

## 研究论著

DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2024.01.012

## 经支气管镜、超声引导和解剖标志定位经皮扩张气管切开术的比较

钱雪琴 朱瑶丽 练荣丽 王轶 覃偲偲 郑昌艳 马蓉 吕柏成

**【摘要】** 目的 比较纤维支气管镜（支气管镜）、超声引导及解剖标志定位三种方式在经皮扩张气管切开术（PDT）中的疗效和安全性。方法 选择101例行PDT病例进行回顾性研究，根据手术方式分为3组：支气管镜引导组（39例）、超声引导组（27例）和解剖标志定位组（35例）。收集3组患者人口学资料、一般情况、手术情况、术后并发症和预后情况。结果 3组患者的年龄、性别构成、入ICU原因、基础疾病、术前凝血状态比较差异均无统计学意义（ $P$ 均 $>0.05$ ）。与其他2组比较，超声引导组术前序贯器官衰竭评分（SOFA）较高、手术时间较短、术中出血量较少（ $P$ 均 $<0.05/3$ ）。超声引导组术后 $\text{PaCO}_2$ 高于解剖标志定位组（ $P < 0.05/3$ ）。结论 PDT中进行实时超声引导可了解颈部解剖结构，对于病情复杂严重患者可减少手术时间、术中出血量，避免过度通气，或许可作为支气管镜引导或解剖标志定位的替代方案。

**【关键词】** 危重症；经皮扩张气管切开术；支气管镜；超声引导；解剖标志定位

**Comparison of percutaneous dilational tracheotomy using bronchoscope, ultrasound guidance and anatomical landmark**

Qian Xueqin<sup>△</sup>, Zhu Yaoli, Lian Rongli, Wang Yi, Qin Sisi, Zheng Changyan, Ma Rong, Lü Baicheng.<sup>△</sup> Department of Intensive Care Unit (Surgical ICU), the Fifth Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Zhuhai 519000, China

Corresponding author, Zhu Yaoli, E-mail: zhuyaoli@mail.sysu.edu.cn; Lü Baicheng, E-mail: 506012528@qq.com

**【Abstract】** **Objective** To compare the efficacy and safety of percutaneous dilational tracheostomy (PDT) using fiberoptic bronchoscope, ultrasound guidance and anatomic landmark localization. **Methods** In this retrospective cohort, 101 patients undergoing PDT were enrolled and divided into bronchoscope-guided group ( $n = 39$ ), ultrasound-guided group ( $n = 27$ ), and anatomical landmark localization group ( $n = 35$ ). Demographic data, general condition, surgical condition, postoperative complication and clinical prognosis were collected. **Results** No statistical significance was found in age, sex, cause of ICU stay, primary disease and preoperative coagulation status (all  $P > 0.05$ ). In the ultrasound-guided group, preoperative Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) score was higher, the operation time was shorter and intraoperative blood loss was less compared with those in the other two groups ( $P < 0.05/3$ ). The  $\text{PaCO}_2$  in the anatomical landmark localization group was lower than that in the ultrasound-guided group ( $P < 0.05/3$ ). **Conclusions** Real-time ultrasound guidance during PDT can be employed to identify the anatomical structures of the neck, which can shorten the operation time, reduce intraoperative bleeding and avoid hyperventilation in patients with severe diseases. Ultrasound-guided PDT may serve as an alternative regimen for PDT using bronchoscope or anatomical landmark localization.

**【Key words】** Critical illness; Percutaneous dilational tracheostomy; Bronchoscope; Ultrasound guidance; Anatomical landmark localization

长时间机械通气和（或）建立人工气道的重症患者需行气管切开术，经皮扩张气管切开术（PDT）因具有简捷、并发症少等优点而成为首选<sup>[1]</sup>。传统PDT（即解剖标志定位）存在盲穿性：进针过深损伤气管后壁，甚至造成气管食管

瘘；定位不准确误入气管旁位置，反复操作使气管损伤概率增加。为增加手术安全性，经纤维支气管镜（支气管镜）及超声引导下PDT近年在临床开展。借助支气管镜观察气道，明确位置，有效避免操作失误，但也是有创操作，且有引起气

作者单位：519000 珠海，中山大学附属第五医院重症医学科（外科ICU）（钱雪琴，朱瑶丽，练荣丽，王轶，覃偲偲，郑昌艳，马蓉）；529799 鹤山，江门鹤山市人民医院重症医学科（吕柏成）

通信作者，朱瑶丽，E-mail: zhuyaoli@mail.sysu.edu.cn；吕柏成，E-mail: 506012528@qq.com

道痉挛、恶化通气、延长手术时间及不易清洗消毒等缺点<sup>[2]</sup>。床旁超声具有无创、可视及实时动态特点。近年研究表明,超声引导 PDT 可降低感染率、缩短手术时间和减少潜在并发症<sup>[3]</sup>。气管切开术中会产生大量气溶胶,超声引导也有助于降低医务人员面临细菌或病毒传播的风险<sup>[4]</sup>。超声引导 PDT 作为一种较新的技术,正于临床逐步推广<sup>[5]</sup>。本研究拟通过比较支气管镜、超声引导及解剖标志定位三种方式在 PDT 临床应用中的效果,为患者选择更好的手术方式提供实践依据。

## 对象与方法

### 一、研究对象

收集 2019 年 2 月至 2023 年 7 月在本院 ICU 进行 PDT 的病例,参考近期文献结果,设检验功效为 95% 时,预计样本数量共需 54 例。病例纳入标准:年龄 $\geq 18$  岁,长时间行机械通气和(或)需要建立人工气道,具备气管切开指征。排除标准:①合并巨大甲状腺肿者;②未纠正的严重凝血功能障碍,血小板计数 $<20 \times 10^9/L$ 者;③气管切开位置感染者;④气管切开处恶性肿瘤者;⑤不稳定颈椎者;⑥妊娠期妇女。本研究经医院伦理委员会审批[中大五院[2023]伦字第(K37-1)号],患者或其家属已签署知情同意书。

### 二、手术方案

使用上海全安医疗器械有限公司的经皮扩张气管切开包。3 组的操作均采用标准 PDT Seldinger 法:患者取仰卧位,肩背部垫高,头后仰,颈过伸,取正中位,暴露气管穿刺定位后,常规消毒铺巾,2%利多卡因局部麻醉后,固定患者气管,沿局部麻醉点横向切开颈前皮肤,切口约 1.5 cm,将带有套管的穿刺针连接有生理盐水的注射器,在穿刺点刺入气管,回抽有气泡,退出穿刺针,沿套管送入导丝,扩张器沿导丝扩张皮下组织,再用扩张钳扩开皮下组织及气管前壁,最后置入气切套管,拔除导丝和管芯,接呼吸机辅助呼吸(或其他氧疗装置)。手术均由熟悉颈部解剖情况及掌握操作技术的高年资主治医师主导。对于皮下距离较长的肥胖患者,予加长套管确保手术顺利完成。

#### 1. 支气管镜引导组

助手通过宾得 FI-16RBS 支气管镜注入 2%利多卡因 2 mL 进行气管内表面麻醉。通过支气管镜

透照,穿刺点选择第 2~4 气管软骨环之间,颈前正中部位,术中支气管镜直视确认穿刺针位于气管正中、未刺及气管后壁,送入导丝时助手退出支气管镜至声门口,最后确认气切套管位置。手术时间为从皮肤切开至插入气切套管的时间。术后行胸部 X 线检查皮下气肿、气胸和纵隔气肿等并发症发生情况。

#### 2. 超声引导组

应用日立阿洛卡 F37 彩色多普勒超声仪,长轴定位气管环位置,穿刺点选择第 2~4 气管软骨间隙,短轴观察甲状腺腺体及峡部、环状软骨、气管环、两侧颈动静脉,明确颈前皮肤至气管前内膜间距以确定进针深度。手术开始,助手使用无菌膜包裹超声套管,术者再次用超声确认穿刺点及穿刺深度,并在短轴平面指引下进行穿刺,进入气管内回抽有气泡后,退出针芯,置入导丝,将超声切面转为长轴,确认导丝位置,最后置入气切套管。手术时间为实时超声引导重新定位至插入气切套管时间。操作完成之后超声再次确认颈部情况,排查有无出血、气胸等并发症。

#### 3. 解剖标志定位组

根据体表解剖标志,选择环状软骨下 1.5~2.0 cm 为穿刺点,定位环状软骨及气管位置,保证穿刺点尽量在中间位置,置入导丝时确保导丝可在扩张管内滑动,避免进入皮下组织形成假腔,最后置入气切套管。手术时间为从皮肤切开至插入气切套管时间。术后行胸部 X 线检查皮下气肿、气胸和纵隔气肿等并发症发生情况。

### 三、研究方案

筛查患者共 123 例,入组 101 例,根据手术方式分 3 组,其中支气管镜引导组 39 例,超声引导组 27 例,解剖标志定位组 35 例。观察内容包括:① 3 组患者的人口学资料,包括年龄和性别;② 术前一般情况,包括入 ICU 的主要病因、基础疾病、BMI、颈椎固定化、既往有无气管切开史、入科时急性生理和慢性健康评估 II (APACHE II) 及序贯器官衰竭评分 (SOFA)、气管插管至气管切开时间、血小板计数及凝血功能指标;③ 3 组患者的手术指标如手术时间、一次穿刺成功率、术中出血量、是否完成手术,术中生命体征如心率、血压、呼吸频率、给氧浓度及脉搏血氧饱和度 ( $SpO_2$ )、气道压力峰值、呼气末正压 (PEEP) 及术后  $PaCO_2$ ;④ 3 组患者的手术并发症如术后切口

出血[需要止血和(或)输血治疗干预]、低氧血症( $SpO_2 < 0.90$ )、皮下气肿、气胸、纵隔气肿、气管食管瘘、气管软骨断裂、邻近结构损伤、切口感染,以及临床结局如机械通气时间、ICU住院时间、此次住院时间、气管切开伤口愈合情况及此次住院病死率。

#### 四、统计学处理

使用SPSS 25.0处理数据。正态分布的定量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用方差分析;不服从正态分布的定量资料采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用多组独立样本的秩和检验,两两比较采用Bonferroni法。定性资料采用例(%)描述,组间比较采用 $\chi^2$ 检验和Fisher确切概率法,两两比较采用卡方分割法。 $\alpha=0.05$ 。

## 结 果

### 一、3组PDT患者的人口学资料比较

支气管镜组、超声引导组及解剖标志定位组患者的年龄分别为( $58.0 \pm 12.0$ )( $58.07 \pm 15.3$ )( $56.8 \pm 15.9$ )岁,组间比较差异无统计学意义( $F=0.092, P=0.912$ );3组中男性分别占62%(24/39)、59%(16/27)、71%(25/35),组间比较差异无统计学意义( $\chi^2=1.204, P=0.548$ )。

### 二、3组PDT患者的术前一般情况比较

根据数据类型将各临床指标分为定性指标和定量指标。3组PDT患者的入ICU原因均以脑血管意外居多(>50%),其次是重症肺炎和颅脑损伤,再者为心肺复苏术后和脑肿瘤;而较多患者合并的基础疾病为高血压、糖尿病及恶性肿瘤。3组PDT患者的入ICU原因、合并的基础疾病比较差异均无统计学意义( $P$ 均>0.05),见表1。术前超声组有1例颈椎固定化。3组患者既往均无气管切开史。3组术前SOFA评分比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),进一步两两比较可知,超声引导组术前SOFA评分高于支气管镜引导组和解剖标志定位组( $P$ 均<0.05/3);其余组间比较差异均无统计学意义( $P$ 均>0.05),见表2。

### 三、3组PDT患者的手术情况、术后并发症和预后情况比较

3组PDT患者的手术情况、术后并发症和预后情况定性指标比较差异均无统计学意义( $P$ 均>0.05),见表3。3组PDT患者的手术时间、术中出血量和术后 $PaCO_2$ 比较差异均有统计学意义( $P < 0.001$ ),见表4。进一步两两比较可知,超声引导组手术时间及术中出血量少于支气管镜引导组和解剖标志定位组( $P$ 均<0.001),解剖标志定位组术后 $PaCO_2$ 低于超声引导组( $P < 0.05/3$ )。

表1 3组PDT患者的定性指标比较[例(%)]

指 标	支气管镜引导组(n=39)	超声引导组(n=27)	解剖标志定位组(n=35)	$\chi^2$ 值	P值
入ICU原因				—	0.826 <sup>a</sup>
CPR术后	4(10)	2(7)	2(6)		
腹腔感染	0(0)	2(7)	0(0)		
颅脑损伤	4(10)	2(7)	6(17)		
脑血管意外	23(59)	14(52)	19(54)		
脑肿瘤	2(5)	1(4)	2(6)		
重症肺炎	6(15)	6(22)	6(17)		
基础疾病					
高血压	23(59)	11(41)	22(63)	3.338	0.188
2型糖尿病	7(18)	7(26)	6(17)	0.878	0.645
冠心病	5(13)	2(7)	4(11)	—	0.851 <sup>a</sup>
恶性肿瘤	8(21)	3(11)	3(9)	—	0.338 <sup>a</sup>
脑梗死	0(0)	0(0)	0(0)	—	—
先天性心脏病	3(8)	2(7)	1(3)	—	0.659 <sup>a</sup>
慢性肾功能不全	1(3)	1(4)	2(6)	—	0.828 <sup>a</sup>
COPD	3(8)	2(7)	2(6)	—	>0.999 <sup>a</sup>
心律失常	0(0)	0(0)	2(6)	—	0.187 <sup>a</sup>

注: <sup>a</sup>Fisher确切概率法;—为无数据。

表2 3组PDT患者的定量指标比较 [  $M(P_{25}, P_{75})$  ]

指标	支气管镜引导组( $n=39$ )	超声引导组( $n=27$ )	解剖标志定位组( $n=35$ )	H值	P值
BMI/( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	22 (21, 23)	22 (20, 23)	22 (21, 23)	1.375	0.503
入科时 APACHE II /分	21 (15, 24)	24 (20, 30)	21 (17, 24)	4.939	0.085
入科时 SOFA/分	6 (5, 8)	8 (6, 10) <sup>a</sup>	5 (5, 7) <sup>b</sup>	15.486	<0.001
气管插管至气管切开时间/d	5 (3, 8)	6 (3, 12)	6 (4, 9)	1.075	0.584
血小板计数/( $\times 10^9/\text{L}$ )	166 (142, 276)	182 (143, 234)	188 (140, 212)	0.047	0.977
D-二聚体/( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	1.661 (0.895, 2.681)	2.83 (0.975, 4.52)	0.96 (0.606, 5.810)	1.466	0.480
国际标准化比值	1.15 (1.1, 1.25)	1.11 (0.98, 1.27)	1.23 (1.12, 1.33)	5.063	0.080
凝血酶原时间/s	12.6 (11.9, 13.5)	12.3 (11.3, 14.0)	13.3 (11.6, 14.4)	1.665	0.435
纤维蛋白原/( $\text{g}/\text{L}$ )	4.98 (4.38, 6.78)	4.77 (3.5, 5.64)	5.03 (4.3, 6.04)	3.680	0.159

注：与支气管镜引导组比较，<sup>a</sup> $P < 0.05/3$ ；与超声引导组比较，<sup>b</sup> $P < 0.05/3$ 。

表3 3组PDT患者的手术情况、术后并发症和预后情况定性指标比较 [例(%)]

指标	支气管镜引导组( $n=39$ )	超声引导组( $n=27$ )	解剖标志定位组( $n=35$ )	$\chi^2$ 值	P值
术中低血压	4 (10)	1 (4)	1 (3)	—	0.499 <sup>a</sup>
术中新发心律失常	0 (0)	0 (0)	0 (0)	—	—
一次穿刺成功率	39 (100)	27 (100)	32 (91)	—	0.057 <sup>a</sup>
手术完成	39 (100)	27 (100)	34 (97)	—	0.614 <sup>a</sup>
术后切口出血	9 (23)	2 (7)	11 (31)	5.225	0.073
术后低氧血症	1 (3)	0 (0)	0 (0)	—	>0.999 <sup>a</sup>
皮下气肿	0 (0)	0 (0)	1 (3)	—	0.614 <sup>a</sup>
气胸	0 (0)	0 (0)	0 (0)	—	—
纵隔气肿	0 (0)	0 (0)	0 (0)	—	—
气管食管瘘	0 (0)	0 (0)	0 (0)	—	—
气管软骨断裂	0 (0)	0 (0)	0 (0)	—	—
邻近结构损伤	0 (0)	0 (0)	1 (3)	—	0.614 <sup>a</sup>
切口感染	0 (0)	1 (4)	2 (6)	—	0.364 <sup>a</sup>
住院死亡	5 (13)	6 (22)	6 (17)	1.011	0.603
出院气管切开状态				2.126	0.713
死亡	5 (13)	6 (22)	6 (17)		
带管	24 (62)	12 (44)	18 (51)		
愈合	10 (26)	9 (33)	11 (31)		

注：\*Fisher 确切概率法；—为无数据。

表4 3组PDT患者的手术情况和术后并发症、转归定量指标 [  $M(P_{25}, P_{75})$  ]

指标	支气管镜引导组( $n=39$ )	超声引导组( $n=27$ )	解剖标志定位组( $n=35$ )	H值	P值
手术时间/min	20 (15, 25)	15 (10, 16) <sup>a</sup>	20 (20, 25) <sup>b</sup>	25.498	<0.001
术中出血量/mL	10 (10, 15)	6 (5, 10) <sup>a</sup>	10 (10, 20) <sup>b</sup>	23.102	<0.001
术中心率/(次/分)	90 (80, 100)	86 (70, 100)	80 (70, 110)	1.163	0.559
术中收缩压/mmHg	130 (114, 140)	125 (120, 140)	139 (115, 140)	0.945	0.623
术中舒张压/mmHg	70 (70, 80)	70 (60, 71)	73 (60, 80)	1.170	0.557
术中呼吸频率/(次/分)	16 (15, 20)	16 (14, 19)	18 (17, 20)	5.295	0.071
术中给氧浓度/%	45 (40, 50)	45 (40, 60)	45 (40, 50)	2.894	0.235
术中 SpO <sub>2</sub> /%	96 (94, 98)	96 (94, 99)	96 (94, 98)	0.194	0.907
术中气道压力峰值/ $\text{cmH}_2\text{O}^c$	26 (24, 28)	25 (22, 28)	25 (23, 27)	0.960	0.619
术中 PEEP/ $\text{cmH}_2\text{O}^c$	4.5 (4.0, 5.0)	5.0 (4.0, 5.0)	4 (3.8, 5.0)	3.705	0.157
术后 PaCO <sub>2</sub> /mmHg	35 (31, 41)	38 (35, 41)	34 (32, 38) <sup>b</sup>	6.916	0.031
机械通气时间/d	6 (2, 16)	11 (4, 23)	6 (3, 12)	3.060	0.217
ICU 住院时间/d	14 (9, 24)	17 (7, 27)	13 (8, 26)	0.123	0.940
住院时间/d	40 (26, 52)	35 (28, 55)	43 (35, 59)	1.064	0.587

注：与支气管镜引导组比较，<sup>a</sup> $P < 0.05/3$ ；与超声引导组比较，<sup>b</sup> $P < 0.05/3$ ；<sup>c</sup>由于术中气道压力峰值及术中 PEEP 仅在机械通气患者中测得，因此 3 组样本量分别为：支气管镜引导组 31 例、超声引导组 23 例、解剖标志定位组 26 例。

## 讨 论

PDT是临床工作中常见的一种用于急危重症手术,用于通气不足或者呼吸困难的治疗<sup>[6]</sup>。但部分病例行PDT存在特殊性,如肥胖患者因颈部肿胀可能将气管推向侧面或将其遮挡;烧伤患者因颈部烧伤水肿,气管难以暴露,颈部及甲状腺血管怒张,PDT时易误伤血管<sup>[7]</sup>。曾有学者报道,在外科气管切开术中发现气管上罕见的异常动脉,行传统PDT(即解剖标志定位)难度较多,是相对禁忌证<sup>[8]</sup>。随后临床开发了经支气管镜及超声引导两种术式,支气管镜用于引导针插入气管、验证套管位置,然而其在精确识别颈部解剖结构和预防血管损伤等方面存在局限性,而超声能够实时引导并在可视下了解进针路径和深度,有助于避免误穿血管和气管外组织、损伤气管后壁等并发症,使目前PDT适应证扩大到既往被认为具有围术期并发症高风险的患者<sup>[9-11]</sup>。

目前经支气管镜、超声引导的手术方式已逐渐普及。Gupta等<sup>[1]</sup>报道666例PDT使用支气管镜和超声引导的比例分别为29.3%和16.8%。本研究显示,超声引导组术前SOFA评分较高,手术时间及术中出血量均少于其他两组,这与前人研究符合<sup>[12-14]</sup>。解剖标志定位组术后出现过度通气情况,分析可能是该组需要机械通气支持的比例较低,且手术时间较长,为避免镇痛、镇静药物造成呼吸麻痹,用药较为谨慎,造成术中未能充分镇痛、呼吸频率加快导致。解剖定位组3例未能一次成功:一例置入导丝不顺利,需重新定位;一例术中出现气道梗阻,发现气管插管已退出声门外,紧急重新气管插管后完成手术;一例误入气管前间隙,未发生大出血,后转外科切开完成手术。一项随机对照试验分析了588例PDT患者,认为超声引导在手术并发症方面与支气管镜引导相当,与解剖标志定位相比,减少了出血、一过性低氧及意外脱管等并发症<sup>[15]</sup>。另有研究者认为,超声引导有助于减少围术期并发症,对于老年、困难病例,或许可以考虑超声与支气管镜联合进行引导<sup>[5, 16-18]</sup>。在治疗费用中,支气管镜引导组与解剖标志定位组术后需复查胸部X线片(费用127元)确认手术安全,支气管镜引导费用为310元,超声引导费用为108元,Yaghoubi等<sup>[19]</sup>研究亦认为支气管镜引导会增加手术成本。

综上所述,超声引导PDT具有缩短手术时间、

减少术中出血量、避免过度通气及手术成本较低等优点,或许可作为支气管镜引导或解剖标志定位的潜在替代方案,特别是对于病情复杂的严重患者。本研究存在局限性,如为回顾性设计且样本量较少,此外未评估气管狭窄等长期并发症,仍需要更大规模的前瞻性随机对照研究来进一步评估。

## 参 考 文 献

- [1] Gupta S, Tomar D S, Dixit S, et al. Dilatational percutaneous vs surgical Tracheostomy in Intensive care Unit: a practice pattern observational multicenter study (DISSECT) [J]. *Indian J Crit Care Med*, 2020, 24 (7): 514-526.
- [2] 包利峰,邱俊芬,吴德君,等.超声引导下经皮扩张气管切开术在危重症患者治疗中的应用价值[J].*中国基层医药*, 2019, 26 (3): 332-336.  
Bao L F, Qiu J F, Wu D J, et al. Clinical value of ultrasound guided percutaneous dilatation tracheotomy in critical ill patients [J]. *Chin J Prim Med Pharm*, 2019, 26 (3): 332-336.
- [3] Song J, Xuan L, Wu W, et al. Comparison of percutaneous dilatational tracheostomy guided by ultrasound and bronchoscopy in critically ill obese patients [J]. *J Ultrasound Med*, 2018, 37 (5): 1061-1069.
- [4] Berges A J, Lina I A, Ospino R, et al. Quantifying viral particle aerosolization risk during tracheostomy surgery and tracheostomy care [J]. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2021, 147 (9): 797-803.
- [5] Plata P, Gaszyński T. Ultrasound-guided percutaneous tracheostomy [J]. *Anaesthesiol Intensive Ther*, 2019, 51 (2): 126-132.
- [6] Iftikhar I H, Teng S, Schimmel M, et al. A network comparative meta-analysis of percutaneous dilatational tracheostomies using anatomic landmarks, bronchoscopic, and ultrasound guidance versus open surgical tracheostomy [J]. *Lung*, 2019, 197 (3): 267-275.
- [7] 苏爱云,唐庆,朱家源,等.重度烧伤儿童气管切开术后窒息28例临床分析[J].*新医学*, 2000, 31 (2): 91-92.  
Su A Y, Tang Q, Zhu J Y, et al. Clinical analysis of 28 cases of asphyxia after tracheotomy in severely burned children [J]. *N Chin Med*, 2000, 31 (2): 91-92.
- [8] Tai M T F, Lui S K. Discovery of a rare aberrant artery overlying trachea during open tracheostomy [J]. *BMJ Case Rep*, 2022, 15 (7): e251123.
- [9] 郭敏,李炬带.彩色多普勒超声引导下经皮扩张钳扩张气管切开术在头颈部烧伤合并上呼吸道梗阻患者中的应用价值[J].*中华烧伤杂志*, 2019, 35 (5): 388-391.  
Guo M, Li J D. Application value of color Doppler ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy with dilatation forceps in patients with head and neck burns complicated with upper respiratory tract obstruction [J]. *Chin J Burns*, 2019, 35

- (5): 388-391.
- [10] Roy C F, Silver J A, Turkdogan S, et al. Complication rate of percutaneous dilatational tracheostomy in critically ill adults with obesity: a systematic review and meta-analysis [J]. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg, 2023, 149 (4): 334-343.
- [11] Arora P, Arora R, Karim H M R, et al. Transillumination and point-of-care ultrasonography to delineate tracheal deviation for challenging tracheostomy: a case report [J]. Cureus, 2023, 15 (4): e37164.
- [12] Kang H T, Kim S Y, Lee M K, et al. Comparison between real-time ultrasound-guided percutaneous tracheostomy and surgical tracheostomy in critically ill patients [J]. Crit Care Res Pract, 2022, 2022: 1388225.
- [13] Topcu H, Ozçiftçi S, Şahiner Y. Comparative effectiveness of real-time ultrasound-guided tracheostomy and anatomic landmark percutaneous dilatational tracheostomy: a retrospective cohort study [J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2022, 26 (21): 7883-7891.
- [14] Sarıtaş A, Kurnaz M M. Comparison of bronchoscopy-guided and real-time ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy: safety, complications, and effectiveness in critically ill patients [J]. J Intensive Care Med, 2019, 34 (3): 191-196.
- [15] Gobatto A L N, Besen B A M P, Cestari M, et al. Ultrasound-guided percutaneous dilatational tracheostomy: a systematic review of randomized controlled trials and meta-analysis [J]. J Intensive Care Med, 2020, 35 (5): 445-452.
- [16] Dugg K, Kathuria S, Gupta S, et al. Comparison of landmark guided and ultrasound guided percutaneous dilatational tracheostomy: efficiency, efficacy and accuracy in critically ill patients [J]. J Anaesthesiol Clin Pharmacol, 2022, 38 (2): 281-287.
- [17] Lin K T, Kao Y S, Chiu C W, et al. Comparative effectiveness of ultrasound-guided and anatomic landmark percutaneous dilatational tracheostomy: a systematic review and meta-analysis [J]. PLoS One, 2021, 16 (10): e0258972.
- [18] Boran Ö F, Bilal B, Bilal N, et al. Comparison of the efficacy of surgical tracheostomy and percutaneous dilatational tracheostomy with flexible lightwand and ultrasonography in geriatric intensive care patients [J]. Geriatr Gerontol Int, 2020, 20 (3): 201-205.
- [19] Yaghoubi S, Massoudi N, Fathi M, et al. Performing percutaneous dilatational tracheostomy without using fiberoptic bronchoscope [J]. Tanaffos, 2020, 19 (1): 60-65.

(收稿日期: 2023-09-18)

(本文编辑: 林燕薇)

