

· 论 著 ·

荧光法在单孔胸腔镜解剖性肺段切除术中处理段间交界面的应用

孙云刚, 邵丰, 王朝, 张强, 曹琿, 刘政呈, 侍晔, 杨如松

东南大学医学院附属南京胸科医院胸外科, 江苏 南京 210029

摘要: **目的** 探讨使用 EDDA 软件设计三维气管血管成像导航单孔胸腔镜联合吲哚菁绿荧光法在解剖性肺段切除术中处理段间交界面,并与目前临床较常用的改良膨胀萎陷法相比较,评价其可行性与优势。**方法** 回顾性分析 2018 年 4 月至 2019 年 5 月在南京胸科医院胸外科进行荧光法单孔胸腔镜解剖性肺段切除术 100 例患者(荧光法组)的临床资料,其中男性 43 例,女性 57 例,年龄 23~78 岁;另选取同期行改良膨胀萎陷法单孔胸腔镜解剖性肺段切除术患者 100 例,作为改良膨胀萎陷法组,其中男性 48 例,女性 52 例,年龄 38~76 岁。术前将所有患者的 CT 扫描数据导入三维智能交互式定性和定量分析(IQQA-3D)图像分析系统,对结节位置进行识别,并对支气管、动脉、静脉等肺部结构进行三维重建,模拟肺段切除所涉及的靶段支气管、动脉和静脉,并确定保留的段间静脉及虚拟的段间交界面。荧光法组患者术中离断靶段肺血管和支气管后,外周静脉注射吲哚菁绿,随后打开 PINPOINT 荧光胸腔镜的荧光模式,显示明显段间交界面后用电凝烧灼标记。改良膨胀萎陷法组则在精准离断靶段结构后,重新使全肺完全复张,而后恢复健侧单肺通气,随着时间的推移形成一清晰的分界线并予以电凝烧灼标记。记录两组患者的临床资料,对比分析早期临床结果。**结果** 荧光法组除 6 例右上肺尖段的交界面相对较模糊外,94% (94/100) 均可显示清晰的段间交界面,持续时间(179.75±48.81)s,足以完成交界面的标记;与改良膨胀萎陷法组相比,段间交界面清晰出现时间明显提早[(23.59±4.47)s vs (1026.80±318.34)s, $P < 0.01$],手术时间缩短[(89.28±31.57)min vs (112.80±32.96)min, $P < 0.01$];两组切缘宽度比较无统计学差异[(2.53±0.52)cm vs (2.44±0.48)cm, $P = 0.237$],均符合 ≥ 2 cm 的肿瘤学要求;两组术中出血量、术后胸腔引流时间、术后住院时间、并发症发生率亦无统计学差异($P > 0.05$),且均无术后 30 d 死亡,荧光法组无吲哚菁绿注射相关并发症。**结论** 荧光法除右上肺尖段交界面显示模糊外,所有肺段的交界面均可以快速、准确、清晰地显示,可为单孔胸腔镜解剖性肺段切除术提供安全可靠的技术保障,相比改良膨胀萎陷法可以达到同样的肿瘤学要求,并明显缩短手术时间,更符合快速康复理念要求,有一定的临床应用价值。

关键词: 肺段切除术; 段间交界面; 单孔胸腔镜; 荧光法,吲哚菁绿; 改良膨胀萎陷法

中图分类号: R 616.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-8182(2019)09-1153-06

Fluorescence method for identification of intersegmental plane in uniportal thoracoscopic pulmonary segmentectomy

SUN Yun-gang, SHAO Feng, WANG Zhao, ZHANG Qiang, CAO Hui, LIU Zheng-cheng, SHI Ye, YANG Ru-song

Department of Thoracic Surgery, Nanjing Chest Hospital Affiliated to Medical School of

Southeast University, Nanjing, Jiangsu 210029, China

Corresponding author: YANG Ru-song, E-mail: njyrs_md@188.com

Abstract: Objective To investigate the feasibility and advantages of uniportal thoracoscopy and indocyanine green combined with using EDDA to design a 3D tracheal angiography navigation for identification of intersegmental plane in pulmonary segmentectomy, and to compare with the modified inflation-deflation which is commonly used in clinic. **Methods**

The clinical data of 100 patients who received pulmonary segmentectomy by fluorescence (indocyanine green) and uniportal thoracoscopy from April 2018 to May 2015 in Nanjing Chest Hospital were retrospectively analyzed (fluorescence group, 43 males and 57 females, aging from 23 to 78). And a total of 100 patients who received pulmonary segmentectomy by modified inflation-deflation at the same period were selected as modified inflation-deflation group (48 males and 52 females, aging from 38 to 76). Preoperative CT scan data of all patients were imported into the three-dimensional intelligent

interactive qualitative and quantitative image analysis system (IQQA-3D) to identify the location of nodules, and 3D reconstruction of pulmonary structures such as bronchi, arteries and veins was carried out to simulate the target segments of bronchi, arteries and veins involved in segmentectomy, and to determine their retention. The intersegmental vein and virtual intersegmental interface. In the fluorescence group, indocyanine green was injected into peripheral vein after the target pulmonary vessels and bronchus were cut off during the operation, and then the fluorescence mode of PINPOINT fluorescence thoracoscopy was opened to show the obvious intersection interface and marked by electrocoagulation. In the modified inflation-deflation group, after precisely breaking off the target segment structure, the whole lung was completely reopened, and then the unilateral ventilation was restored. With the passage of time, a clear demarcation line was formed and marked by electrocoagulation and cauterization. The clinical data of the two groups were recorded and the early clinical results were compared and analyzed. **Results** Except for the relatively blurred interface of the right upper apical segment of the lung in 6 cases, 94% (94/100) of the fluorescence group showed clear intersegmental interface with a duration of (179.75 ± 48.81) s, which was sufficient to complete the marking of the interface. Compared with the modified inflation-deflation group, the fluorescence group showed shorter display time [(23.59 ± 4.47) s vs (1026.80 ± 318.34) s, $P < 0.01$] and shorter operation time [(89.28 ± 31.57) min vs (112.80 ± 32.96) min, $P < 0.01$]. There was no significant difference in the width of the incision margin between the two groups [(2.53 ± 0.52) cm vs (2.44 ± 0.48) cm, $P = 0.237$], which all met the oncological requirement of ≥ 2 cm. There were no significant differences in bleeding volume, drainage time, hospitalization time and complication rate between the two groups (all $P > 0.05$), and no death occurred 30 days after operation. There were no complications related to indocyanine green injection in fluorescence group. **Conclusion**

Except for the blurred display of the right upper apical segment, the interface of all segments can be displayed quickly, accurately and clearly by fluorescence method, which can provide a safe and reliable technical guarantee for uniportal thoracoscopic pulmonary segmentectomy. Compared with the modified inflation-deflation, it can meet the same oncological requirements and significantly shorten the operation time. It is more in line with the requirements of the concept of rapid rehabilitation and has certain clinical application value.

Key words: Pulmonary segmentectomy; Intersegmental plane; Uniportal thoracoscopy; Fluorescence method, indocyanine green; Modified inflation-deflation

由于临床影像学的进步,肺小结节和肺小转移瘤检出率日益增加,因而精准诊断并切除表现为肺结节的早期肺癌成为现代胸外科医生需要攻克的难点。肺段切除术因可以达到与肺叶切除术相当的肿瘤学效果,并保留了有功能的正常肺组织,减少了肺功能的损失,逐渐成为早期非小细胞肺癌(non-small cell lung cancer, NSCLC)的标准手术方式^[1-2]。然而,需切除的靶段和保留的肺段之间并没有明显的解剖学界线,使得肺段切除术仍然存在一些挑战。尽管许多研究已经报道了识别段间交界面的方法,但其本质就是两种旨在产生靶段与保留的肺组织之间分界的方法:膨胀-萎陷界限和染色平面界限^[3-8]。目前改良膨胀萎陷法是临床上最常用和简便界定段间交界面的方法,但是膨胀的肺可能会阻挡手术视野,减少胸腔操作空间,给手术造成困难。近年来,荧光胸腔镜下注射吲哚菁绿显示肺段间交界面的方法越来越多地被使用^[9-11]。本研究通过回顾性分析吲哚菁绿荧光法(indocyanine green fluorescence)与改良膨胀萎陷法在单孔胸腔镜肺段切除术中处理段间交界面患者的基本资料,评价荧光法的可行性与优势。现报道如下。

1 资料与方法

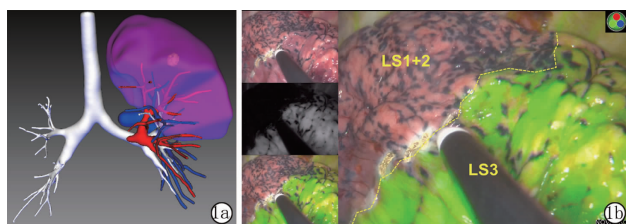
1.1 一般资料 筛选 2018 年 4 月至 2019 年 5 月在南京胸科医院胸外科进行荧光法单孔胸腔镜解剖性肺段切除术的 287 例患者,回顾性分析其中 100 例(荧光法组)的临床资料,男性 43 例,女性 57 例,年龄 23~78 岁;另选取同期行改良膨胀萎陷法单孔胸腔镜解剖性肺段切除术患者的 100 例,作为对照组,男性 48 例,女性 52 例,年龄 38~76 岁。本研究经本院伦理审查委员会批准,所有入组患者知情同意。

1.2 纳入标准 符合本中心肺段手术适应证:(1)肺实质深处无法行肺楔形切除的良性结节或难以定性的结节。(2)既往有肺部手术史。(3)既往有恶性肿瘤病史,术中无法确定结节是原发性肺癌还是转移性。(4)肺多发结节将来可能需要再次手术。(5)符合国家综合癌症网络(NCCN)指南^[12]肺段手术适应证,即①肺功能差或因其他严重合并症无法行肺叶切除术;②CT提示为外周型结节,肿瘤直径 ≤ 2 cm,并且符合以下任一条件,术后病理证实为原位腺癌;随访 1 年以上高度怀疑为恶性肿瘤,磨玻璃样成分 $\geq 50\%$;影像学检查提示肿瘤倍增时间 ≥ 400 d。

1.3 排除标准 对吲哚菁绿或特定的造影剂过敏者;中转肺叶切除术者。

1.4 三维智能交互式定性和定量分析(intelligent/interactive qualitative and quantitative analysis-three dimensional, IQQA-3D)系统术前规划 本研究所有患者术前常规检查胸部增强 CT 血管造影(CTA)扫描,将 DICOM 格式的图像数据导入 IQQA 系统(EDDA Technology, Princeton Junction, NJ, USA)进行三维重建,对结节位置进行识别,并对支气管、动脉、静脉等肺部结构进行三维重建,模拟充足的切除范围(切缘宽度 ≥ 2 cm)后,确认肺段切除所涉及的靶段支气管、动脉和静脉,并确定需保留的段间静脉及虚拟的段间界面。

1.5 手术操作 所有患者行全身静脉麻醉,双腔气管插管,健侧折刀卧位,健侧肺通气,由同一位主刀医生(杨如松)采用单孔胸腔镜解剖性肺段切除术。通常操作孔选在腋前线第 4 或第 5 肋间做一个约 2.5~3.0 cm 的切口,荧光法则采用 PINPOINT 胸腔镜荧光成像系统(NOVADAQ, Ontario, Canada),根据术前 IQQA-3D 的手术规划(图 1a),实现术中实时导航,将虚拟和现实的肺段解剖结构进行对比辨认,准确识别并予以切断靶段支气管、动脉和段内静脉,注意需保留段间静脉,随后将 PINPOINT 荧光胸腔镜调为荧光模式,嘱巡回护士将吲哚菁绿(辽宁济世制药, H20045514) 25 mg 溶于 10 ml 生理盐水中,取 2 ml 相当于 5 mg/body 经外周静脉快速注入,因吲哚菁绿与血浆蛋白结合后,会发出 780~805 nm 的荧光波长,而荧光胸腔镜的红外荧光灯(700~900 nm)可识别这种波长,显示出一染色平面即为段间界面(图 1b),用电凝烧灼标记界面^[13]。改良膨胀萎陷法则在切断靶段支气管、动脉和段内静脉后,嘱麻醉医生重新使全肺完全膨胀再恢复健侧单肺通气,随着时间的推移形成一清晰且不再移位的膨胀萎陷交界线^[5],予以电凝烧灼标记。两组均使用超声刀等能量设备锐性分离,结合直线切割缝合器裁剪段间平面



注:1a:EDDA 软件识别结节位置并进行 3D-CTBA 重建肺血管、支气管以及勾勒出虚拟的段间界面;1b:术中荧光法显示的段间界面,黄色虚线为靶段左上肺尖后段(LS1+2)与左上肺前段(LS3)的段间交界线。

图 1 EDDA 软件重建图和术中荧光法显示的段间界面

完成肺段切除。将切除的组织使用标本袋取出,送术中快速冰冻病理检查,根据快速病理指导淋巴结切除的范围,若为原位腺癌和微浸润腺癌则不处理淋巴结,若为浸润性癌则行 N1 和 N2 淋巴结采样送检冰冻,若为癌转移则改肺叶切除术+系统性淋巴结清扫,术后经操作孔放置 24 号胸管 1 根。

1.6 研究指标 收集并分析两组患者性别、年龄、合并症、结节位置等资料;收集并分析两组患者段间交界面清晰显示率、段间交界面清晰显示时间及持续时间、手术时间、术中出血量、术中及术后并发症、吲哚菁绿相关并发症、术后拔管时间及住院时间等。段间平面清晰显示时间计时方法:荧光法计时起点为开始经外周静脉注入吲哚菁绿,终点为出现清晰的染色平面并完成电灼标记;改良膨胀萎陷法计时起点为麻醉医师开始使全肺完全膨胀,终点为出现一清晰且不再移位的膨胀萎陷交界线并完成电灼标记。段间交界面显示持续时间计时方法:荧光法计时起点为形成清晰的染色平面,终点为段间交界面的染色弥散;改良膨胀萎陷法段间交界面可长时间持续,未予统计。

1.7 统计学分析 采用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。计量资料表示为 $\bar{x} \pm s$,组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料采用频数(%)表示,组间比较用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者基本临床资料 所有患者均在单孔胸腔镜下顺利完成手术,无中转开胸,无围术期死亡。两组患者年龄、性别、吸烟史、术前肺功能情况、慢性阻塞性肺疾病(COPD)病史、胸腔粘连、肿瘤直径大小及术后病理学类型等比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。见表 1。

2.2 两组患者肺段手术的相关指标 两组肺段手术切除分布见表 2。荧光法和改良膨胀萎陷法肺段手术切缘宽度无统计学差异($P = 0.237$),均符合 ≥ 2 cm 的肿瘤学要求;荧光法和改良膨胀萎陷法清晰显示段间交界面的概率无统计学差异(94% vs 90%, $P = 0.435$)。另外,两组手术中出血量、术后拔管时间、术后住院时间、术中及术后并发症等比较差异均无统计学意义($P > 0.05$);荧光法所有患者无明显吲哚菁绿相关术中及术后并发症。但是荧光法段间交界面清晰出现时间明显早于膨胀萎陷法($P < 0.01$),手术时间明显短于膨胀萎陷法($P < 0.01$);荧光法段间交界面显示持续时间为(179.75 ± 48.81)s,足以完成电灼标记。见表 3。

表 1 两组基本临床资料比较 (n = 100)

变量	荧光法	改良膨胀萎陷法	t/χ^2 值	P 值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	59.75 \pm 10.48	60.67 \pm 8.06	0.696	0.487
性别(例)				
男	43	48	0.504	0.478
女	57	52		
吸烟(例)				
是	20	23	0.267	0.606
否	80	77		
FEV1(L, $\bar{x} \pm s$)	2.46 \pm 0.63	2.46 \pm 0.61	0.006	0.995
COPD(例)				
是	10	8	0.244	0.621
否	90	92		
肿瘤直径(mm, $\bar{x} \pm s$)	11.55 \pm 3.88	11.74 \pm 3.73	0.353	0.724
胸腔粘连(例)				
是	14	12	0.177	0.674
否	86	88		
病理结果(例)				
原位腺癌	34	37	0.846	0.838
微浸润腺癌	52	52		
浸润性癌	10	9		
转移癌	4	2		

表 2 肺段手术切除分布 (n = 100, 例)

肺段	荧光法	改良膨胀萎陷法	肺段	荧光法	改良膨胀萎陷法
右侧			左侧		
S ¹	8	10	S ¹⁺²	5	8
S ¹⁺²	0	2	S ¹⁺²⁺³	8	12
S ²	14	4	S ³	7	6
S ^{2b+3a}	4	2	S ⁴⁺⁵	6	8
S ³	7	20	S ⁶	8	6
S ⁶	7	3	S ⁷⁺⁸	7	6
S ⁷⁺⁸	3	5	S ⁸	3	1
S ⁸	3	1	S ^{8a}	2	1
S ^{8b}	3	2	S ⁹⁺¹⁰	2	0
S ⁹⁺¹⁰	3	3			

表 3 两组肺段手术相关指标比较 (n = 100, $\bar{x} \pm s$)

变量	荧光法	改良膨胀萎陷法	t/χ^2 值	P 值
手术时间(min)	89.28 \pm 31.57	112.80 \pm 32.96	5.154	<0.01
术中出血(ml)	60.40 \pm 44.10	66.45 \pm 56.03	0.848	0.397
段间交界面出现时间(s)	23.59 \pm 4.47	1026.80 \pm 318.34	31.510	<0.01
段间交界面持续时间(s)	179.75 \pm 48.81	-	-	-
术后拔管时间(d)	4.13 \pm 1.50	4.15 \pm 1.60	0.092	0.927
住院时间(d)	5.39 \pm 1.60	5.41 \pm 1.76	0.084	0.933
手术切缘宽度(cm)	2.53 \pm 0.52	2.44 \pm 0.48	1.187	0.237
交界面清晰显示率(%)	94.00	90.00	1.087	0.435
咳嗽青绿相关并发症(例)				
有	0	-		
术中及术后并发症(例)				
有	10	10	0.000	1.000
无	90	90		

3 讨论

对于外周型早期肺癌、转移性肿瘤和良性病变,肺段切除术因可以完全去除病变而保留正常的肺组织,逐渐成为最佳的治疗方法。但是,肺结节的位置

比较随机,可以出现在肺组织的任何地方,精确定位非常困难,而且在肺段切除术中,因为较多解剖学的变异,手术并不相同。因此准确的术前规划与术中实时导航是肺段切除术必不可少的重要步骤,本中心采用 IQQA-3D 系统进行术前三维重建以方便手术,其优势主要表现为^[14]:3D 图像非常清晰,外科医生更容易正确识别解剖结构;有助于充分了解手术前的解剖变异,避免误断重要组织结构,为个体化术前计划提供依据;模拟需要切除的范围,评估切缘宽度,虚拟段间交界面;减少了对未受累组织结构的游离,减少了创伤,缩短了手术时间,并可能减少并发症;有助于年轻医生熟悉解剖学并缩短肺段手术学习曲线。

目前肺段切除术多以胸腔镜为主,常见为双腔气管插管全身静脉麻醉下行三孔胸腔镜手术。随着胸腔镜的发展,外科医生对微创技术不断的追求和提高,三孔胸腔镜逐步变成两孔胸腔镜直至单孔胸腔镜。本中心从 2016 年开始逐步开展单孔胸腔镜手术,目前可在单孔胸腔镜下完成各类复杂手术,如单孔胸腔镜下气管肿瘤切除术、单孔胸腔镜下肺叶袖状切除术、胸腔镜下双袖式切除术以及单孔胸腔镜下复杂肺段、亚段、联合亚段切除术等。单孔与传统两孔或三孔胸腔镜肺段切除术相比,其优势主要表现为:单孔胸腔镜手术视野与传统开胸相同,更利于解剖学转换;切口选择腋前线第 4 或 5 肋间,此处肌肉薄弱,对患者术后远期的运动功能影响较小;不需要额外的手术切口,减少肋间神经损伤,同时缩短缝合切口时间,减轻患者术后疼痛^[15]。

单孔胸腔镜肺段切除术技术要求较高,在 IQQA-3D 导航下,靶段支气管、动静脉的辨认和切除准确性明显提高,降低了手术难度。但肺靶段与周边正常肺组织之间没有明显的界限,精准识别段间交界面仍有困难。尽管许多研究报道了识别段间交界面的方法,但其本质就是两种旨在产生靶段与保留的肺组织之间分界的方法:膨胀-萎陷界限和染色平面界限^[3-8]。本研究中荧光法清晰显示段间交界面的概率为 94% (94/100),Motono 报道^[9]其使用荧光法识别段间交界面的概率为 90%,本研究与其相仿,笔者发现,段间平面显示模糊的主要是部分右上肺尖段,这可能与右上肺尖段血管变异较多以及右肺上叶各段血供较少相关。改良膨胀萎陷法清晰显示段间交界面的概率为 90% (90/100),段间交界面显示不清主要原因胸腔粘连(4/12)和 COPD 肺顺应性差(6/8)^[16-17];另外既往有研究报道未离断段内静脉,也不能清晰显示段间交界面^[5]。而荧光法在这些患者中体现明显的优势,能够快速、准确、清晰显示段间交

界面,并且在手术切缘宽度上与改良膨胀萎陷法无统计学差异,均符合 ≥ 2 cm 的肿瘤学要求,更加安全可靠。

国内学者陈瑞骥等^[18]报道行荧光法右肺 S2 段切除术,在离断靶段动脉后,经外周静脉快速注入吲哚菁绿 25 mg,大概 10 余秒后即可出现清晰的段间交界面,持续时间 110 s;王康武等^[19]报道行荧光法肺段切除术,当目标段动脉和段支气管被离断后,通过静脉注射吲哚菁绿(0.25 mg/kg),段间交界面清晰显示时间为(20.0 \pm 10.5)s,段间交界面持续时间为(180.0 \pm 30.8)s;本研究荧光法肺段切除术在术中离断靶段肺血管和支气管后,外周静脉注射吲哚菁绿(5 mg/body),段间交界面清晰出现时间为(23.59 \pm 4.47)s,相比既往研究时间较长,主要是由于本研究计时终点为完成电灼标记;但相比改良膨胀萎陷法段间交界面清晰显示平面时间(1 026.80 \pm 318.34)s 大大提前。因此,荧光法的手术时间(89.28 \pm 31.57)min,明显少于改良膨胀萎陷法的手术时间(112.80 \pm 32.96)min,具有统计学差异。手术时间的缩短,意味着麻醉时间的缩短,可以加快手术周转,尤其是当前肺结节手术量较大的情况下提高手术间利用率;另外可以减轻患者的炎症反应,较少术后抗生素的使用,有效降低麻醉相关风险,加快患者术后恢复,这更加契合胸外科快速康复理念要求。另外,荧光法段间交界面显示持续时间为(179.75 \pm 48.81)s,足以完成电灼标记。

荧光法使用的吲哚菁绿是一种染色剂,经中国食品药品监督管理局认证,目前已广泛应用于临床。许多研究已经证实了其安全性,在胸外科应用如前哨淋巴结示踪^[20]、肺部病灶定位^[21]、胸导管显像^[22]、以及段间交界面识别。尽管有研究报道称吲哚菁绿引起过敏反应发生率为 0.05%^[23],但其过敏反应可能是通过剂量依赖性假过敏机制导致的^[24]。推荐用于肺段切除术的吲哚菁绿剂量范围为 0.25 mg/kg 至 5 mg/kg,即使是极量 5 mg/kg,也未见明确吲哚菁绿相关并发症^[9-11,18-19]。本研究中吲哚菁绿使用剂量为 2 ml(25 mg 溶于 10 ml 生理盐水中),相当于 5 mg/body,也均未发现吲哚菁绿相关术中及术后并发症,可见低剂量的吲哚菁绿并未影响段间交界面的显示,从药物毒理学上更加安全。

本研究不足之处:为单中心研究,未进行两组肿瘤复发和生存率比较,未评估改良膨胀萎陷法与荧光法产生的段间平面是否一致,未阐明荧光法无法清晰显示部分右上肺尖段交界面的机制,在今后研究中拟进一步完善。

综上所述,荧光法除右上肺尖段交界面显示模糊以外,所有肺段的交界面均可以快速、准确、清晰地显示,可为单孔胸腔镜解剖性肺段切除术提供安全可靠的技术保障,相比改良膨胀萎陷法可以达到同样的肿瘤学要求,并明显缩短手术时间,更符合快速康复理念要求,有一定的临床应用价值。

参考文献

- [1] Nakazawa S, Shimizu K, Mogi A, et al. VATS segmentectomy: past, present, and future[J]. Gen Thorac Cardiovasc Surg, 2018, 66(2): 81-90.
- [2] Nomori H, Mori T, Shiraiishi A, et al. Long-term prognosis after segmentectomy for cT1N0M0 non-small cell lung cancer[J]. Ann Thorac Surg, 2019, 107(5): 1500-1506.
- [3] Okada M, Mimura T, Ikegaki J, et al. A novel video-assisted anatomic segmentectomy technique: Selective segmental inflation via bronchofiberoptic jet followed by cautery cutting[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2007, 133(3): 753-738.
- [4] Sekine Y, Ko E, Oishi H, et al. A simple and effective technique for identification of intersegmental planes by infrared thoracoscopy after transbronchial injection of indocyanine green[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2012, 143(6): 1330-1335.
- [5] Wang J, Xu X, Wen W, et al. Modified method for distinguishing the intersegmental border for lung segmentectomy[J]. Thoracic Cancer, 2018, 9(2): 330-333.
- [6] Oh S, Suzuki K, Miyasaka Y, et al. New technique for lung segmentectomy using indocyanine green injection[J]. Ann Thorac Surg, 2013, 95(6): 2188-2190.
- [7] Zhang Z, Liao Y, Ai B, et al. Methylene blue staining: a new technique for identifying intersegmental planes in anatomic segmentectomy[J]. Ann Thorac Surg, 2015, 99(1): 238-242.
- [8] Oizumi H, Kato H, Endoh M, et al. Slip knot bronchial ligation method for thoracoscopic lung segmentectomy[J]. Ann Thorac Surg, 2014, 97(4): 1456-1458.
- [9] Motono N, Iwai S, Funasaki A, et al. Low-dose indocyanine green fluorescence-navigated segmentectomy: prospective analysis of 20 cases and review of previous reports[J]. J Thorac Dis, 2019, 11(3): 702-707.
- [10] Mun M, Okumura S, Nakao M, et al. Indocyanine green fluorescence-navigated thoracoscopic anatomical segmentectomy[J]. J Vis Surg, 2017, 3: 80.
- [11] Iizuka S, Kuroda H, Yoshimura K, et al. Predictors of indocyanine green visualization during fluorescence imaging for segmental plane formation in thoracoscopic anatomical segmentectomy[J]. J Thorac Dis, 2016, 8(5): 985-991.
- [12] NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology (NCCN Guidelines). Non-Small Cell Lung Cancer (Version 2.2016) [EB/OL]. (2016-02-03). <http://www.nccn.org/patients>.
- [13] Frangioni JV. New technologies for human cancer imaging[J]. J Clin Oncol 2008, 26(24): 4012-4021.

对糖尿病酮症酸中毒患者酮体代谢、血气指标及应激状态的影响[J]. 海南医学院学报, 2017, 23(17): 2349-2352.

- [7] Patel NS, Van Name MA, Cengiz E, et al. Altered patterns of early metabolic decompensation in type 1 diabetes during treatment with a SGLT2 inhibitor: An insulin pump suspension study [J]. *Diabetes Technol Ther*, 2017, 19(11): 618-622.
- [8] 郭江水, 史哲新. 从《伤寒论》厥证探讨临床感染性休克与低血容量休克的证治[J]. 天津中医药大学学报, 2015, 34(1): 4-6.
- [9] 陈如杰, 张明, 潘利伟, 等. 参附注射液对感染性休克患者炎症反应及免疫功能影响的临床对照研究[J]. 中华中医药学刊, 2015, 33(10): 2461-2464.
- [10] 马鸿杰, 李康康, 颜林钧, 等. 血必净注射液联合 CRRT 治疗感染性休克早期的优化方案研究[J]. 中国中医急症, 2014, 23(4): 582-584.
- [11] 黄映华, 陈雪云, 郭粉莲. 胰岛素泵治疗糖尿病酮症酸中毒的疗效观察与护理[J]. 海南医学, 2014, 25(22): 3431-3432.
- [12] 李秀芝, 张盼盼, 韩晓庆, 等. 早期应用血必净对感染性休克患者血清降钙素原的影响[J]. 中国综合临床, 2014, 30(12): 1300-1302.
- [13] Elliott J, Jacques RM, Kruger J, et al. Substantial reductions in the number of diabetic ketoacidosis and severe hypoglycaemia episodes requiring emergency treatment lead to reduced costs after structured education in adults with Type 1 diabetes [J]. *Diabet Med*, 2014, 31

(7): 847-853.

- [14] 李佳, 王旭艳, 刘超, 等. 胰岛素泵持续皮下注射胰岛素对 1 型糖尿病酮症酸中毒患儿机体代谢紊乱纠正效果研究[J]. 陕西医学杂志, 2018, 47(6): 726-729.
- [15] 楼丽颖, 徐华永, 裴静英, 等. 胰岛素泵治疗糖尿病酮症酸中毒的疗效观察[J]. 河北医科大学学报, 2013, 34(3): 267-269.
- [16] 耿振儒, 王俊红, 薛阳利, 等. 胰岛素泵持续皮下注射治疗 DKA 对氧化应激的影响[J]. 西南国防医药, 2017, 27(5): 448-450.
- [17] 辛可. 血必净对感染性休克患者 LA、PCT、CRP 及血流动力学的影响研究[J]. 北方药学, 2017, 14(12): 113-114.
- [18] 王建伍. 醒脑静联合血必净治疗感染性休克临床疗效观察及作用机制分析[J]. 亚太传统医药, 2014, 10(4): 127-128.
- [19] 李波, 陈国兵, 葛利. 血必净对于感染性休克患者血清 TNF- α 及凝血功能的影响[J]. 辽宁中医杂志, 2018, 45(5): 977-979.
- [20] 王明强, 张思森. 血必净对感染性休克患者血流动力学及炎症因子的影响[J]. 临床急诊杂志, 2015, 16(2): 126-130.
- [21] 裴绪红, 陈静. 血必净治疗感染性休克的疗效及对血清 CRP、PCT 的影响[J]. 中国处方药, 2017, 15(8): 83-84.
- [22] 何咏梅, 尹邦燕, 杨中顺, 等. 皮下胰岛素泵治疗糖尿病酮症酸中毒疗效及对氧化应激的影响[J]. 陕西医学杂志, 2016, 45(6): 751-753.

收稿日期: 2018-12-13 编辑: 王娜娜

(上接第 1157 页)

- [14] Xu G, Chen C, Zheng W, et al. IQQA-3D imaging interpretation and analysis system-guided single-port video-assisted thoracic surgery for anatomical sub-segmentectomy ($LS^{1+2} a + b$) [J]. *J Thorac Dis*, 2018, 10(9): 5515-5521.
- [15] Liu Z, Yang R, Shao F. Comparison of postoperative pain and recovery between single-port and two-port thoracoscopic lobectomy for lung cancer [J]. *Thorac Cardiovasc Surg*, 2019, 67(2): 142-146.
- [16] 吴卫兵, 朱全, 闻伟, 等. 应用改良膨胀萎陷法行胸腔镜锥式肺段切除术 146 例 [J]. 中华胸心血管外科杂志, 2017, 33(9): 517-521.
- [17] 翟荣, 徐心峰, 王俊, 等. 肺段切除术中改良膨胀萎陷法影响因素研究 [J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2018, 38(8): 1136-1139.
- [18] 陈瑞骥, 马永富, 李宥润, 等. 吲哚菁绿荧光染色右肺 S2 段切除术 [J/CD]. 中华腔镜外科杂志(电子版), 2017, 10(4): 242-243.
- [19] 王康武, 王祖义, 段贵新, 等. 三维 CT 重建联合吲哚菁绿荧光导航在胸腔镜解剖性肺段切除术中的应用 [J]. 中国全科医学, 2018, 21(24): 3001-3004.

- [20] Nomori H, Cong Y, Sugimura H. Utility and pitfalls of sentinel node identification using indocyanine green during segmentectomy for cT1N0M0 non-small cell lung cancer [J]. *Surg Today*, 2016, 46(8): 908-913.
- [21] Anayama T, Qiu J, Chan H, et al. Localization of pulmonary nodules using navigation bronchoscope and a near-infrared fluorescence thoracoscope [J]. *Ann Thorac Surg*, 2015, 99(1): 224-230.
- [22] Chang TI, Chen YS, Huang SC. Intraoperative indocyanine green fluorescence lymphography to detect chylous leakage sites after congenital heart surgery [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 148(2): 739-740.
- [23] Hope-Ross M, Yannuzzi LA, Gragoudas ES, et al. Adverse reactions due to indocyanine green [J]. *Ophthalmology*, 1994, 101(3): 529-533.
- [24] Speich R, Saesseli B, Hoffmann U, et al. Anaphylactoid reactions after indocyanine-green administration [J]. *Ann Intern Med*, 1988, 109(4): 345-346.

收稿日期: 2019-06-02 修回日期: 2019-07-13 编辑: 石嘉莹