

3 种形状气囊导管对气囊上滞留物封闭效果的实验研究

招春园¹, 黄玲², 常龙¹, 韦姿¹, 林景², 周春锋²

摘要:目的 探讨 3 种形状气囊导管对不同黏稠度气囊上滞留物的封闭效果,为临床气道管理提供参考。方法 用 20 mL 注射器制作 9 个气管模型分为 3 组,每组锥形、柱形、梭形气囊导管各 1 根。使用持续测压仪予导管气囊充气并维持压力 29~30 cmH₂O,将机械通气患者气囊上 I 度、II 度、III 度滞留物分别注入气囊导管上,观察 30、60、120、240、360、480 min 气囊上滞留物的渗漏情况。不同黏稠度滞留物每组重复操作 10 次。结果 3 种形状气囊导管不同黏稠度滞留物、不同观察时间渗漏量比较,差异有统计学意义(均 $P<0.05$)。结论 锥形气囊的封闭效果最好,柱形气囊次之,梭形气囊最差;随着时间延长,各形状气囊导管均会渗漏。建议临床可选用带冲洗式的柱形或锥形气囊导管,及时冲洗及抽吸气囊上滞留物,以预防经口咽途径的呼吸机相关性肺炎的发生。
关键词:机械通气; 气管插管; 气囊导管; 锥形气囊; 柱形气囊; 梭形气囊; 气囊上滞留物; 呼吸机相关性肺炎
中图分类号:R471 **DOI:**10.3870/j.issn.1001-4152.2023.02.009

Effect of three endotracheal tube cuff shapes on preventing subglottic secretion leakage:an in-vitro experimental study Zhao Chunyuan, Huang Ling, Chang Long, Wei Zi, Lin Jing, Zhou Chunfeng. Nursing Department, Cancer Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021, China

Abstract: **Objective** To compare the effect of three endotracheal tube cuff shapes on preventing leakage of subglottic secretions with different viscosity, and to provide reference for airway management. **Methods** Nine trachea models were made by using 20-mL syringe and divided into three groups, then conical-shaped cuff, cylindrical-shaped cuff, and spindle-shaped cuff tracheal tubes were inserted into the trachea model placed in a vertical position at a fixed height. The cuff of each tube was inflated until reaching a pressure ranging between 29 and 30 cmH₂O. Five milliliters of subglottic secretions with different viscosity (watery, thick, and gel-like), which were suctioned from ventilated patients, were poured above the cuff and the volume of fluid leaking around the tube was collected and quantified at 30 min, 60 min, 120 min, 240 min, 360 min, and 480 min. The experiments repeated 10 times for each viscosity of the secretions. **Results** Generalized estimating equations showed that there were significant differences in the volume of leakage, regardless of different viscosity, for three cuff shapes of tubes over time (all $P<0.05$). **Conclusion** The conical-shaped cuff tube is the most effective in ensuring appropriate tracheal sealing, followed by the cylindrical-shaped cuff, and the worst is the spindle-shaped cuff. Peri-cuff leak might happen in all tracheal cuff shapes over time. It is recommended that cylindrical-shaped cuff tube with flushing functions or conical-shaped cuff tube should be utilized, in addition to timely flushing and suctioning subglottic secretions, to prevent ventilator-associated pneumonia.
Key words: mechanical ventilation; tracheal intubation; cuff tracheal tube; conical-shaped cuff; cylindrical-shaped cuff; spindle-shaped cuff; subglottic secretion; ventilator-associated pneumonia

重症患者气管插管机械通气时,导管气囊的作用是保持正压通气以及防止反流误吸。气囊充气后形成一个特殊的生理解剖,即气囊上声门下间隙。气管插管患者吞咽功能受限,口咽部分泌物和胃内容物反流被膨胀气囊阻隔,从而形成气囊上滞留物;当气囊不能有效封闭气道时,气囊上富含致病菌的滞留物可坠入下呼吸道,突破宿主的防御机制,在肺部繁殖并引起侵袭性损伤,将导致呼吸机相关性肺炎(Ventilator-associated Pneumonia, VAP)。呼吸机本身并未导致肺部细菌定植带来的级联反应,因与气管导管的留置有直接关系,有学者将 VAP 称之为气管导管相关性肺炎^[1]。研究显示,正常人的分泌物黏度为 2.8~15 mPa·s,但实际值可能取决于个体自主神经

活动^[2]。与正常人相比,ICU 患者一般有不同的自主神经功能状态,某些疾病的患者可能出现高度黏稠的分泌物,如慢性阻塞性肺疾病^[3]等。因此,ICU 中不同疾病患者分泌物黏稠度可能不同。有学者通过使用液体或亚甲蓝液对锥形和柱形气囊进行封闭效果比较,提示锥形气囊优于柱形气囊^[4-5],但实验中的液体或亚甲蓝液黏度较低,明显有别于临床患者的分泌物。因此,导管气囊的临床封闭效果值得进一步商榷。Negro 等^[6]认为,评价气囊密封质量,使用静态体外模型为佳。本研究于 2021 年 11 月至 2022 年 2 月进行体外静态实验,探讨不同形状气囊对不同黏稠度滞留物的封闭效果,报告如下。

1 材料与方法

1.1 实验材料 ①20 mL 注射器 9 个,分离针头及活塞,使用胶水封闭并填满注射器乳头,制作成气管模型;②锥形气囊导管、柱形气囊导管、梭形气囊导管各 3 根,型号均为 7.5 mm,聚氯乙烯材质;③持续测压仪 3 台;④固定架 1 个。

1.2 实验方法 所有实验均在 ICU 床旁检验实验室

作者单位:广西医科大学附属肿瘤医院 1. 护理部 2. 重症医学科(广西南宁,530021)

招春园:女,硕士在读,护师

通信作者:黄玲,13807809336@163.com

科研项目:广西医疗卫生适宜技术开发与推广项目(S2018095)

收稿:2022-08-10;修回:2022-10-09

的操作台进行,室温 22~24℃,湿度 50%~60%。实验前将锥形、柱形及梭形气囊导管分别插入气管模型中,导管尖端距离模型底部 3 cm,使用固定架保持气管模型与操作台水平面垂直。将 9 个气管模型分为 3 组,每组锥形、柱形、梭形气囊导管各 1 根,注入患者气囊上滞留物前使用持续测压仪,将导管气囊充气并在实验过程中维持气囊压力 29~30 cmH₂O。每日使用 10 mL 注射器抽取气管插管患者气囊上滞留物,参照 O' Neal 等^[7]气囊上滞留物黏稠度分度方法确定滞留物黏稠度,即将注射器垂直向下,分离注射器针头及活塞后,观察滞留物流出注射器的时间。Ⅰ度:水样,外观稀薄,如水一样流动性大,5 mL 液体流出注射器的时间少于 5 s;Ⅱ度:黏稠样,外观浓厚,具有黏性,流动性较水样差,5 mL 液体流出注射器的时间 1~2 min;Ⅲ度:凝胶样,外观如果冻样,流动性低,5 mL 液体流出注射器的时间大于 5 min。确定黏稠度后开始实验。每次实验时将相同黏稠度滞留物分别注入到 1~3 根不同类型气囊导管上(导管的数量由抽吸到的滞留物量决

定,若一次抽吸的滞留物只有 5 mL 则先进行 1 根导管的实验;若抽吸滞留物有 15 mL,则 3 根不同形状导管同时进行实验)。每次实验结束后,清洗、消毒导管,保持干燥,检测导管气囊的完整性(即导管气囊充气 20 mL 后置入水中 4 h,气管导管气囊和指示气囊单向阀均无漏气)。气囊完好方收集新的滞留物进行第 2 次实验,每种黏稠度的滞留物每组重复操作 10 次。本研究共收集 15 例气管插管患者的气囊上滞留物用于实验。通过查看气管模型底部的刻度,观察 30、60、120、240、360、480 min 的渗漏情况。

1.3 统计学方法 采用 SPSS26.0 软件进行广义估计方程模型比较,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 3 种形状气囊导管Ⅰ度滞留物不同观察时间渗漏情况 30 min 时,柱形、梭形气囊导管全部样本出现渗漏;锥形气囊导管在 240 min 时,6 份样本出现渗漏,360 min 时全部样本出现渗漏。3 种形状气囊导管Ⅰ度滞留物不同观察时间渗漏量比较,见表 1。

表 1 3 种形状气囊导管Ⅰ度滞留物不同观察时间渗漏量比较							
mL, $\bar{x} \pm s$							
气囊	样本数	30 min	60 min	120 min	240 min	360 min	480 min
锥形	10	0	0	0	1.00±0.40	2.40±0.36	4.40±0.36
柱形	10	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00*	5.00±0.00*	5.00±0.00
梭形	10	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00	5.00±0.00*	5.00±0.00*	5.00±0.00
Wald χ^2		—	—	—	100.00	52.813	2.813
P		—	—	—	0.000	0.000	0.094

注:Wald $\chi^2_{\text{组间}}=540.395$,Wald $\chi^2_{\text{时间}}=168.214$,Wald $\chi^2_{\text{交互}}=168.214$,均 $P<0.001$ 。与锥形气囊导管比较,* $P<0.05$ 。

2.2 3 种形状气囊导管Ⅱ度滞留物不同观察时间渗漏情况 锥形气囊导管在 360、480 min 时,分别有 6 份样本出现渗漏。柱形气囊导管在 240 min 时,全部样本出现渗

漏。梭形气囊导管在 30 min 时,4 份样本出现渗漏,120 min 时全部样本出现渗漏。3 种形状气囊导管Ⅱ度滞留物不同观察时间渗漏量比较,见表 2。

表 2 3 种形状气囊导管Ⅱ度滞留物不同观察时间渗漏量比较							
mL, $\bar{x} \pm s$							
气囊	样本数	30 min	60 min	120 min	240 min	360 min	480 min
锥形	10	0	0	0	0	0.60±0.26	1.20±0.50
柱形	10	0	0	0	1.30±0.18*	2.40±0.26*	3.30±0.46*
梭形	10	0.02±0.11	0.40±0.22	1.40±0.17* [#]	2.40±0.33* [#]	3.20±0.44*	4.00±0.55*
Wald χ^2		3.333	3.333	70.000	106.146	36.611	16.138
P		0.068	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000

注:Wald $\chi^2_{\text{组间}}=37.678$,Wald $\chi^2_{\text{时间}}=174.484$,Wald $\chi^2_{\text{交互}}=383.332$,均 $P<0.001$ 。与锥形气囊导管比较,* $P<0.05$;与柱形气囊导管比较,[#] $P<0.05$ 。

2.3 3 种形状气囊导管Ⅲ度滞留物不同观察时间渗漏情况 锥形气囊导管在 480 min 时,4 份样本出现渗漏。柱形气囊导管在 360、480 min 时,分别有 6 份样本出现渗

漏。梭形气囊导管在 240 min 时,6 份样本出现渗漏,360 min 时全部样本出现渗漏。3 种形状气囊导管Ⅲ度滞留物不同观察时间渗漏量比较,见表 3。

表 3 3 种形状气囊导管Ⅲ度滞留物不同观察时间渗漏量比较							
mL, $\bar{x} \pm s$							
气囊	样本数	30 min	60 min	120 min	240 min	360 min	480 min
锥形	10	0	0	0	0	0	0.30±0.18
柱形	10	0	0	0	0	0.30±0.11*	0.60±0.22
梭形	10	0	0	0	0.50±0.20* [#]	1.10±0.26* [#]	2.00±0.32* [#]
Wald χ^2		—	—	—	6.250	25.294	22.068
P		—	—	—	0.012	0.000	0.000

注:Wald $\chi^2_{\text{组间}}=18.899$,Wald $\chi^2_{\text{时间}}=58.440$,Wald $\chi^2_{\text{交互}}=180.313$,均 $P<0.001$ 。与锥形气囊导管比较,* $P<0.05$;与柱形气囊导管比较,[#] $P<0.05$ 。

3 讨论

3.1 锥形气囊对不同黏稠度滞留物的封闭效果

本研究显示,相较于柱形和梭形气囊导管,锥形气囊导管能较好地阻隔不同黏稠度滞留物;对Ⅰ度、Ⅱ度、Ⅲ度滞留物,锥形气囊分别在 240、360、480 min 出现渗漏,均晚于柱形和梭形气囊导管。Kimijima 等^[8]使用 3D 打印的人体气管模型,采用生理盐水及黏性液体,比较锥形气囊、柱形气囊导管的封闭性,结果显示无论是生理盐水还是黏性液体,锥形气囊导管封闭性更好。程安琪等^[9]研究发现,锥形气囊导管比圆柱形气囊导管痰液和气囊上滞留物变化量明显增多,提示锥形气囊导管封闭性能优于圆柱形气囊导管,有效阻挡气囊上滞留物渗漏。可能归结于锥形气囊的直径从近端到远端逐渐减少,气囊直径和锥形角度可以根据患者的气管直径调节,保证充气后总有一部分气囊能与气管壁完全贴合而不形成褶皱,从而较好地密封气道。但时间延长至 8 h 后,无论何种黏稠度的滞留物,锥形气囊均有渗漏,原因可能为即使锥形气囊有一部分与气管壁完全贴合,但因贴合的部分面积较小,随着时间的推移,重力作用下滞留物仍可发生渗漏。

3.2 柱形气囊对不同黏稠度滞留物的封闭效果

柱形气囊充气后为椭圆形,较大面积与气管壁接触,从而有效降低封闭气管壁压力,减少气管黏膜损伤,目前广泛应用于临床。但其直径比成人气管的平均直径大 1.5~2.0 倍,当充气达 25~30 cmH₂O 安全范围时,膨胀后气囊的材料过剩即形成多条纵向褶皱。本研究显示,柱形气囊对不同黏稠度滞留物的封闭效果居中,30 min 内Ⅰ度滞留物从皱褶中快速渗漏,与黄玲等^[4]及 Khashaba 等^[5]体外实验结果相同;Ⅱ度、Ⅲ度滞留物渗漏缓慢,可能因为黏稠的滞留物沿褶皱下移时将气囊褶皱与模拟气管之间的空隙填满,减缓滞留物下移的速度,至 240、360 min 柱形气囊导管发生渗漏,可能的解释为滞留物堆积在气囊皱褶内,重力作用下逐渐发生渗漏。国外研究以凝胶润滑剂代替滞留物,填充纵向通道从而阻止或减缓气囊上滞留物渗漏^[10-11]。然而,Oji 等^[12]认为,气管插管期间保留在气囊上的润滑剂的量可能会减少,并且在机械通气过程中随着时间的推移,润滑剂会被冲洗掉,由此提示气囊上涂抹润滑剂阻止滞留物渗漏的影响是暂时的,不适用于长期留置导管的患者。

3.3 梭形气囊对不同黏稠度滞留物的封闭效果

梭形气囊直径小于气管直径,充气后仅较小面积与气管壁接触,为避免出现漏气和误吸,临床医护人员往往会采用较高的气囊压力,由此会发生气管黏膜缺血、坏死甚至气管瘘等并发症^[13]。鉴于此,梭形气囊导管不被临床推荐使用,但笔者在实验前期收集不同形状气囊导管时,发现某些医疗单位仍在使

用此类导管。本研究在梭形气囊上方注入Ⅰ度滞留物后快速渗漏;Ⅱ度滞留物实验时,4 份样本在 30 min 渗漏,120 min 时全部样本渗漏;Ⅲ度滞留物在 240 min 时,6 份样本出现渗漏,360 min 时全部样本出现渗漏。原因可能为梭形气囊与气管壁贴合面积较小,随着时间推移,在重力作用下,黏稠的滞留物可突破较小的截留区域,从而发生渗漏。提示临床护士需知晓导管气囊的形状及功效,如为梭形气囊导管,则谨慎依照相关指南^[14]推荐的 25~30 cmH₂O 压力进行气囊管理。

4 小结

本研究显示,相较于柱形和梭形气囊导管,锥形气囊导管对 3 种黏稠度滞留物均有良好的封闭效果;随着时间延长,无论何种黏稠度的滞留物在 3 种形状气囊导管上均可发生渗漏。本研究为体外实验,可能与临床真实患者有所差别;且研究样本量较小,研究结果具有一定的局限性。

参考文献:

[1] Sousa A S, Ferrito C, Paiva J A. Intubation-associated pneumonia:an integrative review[J]. Intensive Crit Care Nurs,2018,44(3):45-52.

[2] Shiotsuka J, Lefor A T, Sanui M, et al. A quantitative evaluation of fluid leakage around a polyvinyl chloride tapered endotracheal tube cuff using an in-vitro model[J]. HSR Proc Intensive Care Cardiovasc Anesth, 2012, 4 (3):169-175.

[3] 崔力沙, 湛望孙, 刘卓, 等. 慢性阻塞性肺疾病的气道黏液高分泌及其靶向治疗[J]. 医药导报, 2017, 36(z1):55-57.

[4] 黄玲, 陈英, 张丽凤, 等. 两种测压方法对不同形状套囊密闭气道效果的影响研究[J]. 中华护理杂志, 2019, 54(2): 274-276.

[5] Khashaba S A, Chaari A, Uddin F, et al. Tapered-cuff versus cylindrical-cuff tracheal tube in preventing fluid leak:an in-vitro experimental study[J]. Trends Anaesth Crit Care, 2019, 25(1):41-45.

[6] Negro M S, Barreto G, Antonelli R Q, et al. Effectiveness of the endotracheal tube cuff on the trachea:physical and mechanical aspects[J]. Rev Bras Cir Cardiovasc, 2014, 29(4):552-558.

[7] O'Neal P V, Munro C L, Grap M J, et al. Subglottic secretion viscosity and evacuation efficiency[J]. Biol Res Nurs, 2007, 8(3):202-209.

[8] Kimijima T, Edanaga M, Yamakage M. Comparison of fluid leakage across endotracheal tube cuffs using a three-dimensional printed model of the human trachea [J]. J Anesth, 2016, 30(3):510-513.

[9] 程安琪, 李雅楠, 夏欣华, 等. 两种气管导管预防机械通气患者呼吸机相关性肺炎效果比较[J]. 护理学杂志, 2017, 32(13):24-27.

[10] Nishioka H, Usuda Y, Hirabayashi G, et al. Effects of lubrication on air-sealing performance of a pediatric cuffed tracheal tube[J]. BMC Anesthesiol, 2017, 17(1):