气管切开术后拔管困难患者成功拔除气切套管的相关因素分析*

李 勃¹ 姜宏英^{1,2} 周 婷¹ 杨 博¹ 郭海明¹

摘要

目的:探讨气管切开术后拔管困难患者成功拔除气切套管的相关影响因素。

方法:回顾性纳入2020年1月—2022年1月于首都医科大学附属北京康复医院呼吸与危重症医学科收治的拟行拔管的气管切开术后拔管困难患者,给予呼吸康复治疗,按照是否成功拔除气切套管分为拔管组和未拔管组。收集纳入患者的基线资料,以及拔管前或出院时的意识水平、氧分压、机械通气时间、上气道通畅情况、分泌物管理能力、能否耐受连续佩戴语音阀4h、咳嗽能力、吞咽能力等信息,采用二元logistic回归分析成功拔除气切套管的相关因素。

结果:共纳入96例气管切开术后拔管困难患者,男性67例,女性29例,平均年龄(63.99±15.69)岁,拔管组60例和未拔管组36例。logistic回归分析显示,上气道通畅(OR 11.882,95%CI 1.181—119.519)、分泌物管理良好(OR 11.512,95%CI 1.866—71.021)、能耐受4h语音阀佩戴(OR 49.217,95%CI 5.040—480.594)、PCF > 100L/min(OR 11.527,95%CI 1.053—126.121)有显著性意义。

结论:气管切开术后困难拔管患者中,上气道通畅、分泌物管理良好、能耐受4h语音阀佩戴、咳嗽能力良好是成功拔除患者气切套管的独立预测因素。

关键词 气管切开术后拔管困难;拔除气切套管;呼吸康复;上气道通畅;分泌物管理

中图分类号:R493,R473 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2023)-09-1227-06

Multivariate analysis of successful tracheostomy decannulation in patients with difficulty in decannulation/
LI Qing, JIANG Hongying, ZHOU Ting, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2023, 38(9):
1227—1232

Abstract

Objective: To investigate the related factors of successful tracheostomy decannulation in patients with difficulty in decannulation.

Method: Retrospective inclusion criteria included patients with difficulty in decannulation with an indwelling tracheostomy tube who were hospitalized to the Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Beijing Rehabilitation Hospital of Capital Medical University from January 2020 to January 2022. All the patients were divided into the decannulation group and non-decannulation group based on whether a success of tracheostomy decannulation or not. The baseline information of the included patients were collected, along with the level of consciousness, partial pressure of oxygen, time of mechanical ventilation, upper airway patency, secretion management ability, tolerance to 4-hour voice valve wearing, cough ability, and swallowing ability before decannulation or at discharge. Binary logistic regression was used to examine the variables that contributed to the removal of the tracheostomy tube being successful.

Result: A total of 96 patients with difficulty in decannulation were included in the study; there were 67 males and 29 females, with an average age of 63.99±15.69. The decannulation group included 60 patients, while the

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2023.09.008

*基金项目:首都医科大学附属北京康复医院院内课题(2021-062)

1 首都医科大学附属北京康复医院呼吸康复中心,北京市,100144; 2 通讯作者

第一作者简介:李勃,女,医师; 收稿日期:2022-05-31

non-decannulation group included 36 patients. Logistic regression analysis showed that upper airway patency (OR 11.882, 95%CI 1.181—119.519), good secretion management (OR 11.512, 95%CI 1.866—71.021), tolerance to 4-hour voice valve wearing (OR 49.217, 95% CI 5.040—480.594), PCF>100L/min (OR 11.527, 95% CI 1.053—126.121) have statistical significance.

Conclusion: Upper airway patency, good secretion management, tolerance to 4-hour voice valve wearing, and good coughing ability are all independent predictors of successful tracheotomy tube removal in patients with difficulty in decannulation after tracheotomy.

Author's address Beijing Rehabilitation Hospital of Capital Medical University, Pulmonary Rehabilitation Center, Beijing, 100144

Key word difficult decannulation; tracheostomy decannulation; pulmonary rehabilitation; upper airway patency; secretion management

ICU实施气管切开术的数量一直在增加^[1]。一些近期的研究发现,重症监护室的气管切开术率目前超过了30%,而早期只有10%^[2-3]。气管造口术的益处是无可争议的,但也报道了相当多的缺陷,包括有效沟通障碍、生活质量降低以及气切并发症的发生,比如出血、气管狭窄,甚至是在某些情况下导致死亡^[4]。拔除气切套管能够提高患者的舒适性,改善吞咽、发音功能,从而能更好的进行自我护理、交流和融入社会^[5-6]。但有相当一部分患者存在拔管困难^[7],即待原发病去除1周后及以上,仍不能拔管,有研究发现该发生率在5.0%^[8]。因此,气切套管拔除是患者从危重症疾病状态康复的重要一步。但若没有经过充分评估直接拔管可能会导致拔管失败、呼吸衰竭、心力衰竭等,甚至死亡^[9]。所以,拔除气切套管的时机很重要。

如何判断时机,这就涉及拔管指征的确立。虽然已经有一些研究或专家意见发表了气切套管拔除的方案^[3,9],但是存在异质性,到目前为止尚无统一的拔管方案。本研究探讨气切术后拔管困难患者成功拔除气切套管的预测因素,从而规范长期留置气切套管患者的拔管流程。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2020年1月—2022年1月于首都医科大学附属北京康复医院呼吸与危重症医学科收治的留置气切套管困难拔管患者共96例,均从综合医院转入我科。给予呼吸康复等治疗后,按照是否成功拔除气切套管分为拔管组60例和未拔管组36例。纳入标

准:①年龄≥18岁者;②入科时气切套管留置状态或住院期间进行气管切开的患者;③气管切开术后拔管困难者;④原发病及生命体征稳定者。

排除标准:①呼吸康复过程中发生病情变化,需要再次机械通气辅助者;②研究数据不全者。

1.2 研究方法

评估患者能否拔管实施过程按照我科于2018年制定的拔管评估流程^[10]进行:第一步:确认患者临床病情稳定:①呼吸机脱机超过48h;②无任何器官衰竭;③无脓毒症;④心率、血压稳定,未使用血管活性药。⑤肺部感染得到控制^[11];⑥PaCO₂<60mmHg。第二步:评估上气道的通畅性:耐受佩戴语音阀(Covidien,意大利),若患者佩戴后无呼吸困难、剧烈或持续咳嗽、外周血氧饱和度下降<90%,以及佩戴后血气分析提示急性二氧化碳潴留等情况,则认为能耐受语音阀,也就是上气道通畅。如不能耐受,行上呼吸道内窥镜检查,若提示为充血水肿,可给予局部雾化表面激素治疗;若为肉芽组织增生,瘢痕形成,则耳鼻喉科给予局部治疗;若气道无异常增生、肿胀充血,则尝试更换更小号气切套管。第三步:语音阀佩戴时间逐渐延长直至可连续佩戴4h,如佩戴4h内无需人工辅助吸痰,无肺部感染加重,认为能够有效管理分泌物。第四步:评估咳嗽能力,咳嗽峰值流量(peak cough flow, PCF)>100L/min表明患者咳嗽能力良好。如患者无法配合PCF,采用临床评估咳嗽能力,若患者可将痰液咳至气切套管处表明咳嗽能力良好。此外,拔管流程评估中还包括吞咽能力,但它仅用于评估患者的喂养方式,并不影响最终决定拔管。若患者无法通过

上述拔管评估流程,则建议患者继续保留气切套管。拔管成功的标准为拔管后的72h内无需再次行气管插管或气管切开术。所有患者均接受原发病稳定定期常规治疗以及个体化呼吸康复治疗。

本研究已通过首都医科大学附属北京康复医院伦理委员会审查(No. 2019bkkyLW005),参与本次研究的患者和/或家属签署了拔管知情同意书。

1.3 资料的收集

收集拔管组拔管前和未拔管组相关资料,包括基线资料:患者的性别、年龄、原发病类型。以及拔管流程评估的内容:①意识状态:通过GCS评分来评估拔管或出院前患者意识状态;②血氧分压:在鼻导管吸氧2L/min的情况下抽取血气分析获取氧分压数据;③机械通气时间;④上气道通畅性;⑤分泌物管理能力是否良好;⑥能否连续佩戴语音阀4h;⑦咳嗽能力是否良好;⑧吞咽功能:采用电子鼻咽喉镜吞咽功能检查(flexible endoscopic examination of swallowing, FEES)或者吞咽造影检查(videofluoroscopic swallowing study, VFSS)来评估患者吞咽情况,如能经口进食水无重度误吸视为吞咽功能良好。

1.4 统计学分析

使用SPSS 21.0软件进行统计学分析。计量资料:符合正态分布的采用均数±标准差表示;偏态分布的采用中位数(四分位间距),缩写为M(P25, P75)表示;组间比较采用独立样本t检验进行单因素分析。计数资料采用百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验进行单因素分析。采用二元logistics回归分析独立预测因素,检验标准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 基线资料

本研究共纳入96例患者,男性67例,女性29例,平均年龄(63.99±15.69)岁。其中84例转入我科前已留置气切套管,还有12例为转入我科后因原发病进行气管切开留置气切套管的拔管困难患者。导致气管切开的原发病包括肺部疾病8例,心脏疾病3例,神经肌肉疾病9例,急性脑损伤42例,胸腹部手术后12例,颈髓损伤17例,其他疾病5例。拔管组60例,未拔管组36例。两组基线资料比较,性别、原发病无显著性差异($P>0.05$)。但是年龄有显著性差

异($P<0.05$),拔管组较未拔管组年龄偏小。见表1。

2.2 其他影响气切套管拔管的因素比较

两组影响拔管因素比较,差异均有显著性意义,拔管组意识状态(GCS评分)、氧分压更好,机械通气时间更短,上气道通畅、分泌物管理能力良好、能连续佩戴语音阀4h、咳嗽能力良好(PCF > 100L/min)、吞咽功能良好比例更高(均 $P<0.05$)。见表2。

表1 两组患者基线资料比较 [($\bar{x}\pm s$)/例(%)]

项目	拔管组 (n=60)	未拔管组 (n=36)	χ^2 值/t值	P值
性别(男/女)	39/21	28/8	1.742	0.187
年龄(岁)	61.42±17.94	68.28±9.76	2.424	0.017
原发病[例/(%)]			8.917	0.178
肺部疾病	5(8.3)	3(8.3)		
心脏疾病	0(0.0)	3(8.3)		
神经肌肉疾病	4(6.7)	5(13.9)		
急性脑损伤	28(46.7)	14(38.9)		
胸腹部手术后	9(15.0)	3(8.3)		
颈髓损伤	12(20.0)	5(13.9)		
其他	2(3.3)	3(8.3)		

表2 两组其他拔管相关资料比较

[($\bar{x}\pm s$)/M(P25, P75)/例(%)]

项目	拔管组 (n=60)	未拔管组 (n=36)	χ^2 值/t值	P值
GCS评分	15(15, 15)	15(14, 15)	12.256	0.031
氧分压(mmHg)	93.95±15.06	85.14±7.97	3.742	0.002
机械通气时间(天)	43.65±49.26	68.03±60.98	2.033	0.046
上气道通畅[例/(%)]	57(95.0)	24(66.7)	13.701	<0.001
分泌物管理良好 [例/(%)]	54(90.0)	11(30.6)	36.364	<0.001
4h语音阀[例/(%)]	58(96.7)	11(30.6)	48.648	<0.001
PCF > 100L/min [例/(%)]	57(95.0)	22(61.1)	17.732	<0.001
吞咽能力良好[例/(%)]	35(58.3)	10(27.8)	8.436	0.004

2.3 成功拔除气切套管的独立预测因素

将两组年龄、GCS评分、氧分压、机械通气时间、上气道通畅、分泌物管理能力良好、能连续佩戴语音阀4h、PCF > 100L/min、吞咽能力良好纳入二元logistics回归分析,上气道通畅(OR 11.882, 95% CI 1.181—119.519)、分泌物管理良好(OR 11.512, 95% CI 1.866—71.021)、能耐受4h语音阀佩戴(OR 49.217, 95% CI 5.040—480.594)、PCF > 100L/min(OR 11.527, 95% CI 1.053—126.121)有显著性意义,即对气管切开后困难拔管患者来说,上气道通畅、分泌物管理良好、能耐受4h语音阀佩戴、咳嗽能力良好是成功拔除气切套管的独立预测因素。见表3。

表3 成功拔除气切套管的logistics回归分析

	OR	95%CI	P值
年龄	0.943	0.865—1.028	0.185
GCS评分	1.032	0.450—2.368	0.940
氧分压	1.073	0.986—1.167	0.102
机械通气时间	1.006	0.984—1.028	0.615
上气道通畅	11.882	1.181—119.519	0.036
分泌物管理良好	11.512	1.866—71.021	0.008
4h语音阀	49.217	5.040—480.594	0.001
PCF* > 100L/min	11.527	1.053—126.121	0.045
吞咽功能良好	0.375	0.061—2.309	0.290

*咳嗽峰值流量

3 讨论

气管切开术是救治患者的有效手段,但长期置气切套管、气切拔管困难对患者吞咽、咳嗽、嗅觉、发声和交流、心理均有严重负面影响,因此当原发病稳定时应尽早拔除。但若没有充分评估进行困难拔管可能会导致上气道阻塞、疾病加重,这是导致患者拔管失败甚至死亡的潜在原因。成功拔除气管套管的决定因素都要经过仔细的临床评估^[6]。因此,评估是否准备好拔除气切套管是拔除气切套管过程中的一个重要步骤。但是,评估准备过程方法各不相同,程序有很大异质性,很多是依靠临床医生的经验来评估^[9],另外也有些研究报道不适当的拔管评估会给患者带来不必要的不便、引起不适,增加医疗费用,还可能会拖延拔管时间^[4]。所以,目前亟须客观的、具有指导性的评估,来判断患者是否达到拔管条件。本研究从年龄、意识状态、血氧分压、机械通气时间、上气道通畅、分泌物管理能力、语音阀佩戴情况、咳嗽能力、吞咽能力来观察困难拔管患者拔管情况。最终结果提示,对气管切开术后困难拔管患者来说,上气道通畅、分泌物管理良好、能耐受4h语音阀佩戴、咳嗽能力良好是成功拔除气切套管的独立预测因素。

此次入组困难拔管患者机械通气时间长,平均大于40天,因长期无法拔管可能会导致多种晚期并发症,其中就包括气管狭窄、气管软化和肉芽肿等^[12]。且患者拔管后,呼吸时气流由气切处经过改为由上气道经过,而上气道跟气切处相比,增加了死腔量,呼吸负荷增加^[13]。故上气道通畅性对于困难拔管的成功与否至关重要^[14]。有研究显示上气道通畅性可以通过以下方法来评估,这包括堵管、单向语

音阀、或更换更小的气切套管来进行^[15]。Rodrigues等^[16]评估了在各种原因导致气管切开患者中,支气管镜检查对拔管的作用,建议在气管切开拔管前对所有患者进行上呼吸道内镜检查。Matesz等^[17]研究了支气管镜检查在脑损伤气管切开患者中安全拔管的有用性。虽然内窥镜有可视化,明确患者上气道不畅通的原因等优势,但是用内窥镜来评估上气道通畅是侵入性的,同Tobin AE等^[15]一样,本研究采用的是更简便的语音阀。语音阀因是单向阀,吸气时气流经语音阀进入,而呼气时需经上气道流出,通过这个原理可以评估上气道通畅性。只有无法耐受语音阀时,才通过内窥镜检查,这减少了患者痛苦。本研究拔管组中95%的患者均未进行内窥镜检查并成功拔管。拔管组中有3例患者开始佩戴语音阀时无法耐受,有喘憋情况,进行上气道检查发现其中1例有急性喉炎,予消肿等对症治疗后,上气道不畅改善;还有2例因长期气切,虽经上气道检查上气道通畅,但呼吸模式异常导致上气道不畅,予呼吸模式调整等康复治疗后期问题得到解决,成功拔管。

分泌物管理不佳可表现为气道内有大量持续的分泌物,甚至误吸,使得肺部感染反复发生,会影响患者呼吸功能,会导致气道阻塞、血氧饱和度下降,肺部感染加重甚至出现急性呼吸窘迫综合征,导致困难拔管失败^[6,18]。Pandian等^[19]研究认为气切患者如果拔管,需满足吸痰间隔要超过4h,并报告了一例患者因分泌物增加,拔管后失败。Enrichi等^[20]研究了后天性脑损伤患者气管切开拔管的临床标准,发现每8h吸痰两次或更少具有临床意义,是拔管指证之一。本研究也采用了这一评估方法,即佩戴语音阀4h期间如无需吸痰,则分泌物管理良好。在拔管组中仅有6例分泌物管理不佳,其中3例为高位脊髓损伤患者,需给予腹部施压增加膈肌上抬促进痰液排出,从而减少吸痰次数;另有3例因口腔分泌物过多,给予东莨菪碱抑制分泌后,口腔分泌物减少,最终均拔管成功。而未拔管组高达69.4%的患者无法有效管理分泌物,通过进一步分析也证明了分泌物管理良好是拔管的独立预测因素之一。

2013年北美耳鼻喉科机构发布的一份临床共识声明提出,根据临床判断,可以接受12、24或48h的堵管。但是Mitchell RB等^[21]的观点与以上观点

截然不同^[21],他们认为患者堵管时,咳痰或气道内的套管会增加气道阻力,使得最大通气量有限的患者无法克服增加的呼吸功。Carter等^[22]验证了这一观点,他们研究发现气切套管内的气流是紊乱的,阻力与半径的五次方成反比,这可能会导致呼吸功增加。这使得堵管导致拔管时间延迟。而语音阀与之相比,因可以进行良好的沟通、改善吞咽功能,恢复正常的呼吸胜利功能包括咳嗽功能,所以可以更早的拔管^[23]。早期拔管可以避免更多的并发症发生,包括呼吸道感染和气道阻塞^[3],不良事件发生率减少,并提高患者的生活质量^[6]。所以本研究采用了语音阀来替代堵管。拔管组仅有2例患者无法耐受语音阀4h佩戴,其中1例困难拔管的原因是无法掌握经上气道呼吸的生理模式,需要康复治疗师帮助其调整呼吸模式从而拔管成功;还有1例因气道黏膜敏感,轻微体位转移就会引起刺激性咳嗽,使语音阀从气切处喷出,但平静状态下可耐受语音阀佩戴,最终也成功拔管。拔管组高达96.7%的患者一旦能耐受长达4h的语音阀佩戴且其他拔管标准符合后,就予拔管,且成功率为100%。故将能耐受4h语音阀佩戴作为困难拔管患者拔管的指证之一。

普遍将咳嗽峰流速测定作为咳嗽能力的评估^[24]。Gundogdu I等^[25]认为咳嗽峰流速是气管切开拔管的预指标。Salam等^[26]对机械通气患者进行研究,发现咳嗽峰流速 $<60\text{L}/\text{min}$,拔管失败风险显著增加。Bach等^[27]认为咳嗽峰流速达到 $160\text{L}/\text{min}$,咳嗽能力可。我科根据患者的具体情况,将PCF设定为 $>100\text{L}/\text{min}$,咳嗽能力可,且拔管组中95%根据这一标准拔管成功。还有3例拔管组患者因高位脊髓损伤或神经肌肉疾病,经过康复训练后PCF仍低于 $100\text{L}/\text{min}$,但高于 $80\text{L}/\text{min}$,且无肺部感染,无明显痰液,经综合考虑仍给予拔管,并拔管成功。

有多项研究提示吞咽障碍会增加困难拔管失败风险且呈正相关^[28],但本研究结果提示吞咽障碍不影响困难拔管成功。这可能与吞咽功能障碍的患者留置鼻胃管、鼻肠管或经皮胃造瘘,从而避免了患者误吸,解决了吞咽障碍对困难拔管的影响有关。

本研究的主要局限性在于以下几点:首先,因病例数有限,仅对所有转入我科的气切患者进行分析,没有按患者气切原因进行疾病分类再进行拔管分

析。其次,因是其他医院转入我科的患者,转入前已排除了有严重意识障碍的患者,故本研究未涉及昏迷对气切拔管的影响。此外,本文认为 $\text{PCF} > 100\text{L}/\text{min}$ 则咳嗽能力可,但该标准的设定,还需在以后的研究中进一步论证。

参考文献

- [1] Hosokawa K, Nishimura M, Egi M, et al. Timing of tracheotomy in ICU patients: a systematic review of randomized controlled trials[J]. Crit Care, 2015, 19:424.
- [2] El-Anwar MW, Nofal AA, Shawadfy MA, et al. Tracheostomy in the intensive care unit: a university hospital in a developing country study[J]. Int Arch Otorhinolaryngol, 2017, 21(1):33—37.
- [3] Santus P, Gramegna A, Radovanovic D, et al. A systematic review on tracheostomy decannulation: a proposal of a quantitative semiquantitative clinical score[J]. BMC Pulm Med, 2014, 14:201.
- [4] Kutsukutsa J, Kuupiel D, Monori-Kiss A, et al. Tracheostomy decannulation methods and procedures for assessing readiness for decannulation in adults: a systematic scoping review[J]. Int J Evid Based Healthc, 2019, 17(2):74—91.
- [5] Sun GH, Chen SW, MacEachern MP, et al. Successful decannulation of patients with traumatic spinal cord injury: A scoping review[J]. J Spinal Cord Med, 2022, 45(4): 498—509.
- [6] Bishnoi T, Sahu PK, Arjun AP. Evaluation of factors determining tracheostomy decannulation failure rate in adults: an Indian perspective descriptive study[J]. Indian J Otolaryngol, 2020:1—6.
- [7] 中华耳鼻咽喉科杂志编委会,王增勤(执笔).气管切开后拔管困难[J].中华耳鼻咽喉科杂志,1981,16(2):107.
- [8] 唐志明,温红梅,许自阳,等.喉镜吞咽功能评估指导气管切开合并吞咽障碍患者拔管的应用分析[J].中华物理医学与康复杂志,2020,42(10):886—889.
- [9] Singh RK, Saran S, Baronia AK. The practice of tracheostomy decannulation: a systematic review[J]. J Intensive Care, 2017,5:38.
- [10] Zhou T, Wang J, Zhang C, et al. Tracheostomy decannulation protocol in patients with prolonged tracheostomy referred to a rehabilitation hospital: a prospective cohort study[J]. J Intensive Care, 2022, 10(1):34.
- [11] 施毅,中华医学会呼吸病学分会感染学组.中国成人医院获得性肺炎与呼吸机相关性肺炎诊断和治疗指南(2018年版)[J].中华结核和呼吸杂志,2018,41(4):255—280.
- [12] Cramer JD, Graboyes EM, Brenner MJ. Mortality associat-

- ed with tracheostomy complications in the United States: 2007—2016[J]. *Laryngoscope*, 2019, 129(3):619—626.
- [13] Chadda K, Louis B, Benaïssa L, et al. Physiological effects of decannulation in tracheostomized patients[J]. *Intensive Care Med*, 2002, 28(12):1761—1767.
- [14] 宋璐, 王泳, 李海东, 等. 重度获得性脑损伤患者成功拔除气切套管的相关因素分析[J]. *中国卒中杂志*, 2021, 16(7): 699—704.
- [15] Tobin AE, Santamaria JD. An intensivists-led tracheostomy review team is associated with shorter decannulation time and length of stay: a prospective cohort study[J]. *Crit Care*, 2008, 12(2):R48.
- [16] Rodrigues LB, Nunes TA. Importance of flexible bronchoscopy in decannulation of tracheostomy patients[J]. *Rev Col Bras Cir*, 2015, 42(2):75—80.
- [17] Matesz I, Dénes Z, Belinszkaja G, et al. Bronchoscopy-guided decannulation of tracheostomy in patients with brain injury[J]. *Orvosi Hetilap*, 2014, 155(28):1108—1112.
- [18] Hernández Martínez G, Rodríguez ML, Vaquero MC, et al. High-Flow oxygen with capping or suctioning for tracheostomy decannulation[J]. *New Engl J Med*, 2020, 383(11):1009—1017.
- [19] Pandian V, Miller CR, Schiavi AJ, et al. Utilization of a standardized tracheostomy capping and decannulation protocol to improve patient safety[J]. *Laryngoscope*, 2014, 124(8):1794—1800.
- [20] Enrichi C, Battel I, Zanetti C, et al. Clinical criteria for tracheostomy decannulation in subjects with acquired brain injury[J]. *Respir Care*, 2017, 62(10):1255—1263.
- [21] Mitchell RB, Hussey HM, Setzen G, et al. Clinical consensus statement: tracheostomy care[J]. *Otolaryngol Head Neck*, 2013, 148(1):6—20.
- [22] Carter A, Fletcher SJ, Tuffin R. The effect of inner tube placement on resistance and work of breathing through tracheostomy tubes: a bench test[J]. *Anaesthesia*, 2013, 68(3):276—82.
- [23] Roberts KJ. Enhancing early mobility with a speaking valve [J]. *Respir Care*, 2020, 65(2):269—270.
- [24] 夏嘉川, 罗忠纯, 郭祥奎, 等. 气管切开后拔管策略对拔管成功率的影响[J]. *中国康复理论与实践*, 2018, 24(9): 1067—1071.
- [25] Gundogdu I, Ozturk EA, Umay E, et al. Implementation of a respiratory rehabilitation protocol: weaning from the ventilator and tracheostomy in difficult-to-wean patients with spinal cord injury[J]. *Disabil Rehabil*, 2017, 39(12): 1162—1170.
- [26] Salam A, Tilluckdharry L, Amoateng-Adjepong Y, et al. Neurologic status, cough, secretions and extubation outcomes[J]. *Intens Care Med*, 2004, 30(7):1334—1339.
- [27] Bach JR, Saporito LR. Criteria for extubation and tracheostomy tube removal for patients with ventilatory failure. A different approach to weaning[J]. *Chest*, 1996, 110(6): 1566—1571.
- [28] Shehata SM, Abbas A. Dead space addition test and swallowing assessment as new predictors of extubation outcome in mechanically ventilated patients with chronic obstructive pulmonary disease[J]. *Egypt J Chest Dis Tuberc*, 2018, 67: 169—176.