重症监护室并使用呼吸机辅助机械通气。

表 1 2 组一般资料比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	年龄(岁)	性别		是否吸烟		合并 COPD		术前肺功能				病变部位		手术部位	
		男	女	是	否	是	否	FEV1 (L)	FEV1% (%)	FEV1/FVC (%)	DLC0% (%)	左侧	右侧	上叶 切除	非上叶 切除
观察组( $n=102$ )	57.1 $\pm$ 8.3	58	44	33	69	1	101	2.72 $\pm$ 0.78	96.32 $\pm$ 20.54	76.78 $\pm$ 10.34	91.04 $\pm$ 16.35	45	57	54	48
对照组( $n=108$ )	58.5 $\pm$ 11.5	57	51	24	84	1	107	2.72 $\pm$ 0.83	96.83 $\pm$ 15.42	78.65 $\pm$ 7.42	87.35 $\pm$ 13.76	52	56	48	60
$t(\chi^2)$ 值	$t=0.998$	$\chi^2=0.353$		$\chi^2=0.353$				$t=-0.023$	$t=0.193$	$t=1.442$	$t=-1.685$	$\chi^2=0.353$		$\chi^2=0.353$	
$P$ 值	0.319	0.552		0.099		1.000*		0.982	0.848	0.151	0.094	0.558		0.276	

FEV1:1 秒用力呼气量(观察组  $n=95$ ,对照组  $n=98$ );FVC:用力肺活量(观察组  $n=95$ ,对照组  $n=98$ );FEV1/FVC:观察组  $n=95$ ,对照组  $n=98$ ;DLCO:肺一氧化碳弥散量(观察组  $n=93$ ,对照组  $n=97$ )

\* Fisher 精确检验

#### 1.2 方法

观察组:术后采用数字化胸腔引流系统(Thopaz 数字式胸腔引流系统),该装置已在其他研究中有详细介绍<sup>[9]</sup>,术后即刻初始负压设为重力模式( $-8 \text{ cm H}_2\text{O}$ ),根据患者病情变化(引流量以及颜色)给予相应调整,直至引流管拔除。

对照组:术后采用传统胸腔引流装置(三腔胸腔闭式水封瓶),常规不予接负压,当患者出现明显漏气或相关并发症如皮下气肿时,遵医嘱接墙壁式

负压吸引系统( $-12 \text{ cm H}_2\text{O}$ )。

均由主治医师、护士每天早、晚 2 次检查并记录患者肺漏气及引流情况;每天定时评估患者术后疼痛程度 1 次。为研究该系统能否给护理工作带来便利,组织在岗护士 22 名按照护理规章与流程模拟操作更换 2 种引流系统,分别记录各自所需时间。

#### 1.3 观察指标

①术后留置胸腔引流管时间(拔除引流管标准:观察组气体流速为 $\leq 20 \text{ ml/min}$ 至少 6 h 且液体

引流量  $\leq 200$  ml/24 h; 对照组在无负压吸引前提下,咳嗽测试水封瓶无气泡溢出,液体引流量  $\leq 200$  ml/24 h。此外,2 组均应满足胸片显示肺复张良好,引流液颜色为淡黄色或者淡红色清亮);②术后住院时间(出院标准:生命体征平稳;恢复正常饮食;无需输液;口服镇痛药物可良好镇痛;切口愈合良好,无渗血渗液;各器官功能状态良好;活动自如);③术后疼痛程度:术后第 1、2、3 天静息/活动状态疼痛评分(使用 NRS 数字评分表评估);④术后胸腔并发症:依据胸外科 TM&M 并发症与分级系统(Thoracic Mortality and Morbidity Classification)统计术后 II 级及以上并发症,包括肺炎、肺不张、脓胸、持续大量胸腔积液、乳糜胸、血胸、气胸、皮下气肿、支气管胸膜瘘等;⑤住院费用;⑥装置更换引流瓶时间

(从更换引流装置准备开始到更换完毕所需时间)。

1.4 统计学处理

使用 SPSS20.0 统计软件进行分析。计量资料符合正态分布用均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用独立样本  $t$  检验;非正态分布的计量资料用  $M(P_{25}, P_{75})$  表示,采用 Mann-Whitney  $U$  检验;计数资料比较采用  $\chi^2$  检验。 $P < 0.05$  差异有统计学意义。

2 结果

术后带管时间观察组明显短于对照组,住院期间均未出现拔管后再置管患者。观察组术后住院时间明显短于对照组,见表 2。2 组术后第 1、2 天疼痛评分无显著差异( $P > 0.05$ ),术后第 3 天观察组患者疼痛评分明显低于对照组( $P < 0.05$ ),见表 2。

表 2 2 组患者术后带管时间、住院时间及术后 3 d 疼痛评分比较 [ $M(P_{25}, P_{75})$ ]

组别	术后带管时间(d)	术后住院时间(d)	术后 3 d 疼痛评分(分)					
			Day1 静息	Day1 活动	Day2 静息	Day2 活动	Day3 静息	Day3 活动
观察组( $n = 102$ )	2.33(1.79,2.96)	3.54(2.71,4.33)	1(1,1)	2(2,2)	1(0.25,1)	2(1,2)	0(0,1)	1(0,2)
对照组( $n = 108$ )	2.81(1.89,3.47)	3.78(2.88,4.83)	1(1,1)	2(2,3)	1(0,1)	2(1,2)	0(0,1)	1(1,2)
$Z$ 值	-2.383	-2.569	-0.143	-0.849	-0.553	-0.188	-3.056	-2.653
$P$ 值	0.017	0.010	0.887	0.396	0.580	0.851	0.002	0.008

2 组术后共发生 19 例并发症(表 3):4 例肺不张,行胸腔闭式引流接负压吸引(对照组接墙壁负压  $-12$  cm  $H_2O$ ,观察组直接调节数字化胸腔引流系统负压至  $-12$  cm  $H_2O$ ),鼓励强化咳嗽;8 例大量胸腔积液,保留胸腔闭式引流;6 例皮下气肿(均为术侧切口周围皮下气肿,皮下捻发感明显,无胸闷气

促,给予胸带绑扎胸部);1 例术后乳糜胸(低脂饮食,2 d 后引流液变清,总量减少,24 h 总量为 200 ml 予以拔管)。19 例并发症经积极处理后均康复出院。2 组患者住院费用无明显差异,见表 3。观察组更换数字化胸腔引流系统引流瓶的时间明显短于对照组更换传统引流装置引流瓶时间,见表 4。

表 3 2 组术后并发症和住院费用比较

组别	肺不张	大量胸腔积液	皮下气肿	术后乳糜胸	合计	住院费用(万元)
观察组	1	2	2	0	5	5.11 $\pm$ 1.23
对照组	3	6	4	1	14	5.01 $\pm$ 1.40
$t(\chi^2)$ 值					$\chi^2 = 4.142$	$t = -0.578$
$P$ 值					0.042	0.564

表 4 22 名护士模拟 2 种装置更换引流瓶时间的比较( $n = 22, \bar{x} \pm s$ )

组别	更换装置时间(min)
观察组	4.0 $\pm$ 0.7
对照组	11.5 $\pm$ 1.7
$t$ 值	19.336
$P$ 值	0.000

3 讨论

胸腔闭式引流是胸外科患者术后管理的重要部

分,也是胸外科术后护理的主要工作之一。传统胸腔引流装置只能观察瞬时漏气情况,需要医护人员定期观察漏气以及引流情况,且对患者体位要求较高,以防逆行感染或管路滑脱。数字化胸腔引流系统在上述方面进行了技术革新,在胸部引流患者中得到一定程度的应用。既往已经有一些研究,但是国内的研究样本量较小,国内外的研究均注重观察临床指标,对于住院费用以及对护理工作关注较少。我们的研究弥补了既往研究的不足,在观察临床指标的同时,对比新的数字化胸腔引流系统的费用问

题和对护理工作的影响。

### 3.1 数字化胸腔引流系统的应用可以减少临床医疗决策的变异性

在传统胸腔引流装置应用时代,漏气评估主要依赖于医务人员的主观判断,拔管指征主要依据医生的经验,尚无统一标准。由于不能准确地判定是否有漏气而进行的长期观察可能会导致患者住院时间延长,而过早拔除胸腔引流管又可能使患者再次放置胸腔闭式引流的风险增加<sup>[10,11]</sup>。数字化胸腔引流系统能客观提供漏气指标和趋势,消除主观估计,提供可重复的数据,增加不同医护人员对漏气评估的一致性,减少临床变异,为临床决策者和患者提供相对安全的保障。McGuire 等<sup>[12]</sup>认为应用数字化胸腔引流系统后,无论是护士还是刚进入胸外科的住院医师,他们对于患者术后漏气严重程度的判断都更加接近于有经验的胸外科医师。Varela 等<sup>[13]</sup>将数字化胸腔引流系统用于肺切除术后的研究显示,不同观察者在决定胸腔引管是否拔除时具有较高的一致性。本研究采用统一的拔管标准,默认漏气为 20 ml/min,且持续 $\geq 6$  h 为不再漏气的判断标准,作为可以拔除引流管的指征,不仅促进临床实践的标准化,更保障患者的安全。此外,虽然目前研究证实数字化胸腔引流系统对于减少漏气没有直接作用<sup>[14]</sup>,但由于其能提供漏气的完整且客观的数据,对于术后有较高漏气风险患者的预测,为患者采取更及时的干预措施有重要的价值<sup>[15]</sup>。

### 3.2 数字化胸腔引流系统的应用使患者直接获益

通常情况下,胸外科手术后患者在拔除胸腔引流管后才会出院,因此,术后引流管留置时间在很大程度上决定患者的住院时间。引流管拔除需要同时满足引流液颜色、性状以及是否漏气等数项指标要求。术后肺漏气是决定胸腔引流管留置时间的主要因素<sup>[16]</sup>,长期肺漏气有可能与高龄、肺上叶切除、合并慢性肺部疾病有关<sup>[17-19]</sup>。关于数字化胸腔引流系统是否在缩短带管时间和住院时间方面存在优势,既往研究存在争议。有研究<sup>[5-7]</sup>结果支持数字化胸腔引流系统的积极作用。然而 Takamochi 等<sup>[8]</sup>报道数字化胸腔引流系统与传统引流装置的胸腔引流管带管时间相似( $P=0.149$ ),2 组患者长期漏气(漏气时间 $>5$  d)的发生率也相似( $P=0.867$ ),但该研究样本量偏小,以及 2 组患者术后早期漏气情况存在差异,导致研究结果的可信性受到一些质疑。本研究观察组术后带管时间、术后住院时间明显短

于对照组( $P<0.05$ )。术后并发症会延长住院时间,增加住院费用,甚至会影响患者预后,本研究观察组患者术后并发症发生率明显低于对照组( $\chi^2=4.142, P=0.042$ )。

数字化胸腔引流系统能提供持续补偿负压,给予胸腔持续负压吸引,理论上会使胸膜受到刺激,引起患者疼痛,因此,我们预测术后使用数字化胸腔引流系统的患者会比使用传统引流装置的患者经历更严重的疼痛,但观察组术后第 1、2 天疼痛程度与对照组差异无显著性( $P>0.05$ ),术后第 3 天显著低于对照组( $P<0.05$ ),与余艳等<sup>[20]</sup>的研究极其相似,表明数字化胸腔引流系统所产生的负压并未对患者造成不适的感觉,相反却由于患者提前拔管而可能减轻疼痛。这与胸腔镜术后患者的急性疼痛来源相符:疼痛不仅与手术对胸壁、膈肌、肋间神经等带来的切割损害有关<sup>[21]</sup>,还有很重要的原因是术后放置胸腔引流管对周围组织的刺激。这很好解释了观察组术后第 3 天的疼痛较对照组减轻可能与其提前拔管相关。

由于数字化胸腔引流系统的成本相对较高,过高的花费是医生或患者拒绝使用的可能障碍因素之一<sup>[14]</sup>,但本研究观察组住院费用与对照组差异无显著性( $P>0.05$ )。国外研究<sup>[22,23]</sup>表明相比传统引流装置,使用数字化胸腔引流系统能为患者平均节省 430~476 欧元。

### 3.3 数字化胸腔引流系统的使用为临床护士工作带来便利

更换胸腔闭式引流瓶是胸外科临床护士的常规操作,由于引流瓶直接连接患者胸腔,因此,该项操作需要严格遵循无菌原则以避免造成患者感染,并且传统水封瓶在使用前需要连接数个连接管并向瓶内灌注无菌生理盐水,使传统引流瓶的更换时间长,增加了护理工作量。数字化胸腔引流系统采用“干封”原理,不同于传统“水封”结构,且引流管与引流瓶之间有过滤系统,引流瓶与引流系统可直接分离,临床护士在夹闭引流管夹,系统待机状态下即可完成更换操作。本研究结果显示数字化胸腔引流系统更换仅需( $4.0 \pm 0.7$ ) min,明显短于传统引流装置更换时间为( $11.5 \pm 1.7$ ) min ( $t=19.336, P=0.000$ )。可见,使用数字化胸腔引流系统极大地节约护理操作时间,护士将从传统的护理操作中解放出来,有更多时间为患者提供以往较为薄弱的心理护理、人文关怀等。



本研究表明相对于传统胸腔引流装置,数字化胸腔引流系统对肺切除患者可以缩短术后带管时间、减少并发症、减轻疼痛、便于术后拔管决策和方便护理工作,同时并没有显著增加患者的住院费用,给医、护、患都带来收益,值得进一步推广。由于本研究是单中心回顾性研究,样本量仅有 210 例,需要今后通过更大样本量的多中心前瞻性随机对照研究证实。此外,由于数字化胸腔引流系统在国内应用并未普及,对于术后参数的设置以及拔管标准均参考国外研究,可能导致研究结果的偏倚,也是本研究的另一个局限。因此,探索一套中国肺切除术后患者应用数字化胸腔引流系统的标准流程也是今后研究的方向。

## 参考文献

- Rice TW, Okereke IC, Blackstone EH. Persistent air-leak following pulmonary resection. *Chest Surg Clin North Am*, 2002, 12 (3): 529 – 539.
- 韩敬泉, 曹守强, 董庆, 等. 胸腔镜肺叶切除术后胸腔闭式引流管早期拔出的可行性. *中华胸心血管外科杂志*, 2015, 32 (2): 103.
- Abolhoda A, Liu D, Brooks A, et al. Prolonged air leak following radical upper lobectomy: an analysis of incidence and possible risk factors. *Chest*, 1998, 113 (6): 1507 – 1510.
- Brunelli A, Xiume F, Al Refai M. Air leaks after lobectomy increase the risk of empyema but not of cardiopulmonary complications: a case-matched analysis. *Chest*, 2006, 130 (4): 1150 – 1156.
- Brunelli A, Beretta E, Cassava SD, et al. Consensus definitions to promote an evidence-based approach to management of the pleural space. A collaborative proposal by ESTS, AATS, STS, and GTSC. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2011, 40 (2): 291 – 297.
- Pompili C, Detterbeck F, Papagiannopoulos K, et al. Multicenter international randomized comparison of objective and subjective outcomes between electronic and traditional chest drainage systems. *Ann Thorac Surg*, 2014, 98 (2): 496 – 497.
- Marjański T, Sternau A, Rzyman W. The implementation of a digital chest drainage system significantly reduces complication rates after lobectomy – a randomized clinical trial. *Kardiocir Torakochirurgia Pol*, 2013, 2 (2): 133 – 138.
- Takamochi K, Nojiri S, Oh S, et al. Comparison of digital and traditional thoracic drainage systems for postoperative chest tube management after pulmonary resection: A prospective randomized trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2018, 155 (4): 1834 – 1840.
- 金鑫, 王若天, 钱坤, 等. 数字化胸腔引流系统在胸腔镜下肺结节楔形切除术中的应用价值. *中国微创外科杂志*, 2018, 18 (12): 1115 – 1117.
- Okereke I, Murthy SC, Alster JM. Characterization and importance

- of air leak after lobectomy. *Ann Thorac Surg*, 2005, 79 (4): 1167 – 1173.
- Liang S, Ivanovic J, Gilbert S, et al. Quantifying the incidence and impact of postoperative prolonged alveolar air leak after pulmonary resection. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2013, 145: 948 – 954.
- McGuire AL, Petreich W, Maziak DE, et al. Digital versus analogue pleural drainage phase 1: prospective evaluation of inter-observer reliability in the assessment of pulmonary air leaks. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2015, 21 (4): 403 – 407.
- Varela G, Jiménez MF, Novoa NM, et al. Postoperative chest tube management: measuring air leak using an electronic device decreases variability in the clinical practice. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2009, 35 (1): 28 – 31.
- Zhou J, Lyu M, Chen N, et al. Digital chest drainage is better than traditional chest drainage following pulmonary surgery: a meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2018, 54 (4): 635 – 643.
- Brunelli A, Monteverde M, Borri A, et al. Predictors of prolonged air leak after pulmonary lobectomy. *Ann Thorac Surg*, 2004, 77 (4): 1205 – 1210.
- Yeung C, Gilbert S. Digital pleural drainage technology is here to stay time to realize its potential. *J Thorac Dis*, 2018, 10 (Suppl 33): S3882 – S3883.
- Brunelli A, Varela G, Refai M, et al. A scoring system to predict the risk of prolonged air leak after lobectomy. *Ann Thorac Surg*, 2010, 90 (1): 204 – 209.
- Pompili C, Miserocchi G. Air leak after lung resection: Pathophysiology and patients' implications. *J Thorac Dis*, 2016, 8 (Suppl 1): S46 – S54.
- Shiroyama T, Okamoto N, Tamiya MJ, et al. Effective management of persistent pneumothorax using a Thopaz digital drainage system combined with an endobronchial watanabe spigot. *Intern Med J*, 2016, 55 (6): 663 – 665.
- 余艳, 蔡少如, 张福伟, 等. 数字化胸腔闭式引流系统在肺癌切除术围术期护理中的应用. *重庆医学*, 2017, 46 (36): 5158 – 5160.
- Wojtyś ME, Wąsikowski J, Wójcik N, et al. Assessment of postoperative pain management and comparison of effectiveness of pain relief treatment involving paravertebral block and thoracic epidural analgesia in patients undergoing posterolateral thoracotomy. *J Cardiothorac Surg*, 2019, 14 (1): 78.
- Brunelli A, Salati M, Refai M, et al. Evaluation of a new chest tube removal protocol using digital air leak monitoring after lobectomy: a prospective randomised trial. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2010, 37 (1): 56 – 60.
- Jablonski S, Brocki M, Wawrzycki M, et al. Efficacy assessment of the drainage with permanent airflow measurement in the treatment of pneumothorax with air leak. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 62 (6): 509 – 515.

(收稿日期: 2020 – 03 – 18)

(修回日期: 2020 – 11 – 04)

(责任编辑: 李贺琼)