

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2016.07.015

文章编号: 1005-8982(2016)07-0065-04

## 经食管监测脉搏氧饱和度在开胸手术中的应用研究\*

杜鑫丹, 曲丕盛, 万海方, 黄丽霞, 陶凡

(浙江省杭州市红十字会医院 麻醉科, 浙江 杭州 310003)

**摘要:目的** 观察胸科手术中经食管监测脉搏氧饱和度(SteO<sub>2</sub>)的敏感性及准确性。**方法** 选择 80 例择期行全身麻醉下开胸手术单肺通气患者,诱导插管后于食管中下段放置带气囊氧饱和度探头并监测 SteO<sub>2</sub>,将气囊充气,按不同压力作用于探测部位食管壁,分为 C 组(0 cmH<sub>2</sub>O)、S<sub>1</sub> 组(20 cmH<sub>2</sub>O)、S<sub>2</sub> 组(40 cmH<sub>2</sub>O)、S<sub>3</sub> 组(60 cmH<sub>2</sub>O),每组 20 例患者。所有患者采用降低分钟通气量(VT=6 ml/kg,RR=10 次/min)及吸入 30%氧浓度方式,观察各组血氧饱和度(SpO<sub>2</sub>)及 SteO<sub>2</sub> 下降至 95%、91%的时间,同时测动脉血氧饱和度(SaO<sub>2</sub>),记录各组 SteO<sub>2</sub> 信号干扰次数和并发症。**结果** 所有患者成功监测 SteO<sub>2</sub> 信号。与 C 组(气囊未充气)比较,气囊充气后的 S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub> 和 S<sub>3</sub> 组信号干扰减少(P<0.05)。在发生低氧时,各组 SteO<sub>2</sub> 提前发生 SpO<sub>2</sub> 下降,C 组 SteO<sub>2</sub> 降至 95%表现最灵敏,与 S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub> 组比较差异有统计学意义(P<0.05),C、S<sub>1</sub> 组 SteO<sub>2</sub> 降至 91%,与 S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub> 组比较差异有统计学意义(P<0.05)。以 SaO<sub>2</sub> 作为标准值,当 SpO<sub>2</sub> 95%时,C 组 SteO<sub>2</sub> 偏差发生率较 S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub> 组增加(P<0.05),SpO<sub>2</sub> 91%时,C、S<sub>1</sub> 组 SteO<sub>2</sub> 偏差发生率较 S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub> 组增加(P<0.05)。**结论** SteO<sub>2</sub> 可作为一种血氧饱和度监测途径,更早期地对低氧的发生进行预警。因为不同食管壁表面压力对测得的结果有影响,为排除食管壁内静脉血流干扰,气囊压力在 40 cmH<sub>2</sub>O 时较合理,且测得的数值接近于 SaO<sub>2</sub>。

**关键词:** 经食管脉搏氧饱和度;全身麻醉;单肺通气

**中图分类号:** R614.2

**文献标识码:** B

### Application of trans-esophageal arterial oxygen saturation monitoring in thoracotomy\*

Xin-dan Du, Pi-sheng Qu, Hai-fang Wan, Li-xia Huang, Fan Tao  
(Department of Anesthesiology, Hangzhou Red Cross Hospital,  
Hangzhou, Zhejiang 310003, China)

**Abstract: Objective** To observe the sensitivity and accuracy of trans-esophageal monitoring of pulse oxygen saturation (SteO<sub>2</sub>) in thoracic operation. **Methods** In 80 patients undergoing selective thoracic operation with general anesthesia and one lung ventilation, a self-made air-bag SteO<sub>2</sub> probe was placed in the middle and distal segments of esophagus after induced intubation, the balloon was inflated. According to different pressure on the detection part of the esophageal wall, the patients were randomly divided into group C (pressure of balloon = 0 cm H<sub>2</sub>O), group S<sub>1</sub> (20 cm H<sub>2</sub>O), group S<sub>2</sub> (40 cm H<sub>2</sub>O) and group S<sub>3</sub> (60 cm H<sub>2</sub>O) with 20 patients in each group. In all the patients minute ventilation was decreased (VT = 6 ml/kg, RR = 10 / min) and 30% oxygen was inhaled. The time of SpO<sub>2</sub> and SteO<sub>2</sub> decreasing to 95% and 91% was record, and SaO<sub>2</sub> was detected at the same time. The number of SteO<sub>2</sub> signal interference and complications were recorded. **Results** SteO<sub>2</sub> signals were successfully monitored in all the patients. Compared with the group C (no air-bag inflation), signal interference significantly reduced after air-bag inflation in the groups S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> and S<sub>3</sub> (P<0.05). In hypoxic condition, in all the groups the drop of SteO<sub>2</sub> was ahead of SpO<sub>2</sub> drop. When SteO<sub>2</sub> in the group C dropped to 95%, it was most sensitive in warning de-saturation compared with the groups S<sub>2</sub> and S<sub>3</sub>

收稿日期: 2015-12-15

\* 基金项目: 浙江省杭州市卫计委课题(No: 2012A046)

[通信作者] 陶凡, E-mail: wqptf3@163.com

( $P < 0.05$ ); at the time when  $SteO_2$  in the groups C and S1 dropped to 91%, it was significantly different from that of the groups S<sub>2</sub> and S<sub>3</sub> ( $P < 0.05$ ). However,  $SaO_2$  as the reference standard, the incidence of deviation of  $SteO_2$  in the group C significantly increased compared to that in the groups S<sub>2</sub> and S<sub>3</sub> when  $SpO_2$  was 95% ( $P < 0.05$ ); it also significantly increased in the groups C and S<sub>1</sub> compared to that in the groups S<sub>2</sub> and S<sub>3</sub> when  $SpO_2$  was 91% ( $P < 0.05$ ). **Conclusions**  $SteO_2$  monitoring could be used as an approach for oxygen saturation monitoring which can give earlier warning of hypoxia. Since different pressure on the surface of esophageal wall has influence on the measured results, for the exclusion of interference by esophageal intramural venous flow, the pressure of air-bag at 40 cm H<sub>2</sub>O is reasonable when  $SteO_2$  value is close to  $SaO_2$ .

**Keywords:** trans-esophageal arterial oxygen saturation; general anesthesia; one-lung ventilation

食管监测脉搏氧饱和度(trans-esophageal arterial oxygen saturation,  $SteO_2$ )对急性缺氧的早期预警更加灵敏,并且与动脉血氧饱和度(arterial oxygen saturation,  $SaO_2$ )有更好的相关性,但多种原因致该监测技术仍未普遍临床应用<sup>[1]</sup>。因开胸手术时单肺通气期间易发生低血氧,本研究拟对 80 例单肺通气肺部手术患者,经食管监测不同食管壁压力下测得的  $SteO_2$  在发生低氧时的敏感性及准确性进行研究。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2013 年 3 月 -2015 年 2 月在本院择期行全身麻醉插双腔管单肺通气开胸手术的肺结核患者 80 例,美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级 I ~ III 级,年龄 17 ~ 65 岁,术前检查血气分析排除呼衰、高碳酸血症及重度肺功能异常,无血液系统病史、食管疾病或手术史。本研究经医院伦理委员会批准,患者知情同意。患者一般资料见表 1。

### 1.2 实验方法

保持室温( $23 \pm 1$ )℃,术中常规监测心率(heart rate, HR)、血压(blood pressure, BP)、血氧饱和度(blood oxygen saturation,  $SpO_2$ )及心电图(Electrocardiogram, ECG)。全身麻醉诱导:静脉丙泊酚 1.5 ~ 2.0 mg/kg,芬太尼 3 ~ 5  $\mu$ g/kg,维库溴铵 1.0 ~ 1.5 mg/kg。纯氧吸入双腔气管导管插管,术中七氟醚吸入间断静脉注射丙泊酚、芬太尼和维库溴铵维持。气管插管后经口置入带气囊  $SteO_2$  探头至食管中下段(38 ~ 42 cm),将探测面朝向患者左后 6:00 ~ 8:00 钟方向,使用与血氧饱和度(blood oxygen saturation,  $SpO_2$ )同一型号监护仪(Datex-Ohmeda S/5,美国 GE 公司),获取信号最强并与  $SpO_2$  波形及读数一致后固定探头。患者随机分 4 组,每组 20 例,使用气囊压力表(Germany, Hi-Lo™, VBM Medizintechnik GmbH)按不同压力为

探头气囊充气,C 组(0 cmH<sub>2</sub>O)、S<sub>1</sub> 组(20 cmH<sub>2</sub>O)、S<sub>2</sub> 组(40 cmH<sub>2</sub>O)和 S<sub>3</sub> 组(60 cmH<sub>2</sub>O)。术中单肺通气时采用小潮气量(6 ml/kg)、呼吸频率 10 次/min、吸入氧浓度为 30%的肺保护策略,完毕后适当增加分钟通气量及吸入氧浓度恢复患者氧供,术中全程监测呼气末二氧化碳(end-tidal carbon dioxide pressure,  $PETCO_2$ ),维持  $PETCO_2 \leq 55$  mmHg。术中实时监测  $SpO_2$ 、 $SteO_2$ ,并于关键点测  $SaO_2$ ,3 种指标共同关注下,最低允许  $SpO_2$ 、 $SteO_2$ 、 $SaO_2$  下降至 91%,3 种指标中任意一种达到预设值时,均为报警点,停止研究模式供氧,改正常模式,确保患者不出现低氧血症的风险。

### 1.3 观察指标

连续观察  $SpO_2$ 、 $SteO_2$  下降时的情况,分别记录  $SpO_2$ 、 $SteO_2$  从 100%下降至 95%的时间( $T_{p1}$ 、 $T_{te1}$ ),及  $SpO_2$ 、 $SteO_2$  从 95%下降至 91%的时间( $T_{p2}$ 、 $T_{te2}$ )。记录  $T_{p1}$ 、 $T_{p2}$  时各组  $SpO_2$ 、 $SteO_2$  与  $SaO_2$  数值一致例数。记录每组氧饱和度下降的观察时间及发生干扰次数(波形紊乱、读数跳跃排除因手术操作干扰),记录术后随访发生咽痛、吞咽困难等不良反应情况。

### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 19.0 统计软件进行数据分析,计量资料以均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,用方差分析和  $t$  检验,计数资料以率表示,用  $\chi^2$  检验, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 4 组患者 $SpO_2$ 、 $SteO_2$ 下降时间比较

4 组  $SpO_2$  从 100%降至 95%的时间( $T_{p1}$ )比较,经方差分析,差异无统计学意义( $F=0.199, P=0.897$ );  $SpO_2$  从 95%降至 91%的时间( $T_{p2}$ )比较,经方差分析,差异无统计学意义( $F=0.442, P=0.724$ )。  $SteO_2$  从 100%降至 95%的时间( $T_{te1}$ )比较,经方差分析,差异有统计学意义( $F=2.949, P=0.040$ );  $SteO_2$  从 95%

降至 91%的时间( $T_{te2}$ )比较,经方差分析,差异有统计学意义( $F=8.465, P=0.000$ )(见表 2)。其中,C 组  $T_{te1}$  值与  $S_2、S_3$  组比较,经 LSD 检验,差异有统计学意义( $P=0.027$  和  $0.016$ );C 组  $T_{te2}$  值与  $S_2、S_3$  组比较,经 LSD 检验,差异有统计学意义( $P=0.000$ ); $S_1$  组  $T_{te2}$  值与  $S_2、S_3$  组比较,经 LSD 检验,差异有统计学意义( $P=0.000$ )。

2.2  $T_{p1}、T_{p2}$  时各组  $SpO_2、SteO_2$  与  $SaO_2$  数值相一致的例数

$SpO_2$  在  $T_{p1}、T_{p2}$  时组间比较,差异无统计学意义( $\chi^2=0.168$  和  $3.456, P=0.961$  和  $0.343$ ), $SteO_2$  在  $T_{p1}、T_{p2}$  时组间比较,差异有统计学意义( $\chi^2=14.591$  和  $29.686, P=0.001$  和  $0.000$ )(见表 3)。 $T_{p1}$  时, $SteO_2$  与  $SaO_2$  数值一致例数中,C 组与  $S_1、S_2、S_3$  组比较,经

$\chi^2$  检验,差异有统计学意义( $\chi^2=8.533、13.789$  和  $10.157, P=0.003、0.000$  和  $0.001$ )。 $T_{p2}$  时, $SteO_2$  与  $SaO_2$  数值一致的例数中,C 组与  $S_2、S_3$  组比较,经  $\chi^2$  检验,差异有统计学意义( $\chi^2=15.821$  和  $13.786, P=0.000$ ), $S_1$  组与  $S_2、S_3$  组比较,经  $\chi^2$  检验,差异有统计学意义( $\chi^2=15.821$  和  $13.786, P=0.000$ )。

2.3 4 组患者在氧饱和度下降时  $SteO_2$  监测发生的信号干扰

4 组观察时间比较差异无统计学意义( $F=0.080, P=0.971$ ),发生干扰次数比较差异无统计学意义( $F=49.847, P=0.000$ )(见表 4)。C 组发生干扰次数与  $S_1、S_2、S_3$  组比较,经 LSD 检验,差异有统计学意义( $P=0.009、0.013$  和  $0.015$ )。

表 1 4 组患者一般资料及手术时间比较 ( $n=20, \bar{x} \pm s$ )

组别	年龄 / 岁	体重 / kg	身高 / cm	手术时间 / min	单肺通气时间 / min
C 组	54.2 ± 7.1	58.2 ± 9.3	166.5 ± 6.3	184.6 ± 62.5	151.3 ± 68.6
$S_1$ 组	53.8 ± 9.5	56.7 ± 8.6	165.5 ± 5.4	186.7 ± 60.9	158.8 ± 59.8
$S_2$ 组	53.4 ± 6.2	57.1 ± 8.8	167.6 ± 5.6	185.0 ± 58.9	161.3 ± 63.3
$S_3$ 组	54.3 ± 8.6	56.8 ± 9.5	166.0 ± 6.5	183.8 ± 64.2	159.6 ± 60.6
F 值	0.059	0.124	0.455	0.008	0.099
P 值	0.981	0.946	0.715	0.990	0.961

表 2 4 组患者的  $T_{p1}、T_{te1}、T_{p2}、T_{te2}$  数值比较 ( $n=20, s, \bar{x} \pm s$ )

组别	100%降至 95%		95%降至 91%	
	$T_{p1}$	$T_{te1}$	$T_{p2}$	$T_{te2}$
C 组	702.0 ± 137.8	627.0 ± 132.7	285.0 ± 47.2	195.0 ± 61.2
$S_1$ 组	711.0 ± 132.4	636.0 ± 126.7	288.0 ± 46.1	180.0 ± 64.6
$S_2$ 组	705.0 ± 127.5	657.0 ± 128.4	291.0 ± 52.5	246.0 ± 51.1
$S_3$ 组	702.0 ± 135.0	660.0 ± 139.0	297.0 ± 49.5	252.0 ± 53.7
F 值	0.199	2.949	0.442	8.465
P 值	0.897	0.040	0.724	0.000

表 3 4 组患者在  $T_{p1}、T_{p2}$  时  $SpO_2、SteO_2$  与  $SaO_2$  相一致例数 ( $n=20, 例, \bar{x} \pm s$ )

组别	$T_{p1}$		$T_{p2}$	
	$SteO_2$	$SpO_2$	$SteO_2$	$SpO_2$
C 组	1	13	1	10
$S_1$ 组	9	13	1	10
$S_2$ 组	12	13	13	12
$S_3$ 组	10	14	12	15
$\chi^2$ 值	14.591	0.168	29.686	3.456
P 值	0.001	0.961	0.000	0.343

表 4 4 组患者氧饱和度下时  $SteO_2$  信号干扰的发生 ( $n=20, \bar{x} \pm s$ )

组别	观察时间 / min	干扰发生数 / 次
C 组	16.5 ± 2.9	22.75 ± 10.37
$S_1$ 组	16.7 ± 2.7	10.75 ± 4.39
$S_2$ 组	16.6 ± 2.9	11.00 ± 3.55
$S_3$ 组	16.7 ± 3.0	11.10 ± 3.04
F 值	0.080	49.847
P 值	0.971	0.000

3 讨论

体表脉搏血氧饱和度监测具有无创、连续、方便实施等优点,其与动脉血氧饱和度有良好相关性,因此常用于评估血液氧合状态,但在急性缺氧及干扰时可出现反应滞后,产生该现象是否因采样来源于指(趾)末梢动脉信号所致仍存在争议<sup>[2]</sup>。有研究发现,经食管可探测到脉搏氧饱和度信号,且对预警急性缺氧的敏感性高于  $SpO_2$ ,Margreiter 等<sup>[3]</sup>用食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)

探头定位后,可探测来自左、右心室及主动脉的氧饱和度波形及读数。熊秋菊等<sup>[4]</sup>用 TEE 探及降主动脉时,距离门齿(41.4 ± 4.7)cm,主动脉壁距食管厚度 0.29 ~ 0.63 cm (95%可信区间),当探头在 5:00 ~ 9:00 时钟方向时可测得良好的脉搏氧饱和度信号。本研究对 80 例患者放置探头至食管中下段,距门齿深度在 38 ~ 42 cm,并细微调整探测面朝向在 6:00 ~ 8:00 点钟方向,所有患者成功测得 SteO<sub>2</sub> 信号,术中可见经食管探头传感器光线照射主动脉可获取稳定脉搏氧饱和度信号。

目前,国内外对 SteO<sub>2</sub> 的相关研究缺乏统一、可供临床使用的探头设备,这或许是该监测技术未被普及的原因。喻思源等<sup>[5]</sup>观察阻断实验动物主动脉及食管动脉后测得 SteO<sub>2</sub> 波形的改变,发现机械通气以及对食管壁施加压力可影响信号的数值及稳定性。本研究初期曾将一次性脉搏氧饱和度传感器做成探头放置食管内,发现 SteO<sub>2</sub> 信号易受干扰且不稳定,经分析干扰产生的原因可能为:①探头监测点在食管内位移产生伪差;②食管壁黏膜内丰富的动静脉血流信号;③分泌液对光线散射等。因而笔者设计采用带气囊并密封传感器探头,通过气囊压迫使探头固定并贴附于食管壁来尝试排除干扰,在观察期间发现气囊压力在 0 cmH<sub>2</sub>O 时产生干扰数为平均 22 次/10 min,较充气组增多( $P < 0.05$ )。因此,探头加装气囊的方式或许是进一步完善 SteO<sub>2</sub> 监测技术的重要环节之一。

近年来,单肺通气期间采用小潮气量通气与非纯氧吸入的肺保护方式被认为是可以有效预防围手术期急性肺损伤以及减少术后肺部并发症一种策略<sup>[6]</sup>,因此术中需要灵敏、精确的氧合监测。本研究利用术中肺保护策略对 80 例患者降低吸入氧浓度,观察低氧发生并同时监测 PETCO<sub>2</sub>,较以往相关研究比较<sup>[1,4,7]</sup>,虽然血氧饱和度下降趋势较平缓,但各组 SpO<sub>2</sub> 降至 95%和 91%,以及 SteO<sub>2</sub> 下降至相同指标的时间均明显提前( $P < 0.05$ ),因此 SteO<sub>2</sub> 对低氧发生的预警更灵敏。值得注意的是,SpO<sub>2</sub> 降至 95%时,SteO<sub>2</sub> 在 C 组较 S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub> 偏差发生例数均表现出显著

增多,SpO<sub>2</sub> 继续降至 91%时,S<sub>1</sub> 组也出现显著偏差( $P < 0.05$ ),说明不同监测点食管壁的压力对监测结果有影响。对于 SteO<sub>2</sub> 信号来源的研究中,食管壁静脉丛内的血液在受到毗邻的心搏及主动脉震动后,产生与脉搏同步的血流,导致静脉血氧饱和度信号混杂,这可能是引起 C 组对低氧更灵敏的原因,由此进一步证实,当对食管壁施加压力 >40 cmH<sub>2</sub>O 的组织灌注压临界时,因食管壁自身静脉及毛细血管血流逐渐消失,使 SteO<sub>2</sub> 数值更接近于 SaO<sub>2</sub>,该压力用于压迫治疗食管胃底静脉出血时相对安全,但更高的压力是否会对食管壁黏膜造成损伤仍将需要进一步研究<sup>[8-9]</sup>。

综上所述,SteO<sub>2</sub> 可作为一种血氧饱和度监测途径,更早地对低氧的发生进行预警。其对食管壁压力在 40cmH<sub>2</sub>O 时测得的数值更接近于 SaO<sub>2</sub>。

#### 参 考 文 献:

- [1] 朱昭琼,魏蔚,刘进. 手术患者经食道监测血氧饱和度和指端脉搏血氧测定法的比较[J]. 中华麻醉学杂志, 2005, 25(5): 342-345.
- [2] Cannesson M, Awad AA, Shelley K. Oscillations in the plethysmographic waveform amplitude: phenomenon hides behind artifacts[J]. Anesthesiology, 2009, 111(1): 206-207.
- [3] Margreiter J, Keller C, Brimacombe J. The feasibility of trans-esophageal echocardiograph-guided right and left ventricular oximetry in hemodynamically stable patients undergoing coronary artery bypass grafting[J]. Anesth Analg, 2002, 94(4): 794-798.
- [4] 熊秋菊,牟玲,王丽,等. 经食管探测主动脉血氧饱和度信号的初步研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2010, 27(2): 266-269.
- [5] 喻思源,牟玲,魏蔚. 食道内脉搏氧饱和度信号来源及其影响因素[J]. 生物医学工程学杂志, 2012, 29(2): 282-286.
- [6] 黄伟明,王治军,朱赛楠,等. 术中肺保护策略对行肺切除患者术后肺功能的影响[J]. 中国现代医学杂志, 2009, 19(10): 1518-1521.
- [7] 朱昭琼,魏蔚,薛富善,等. 经食管监测动脉血氧饱和度的应用研究[J]. 中华医学杂志, 2005, 85(30): 2146-2147.
- [8] Azam Z, Hamid S, Jafri W, et al. Short course adjuvant terlipressin in acute variceal bleeding: a randomized double blind dummy controlled trial[J]. J Hepatol, 2012, 56(4): 819-824.
- [9] Tiuca N, Sztogrin W. The news of treatment of variceal upper gastrointestinal bleeding[J]. J Med Life, 2011, 4(4): 395-398.

(童颖丹 编辑)