

无痛结肠镜检查中呼气末二氧化碳分压预测低氧血症敏感性及其呼吸抑制危险因素分析

蒋宝峰^{1,3} 王金璇^{1,3} 翟学花¹ 邓小明²

¹ 潍坊医学院麻醉学系 261053; ² 海军军医大学附属长海医院麻醉学部, 上海 200433; ³ 潍坊市人民医院麻醉科 261041

通信作者: 邓小明, Email: deng_x@yahoo.com

【摘要】 **目的** 探讨无痛结肠镜检查中, $P_{ET}CO_2$ 预测低氧血症的敏感性, 分析发生呼吸抑制的危险因素。 **方法** 选择 2018 年 2 月至 3 月择期行无痛结肠镜检查的患者 120 例, ASA 分级 I、II 级。根据术中是否达到呼吸抑制 [$P_{ET}CO_2 \geq 50$ mmHg (1 mmHg=0.133 kPa) 或波形消失 ≥ 15 s], 将患者分为呼吸抑制组(D 组)与非呼吸抑制组(N 组)。记录两组患者性别、年龄、手术时长、丙泊酚总用量、BMI、阻塞性睡眠呼吸暂停综合征(obstructive sleep apnea syndrome, OSAS)史, 观察从呼吸抑制开始到低氧血症($SpO_2 < 90\%$)出现的间隔时间, 以及从低氧血症警报值出现到低氧血症的间隔时间。 **结果** 两组患者年龄、BMI、OSAS 史比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 年龄及 BMI 是呼吸抑制独立危险因素。受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC 曲线)显示年龄、BMI 以及年龄联合 BMI 对于呼吸抑制均具有一定预测作用, 其中, 年龄加 BMI 的 ROC 曲线下面积大于两独立变量。与 N 组比较, D 组在预测低氧血症方面具有优势, 两组差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。监测 $P_{ET}CO_2$ 较传统的 SpO_2 能更早地预测低氧血症的出现, 其中呼吸抑制平均早于低氧血症 ($SpO_2 < 90\%$) 63.9 s。 **结论** 无痛结肠镜检查中高龄及 BMI 较大患者, 更易出现呼吸抑制; 监测 $P_{ET}CO_2$ 能够更加敏感地预测低氧血症的发生, 为我们处理低氧血症提供充足时间, 保证患者安全。

【关键词】 呼气末二氧化碳分压; 危险因素; 呼吸抑制; 低氧血症

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4378.2019.06.008

Analysis of the sensitivity to hypoxemia predicted by end-tidal carbon dioxide partial pressure in painless colonoscopy and risk factors for respiratory depression

Jiang Baofeng^{1,3}, Wang Jinxuan^{1,3}, Zhai Xuehua¹, Deng Xiaoming²

¹Department of Anesthesiology, Weifang Medical College, Weifang 261053, China; ²Faculty of Anesthesiology, Changhai Hospital, Naval Medical University, Shanghai 200433, China; ³Department of Anesthesiology, Weifang People's Hospital, Weifang 261041, China
Corresponding author: Deng Xiaoming, Email: deng_x@yahoo.com

【Abstract】 **Objective** To investigate the risk factors of respiratory depression and its sensitivity in predicting hypoxemia in painless colonoscopy. **Methods** A total of 120 patients [American Society of Anesthesiologists (ASA) grade I – II] who underwent painless colonoscopy from February to March 2018 were enrolled. The patients were divided into a respiratory depression group (group D) and a non-respiratory depression group (group N), according to whether respiratory depression [end-tidal carbon dioxide partial pressure ($P_{ET}CO_2$) ≥ 50 mmHg (1 mmHg=0.133 kPa) or disappearance of waveform ≥ 15 s] was achieved during surgery. The following indicators of both groups were recorded: gender, age, length of examination, propofol doses, body mass index (BMI), obstructive sleep apnea syndrome (OSAS) history, the interval from respiratory depression to hypoxemia [pulse oxygen saturation (SpO_2) $< 90\%$] and the interval from the onset of hypoxemia alert values to hypoxemia. **Results** Remarkable difference was found in age, BMI, and OSAS history between the two groups, while age and BMI were the independent risk factors for respiratory depression. According to receiver operating characteristic (ROC) curve, age, BMI, and both can predict respiratory depression to some extent. Notably, the area under the ROC curve for both age and BMI was greater, compared with age and BMI alone ($P < 0.05$). Compared with group N, group D had advantages in predicting hypoxemia ($P < 0.05$). Compared with traditional oxygen saturation value (SpO_2), monitoring $P_{ET}CO_2$ predicted hypoxemia earlier, with earlier respiratory depression (63.9 s) than hypoxemia on average ($SpO_2 < 90\%$). **Conclusions** Patients with older ages and high BMI in painless colonoscopy are more likely to present respiratory depression. Monitoring $P_{ET}CO_2$ can be more sensitive to predict the occurrence of hypoxemia, providing sufficient time for our treatment of hypoxemia to guarantee patient safety.

【Key words】 End-tidal carbon dioxide partial pressure; Risk factors; Respiratory depression; Hypoxemia
DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-4378.2019.06.008

无痛结肠镜检查是消化系统疾病诊断的一种重要手段,越来越受到人们的重视。然而,由于麻醉药物对患者呼吸的抑制作用,门诊手术中呼吸管理较为棘手。近年来, $P_{ET}CO_2$ 监测仪有了较大发展。有研究表明,对于血流动力学稳定的患者, $P_{ET}CO_2$ 与 $PaCO_2$ 具有良好的相关性,在一定程度上可以反映 $PaCO_2$,即肺通气情况^[1]。患者术中出现呼吸抑制后容易发展为低氧血症,对患者术中安全及预后产生不良影响,是麻醉医师面临的重要挑战。常规的 SpO_2 主要反映机体氧合而非肺通气,无法反映肺泡呼吸抑制情况下的通气不足。随着麻醉的发展,越来越多的人呼吁将 $P_{ET}CO_2$ 监测用于门诊腔镜检查中^[2]。本研究旨在探讨无痛结肠镜检查中 $P_{ET}CO_2$ 预测低氧血症的敏感性及呼吸抑制的危险因素,为临床提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究已获潍坊市人民医院伦理委员会批准通过,并与患者签署知情同意书。选择 2018 年 2 月至 2018 年 3 月于潍坊市人民医院择期行无痛结肠镜检查的患者 120 例,年龄大于 18 岁,性别不限,ASA 分级 I、II 级,术前心肝肺肾功能、电解质、Hb 均正常。排除有哮喘发作史、近期中呼吸道感染、精神疾病史、检查前未禁食 8 h、禁水 4 h 者。根据检查过程中是否达到呼吸抑制值 [$P_{ET}CO_2 \geq 50$ mmHg (1 mmHg=0.133 kPa)、较基线上升或下降 ≥ 10 mmHg 或二氧化碳波形消失 ≥ 15 s],将患者分为两组:呼吸抑制组(D组)和非呼吸抑制组(N组)。

1.2 麻醉及监测方法

所有麻醉操作由同一名经验丰富的医师完成。患者入室后常规开放静脉通路,取左侧卧位,头后仰,连续监测 ECG、血压、 SpO_2 和 $P_{ET}CO_2$ 。采用 SALTER LABS REF4100 收集管行改良型鼻导管旁流监测,即经鼻端插管(深入鼻翼约 1 cm 并固定)收集呼气末二氧化碳,导管另一端连接到旁流型呼气末二氧化碳检测模块上(PM6000 插件式多参数监护仪,深圳迈瑞生物医疗电子有限公司),同时同时经口端低流量(2 L/min)持续吸氧。麻醉诱导给予舒芬太尼(生产批号:81A07071 A1,宜昌人福药业

有限责任公司)0.1 μ g/kg 静脉滴注,5 min 后丙泊酚(生产批号:10MF5254,北京费森尤斯卡比医药有限公司)1.5~2.0 mg/kg 手控速度 2 mg/s 静脉注射,期间间断唤醒患者,嘱吸气。待患者唤之不醒、睫毛反射消失和下颌支后缘处深按压无体动反应后,嘱医师行肠镜操作。根据患者入镜时体动发生情况,判断是否追加丙泊酚(1 级:轻微不自主地肢体运动,不影响内镜检查,无需追加丙泊酚。2 级:患者体动影响内镜医师检查,需追加丙泊酚。3 级:躁动,完全不能配合,需暂停检查退镜,加深麻醉后继续)。术中丙泊酚以 400 mg/h 速率微量泵静脉泵注维持麻醉,根据术中镇静情况酌情追加丙泊酚注射液(0.25~0.50 mg/kg)。

1.3 观察指标

记录患者年龄、BMI、既往吸烟史、阻塞性睡眠呼吸暂停综合征(obstructive sleep apnea syndrome, OSAS)史、手术时长及术中丙泊酚总用量,连续监测患者从麻醉诱导至检查结束过程中 $P_{ET}CO_2$ 与 SpO_2 的数据,并记录患者术中是否达到呼吸抑制指标、是否出现低氧血症警报值及低氧血症,以及从呼吸抑制开始到低氧血症出现的间隔时间、从低氧血症警报值出现到低氧血症出现的间隔时间。其中,呼吸抑制指标为 $P_{ET}CO_2 \geq 50$ mmHg、较基线上升或下降 ≥ 10 mmHg 或二氧化碳波形消失 ≥ 15 s^[3];低氧血症警报值为术中 SpO_2 较基础 SpO_2 绝对值下降 5%,此时暂不进行干预;低氧血症指标为 $SpO_2 < 90\%$ ^[4],此时进行人为干预,即暂停泵注丙泊酚,托起患者下颌,加大氧流量,若 SpO_2 仍持续降低,给予麻醉面罩加压通气。临床观察及记录由一名专门人员完成,且不参与麻醉操作和结果分析。研究者仅分析所得数据,不参与麻醉和记录过程。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 20.0 统计学软件进行数据分析,正态分布的计量资料以均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法;对单因素分析结果中有统计学意义的变量进一步采用多因素非条件 Logistic 回归分析;受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC 曲线)评价不同危险因素对于术中呼吸抑制的诊断价值。 $P < 0.05$ 为差异有统

计学意义。

2 结果

2.1 患者情况及分组

本研究初始纳入 120 例患者,均完成所有指标的评估。120 例患者中,有 42 例达到呼吸抑制指标,为 D 组;78 例全程未达到呼吸抑制指标,为 N 组。两组患者年龄、BMI、OSAS 史比较差异有统计学意义($P<0.05$),其余比较差异无统计学意义($P>0.05$,表 1)。

2.2 $P_{Et}CO_2$ 预测低氧血症敏感性分析

2.2.1 D 组 42 人中监测到低氧血症者 10 人,N 组 78 人中监测到低氧血症者仅 3 人,两组比较差异有统计学意义($P<0.05$,表 2)。

表 2 两组患者呼吸抑制与低氧血症的关系

| 组别 | 例数(例) | 达到低氧血症[例(%)] |
|-----|-------|-----------------------|
| N 组 | 78 | 3(3.8) |
| D 组 | 42 | 10(23.8) ^a |

注:与 N 组比较,^a $P<0.05$;N 组:未发生呼吸抑制组;D 组:发生呼吸抑制组

2.2.2 从呼吸抑制开始到低氧血症出现的间隔时间[(63.9±14.9) s]较之从低氧血症警报值出现到低氧血症出现的间隔时间[(19.9±4.2) s]明显提前,两组差异有统计学意义($P<0.05$)。说明经 $P_{Et}CO_2$ 监测能更为及时地捕捉患者呼吸情况的异常现象,对于低氧血症的出现通常能提前预测,较之变化较慢的低氧血症警报值平均提前约 44 s。

2.3 呼吸抑制危险因素回顾性分析

2.3.1 将单因素分析中有统计学差异的变量(即表 1 中有统计学差异的年龄、BMI、OSAS 史)采用偏最大似然估计前进法放入 Logistic 回归模型中进行筛选,经统计,年龄、BMI 是患者术中发生呼吸抑制的独立高危因素($P<0.05$,表 3)。

2.3.2 ROC 曲线分析显示,年龄、BMI、年龄联合 BMI 对于无痛结肠镜检查患者术中出现的呼吸抑制均具有一定的预测价值(P 均 <0.05),其中年龄联合 BMI 的 ROC 曲线下面积(area under curve, AUC)大于单独的年龄及 BMI,表明年龄联合 BMI 的预测价值大于两单独的变量(表 4、图 1)。

表 3 呼吸抑制的相关因素 Logistic 回归分析结果

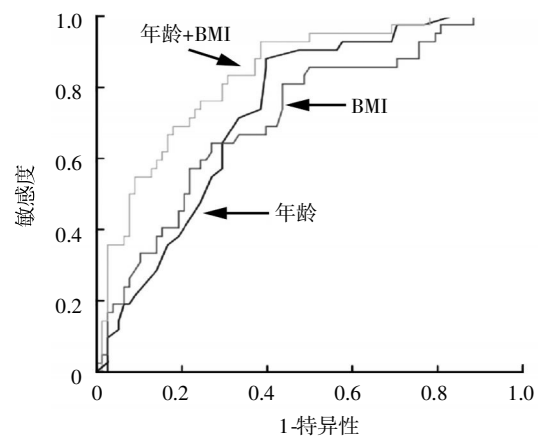
| 自变量 | B 值 | P 值 |
|--------|-------|-------|
| 年龄 | 0.133 | 0.000 |
| BMI | 0.830 | 0.000 |
| OSAS 史 | 0.527 | 0.224 |

注:OSAS:阻塞性睡眠呼吸暂停综合征

表 4 年龄、BMI 及年龄联合 BMI 对术中发生呼吸抑制的预测价值

| 危险因素 | AUC | S ² | P 值 | 95%CI |
|----------|-------|----------------|-------|-------------|
| 年龄 | 0.737 | 0.045 | 0.000 | 0.649~0.825 |
| BMI | 0.717 | 0.049 | 0.000 | 0.621~0.812 |
| 年龄联合 BMI | 0.835 | 0.037 | 0.000 | 0.761~0.908 |

注:AUC:曲线下面积



注:ROC:受试者工作特征曲线

图 1 无痛结肠镜检查术中呼吸抑制预测的 ROC 曲线

3 讨论

呼吸抑制是静脉麻醉中常见的并发症之一,呼吸抑制可能产生高碳酸血症(呼吸频率所受影响相对大于潮气量)或低碳酸血症(潮气量所受影响相对大于呼吸频率)。呼气末二氧化碳监测仪具有体积小、采样气体量小、测量敏感度高、反应快且连续等优点,基于上述优势,有学者用其变化来反映呼吸抑制这一现象^[5]。

目前门诊无痛结肠镜检查多采用丙泊酚复合阿片类药物的麻醉方式。丙泊酚起效时间迅速、作用时间短、苏醒快、麻醉深度容易控制,但其以剂量反应方式抑制呼吸,引起潮气量减少、呼吸频率降

表 1 两组患者一般情况比较

| 组别 | 例数(例) | 年龄(岁, $\bar{x}\pm s$) | 性别比(例,男/女) | BMI(kg/m ² , $\bar{x}\pm s$) | OSAS 史(例) | 手术时长(min, $\bar{x}\pm s$) | 丙泊酚总用量(mg, $\bar{x}\pm s$) |
|-----|-------|------------------------|------------|--|-----------------|----------------------------|-----------------------------|
| N 组 | 78 | 52±10 | 40/38 | 23.2±1.4 | 14 | 33±7 | 351±50 |
| D 组 | 42 | 61±7 ^a | 23/19 | 24.3±1.3 ^a | 15 ^a | 35±7 | 366±68 |

注:与 N 组比较,^a $P<0.05$;N 组:未发生呼吸抑制组;D 组:发生呼吸抑制组;OSAS:阻塞性睡眠呼吸暂停综合征

低,且具有负性心肌收缩力的效应,从而导致心排量下降^[6]。据研究,以 2 mg/kg 丙泊酚的剂量诱导老年患者,具有较明显的血管平滑肌直接松弛作用和心肌的负性变力效应,导致血压、心脏每搏量、左室排血量显著减少^[7]。阿片类药物可增强麻醉性镇静药的药效并减少其用量,其对呼吸最显著的影响是改变呼吸节律和模式。低剂量主要引起呼吸频率下降及潮气量减少;一次给予剂量较大时可出现呼吸暂停,这主要是由于阿片受体被大量占领,阿片受体敏感型化学感受器的兴奋冲动减少所致。有研究表明应用阿片类药物引起呼吸抑制发生率可达 0.5%~2.0%^[8]。

高龄患者、BMI 较大、既往有 OSAS 病史等均增加呼吸抑制的风险,其中年龄及 BMI 是呼吸抑制的独立危险因素,两者对于呼吸抑制均具有一定诊断价值。随着年龄的增加,肺和胸廓的顺应性降低,肺活量减少,功能残气量明显增加,气道阻力增加及小气道功能减弱,老年人的通气功能显著下降;终末支气管则随肺泡弹性回缩力的降低而易早闭,导致通气/血流比例失衡,老年人换气功能降低。另外,老年人呼吸中枢对短时间缺氧和高二氧化碳血症的通气代偿反应也比较迟钝^[9]。

肥胖患者的呼吸中枢对于低氧和 PaCO₂ 增高的反应性较正常人显著降低,当受到药物作用时更为明显。腹部脂肪组织的堆积对胸廓和膈肌产生机械压迫,导致患者呼吸系统顺应性下降。有研究显示,肥胖患者的肺顺应性和胸廓顺应性随着 BMI 的增长呈指数下降,严重肥胖患者肺和胸廓总顺应性可降至正常体重患者的 30%,且随着患者 BMI 升高,功能残气量下降,而肺内分流增高^[10]。此外,肥胖患者更易合并 OSAS,OSAS 患者由于麻醉药物作用,可使咽张力降低,加重上呼吸道的梗阻。这些都导致 BMI 较大的患者肺通气功能出现障碍,易发生呼吸抑制甚至低氧血症。根据实验数据分析,高龄且合并 BMI 较大的患者是麻醉医师最应该提高警惕的人群。患者如果发生呼吸抑制可以进行适当措施处理,比如保持呼吸道通畅,对于舌后坠患者可仰头抬颌并放置口(鼻)咽通气道;辅助吸氧,加大鼻导管氧流量也可进行纠正。

目前结肠镜检查的麻醉监测主要通过传统的观察呼吸频率、胸廓起伏情况以及 SpO₂^[11]。SpO₂ 是评估动脉血氧饱和度(oxygen saturation, SaO₂)的非

侵入性手段。SaO₂ 是一种间接且不敏感的肺泡通气标志物,它无法及时评估肺泡通气情况。SaO₂ 会在肺泡和动脉血二氧化碳水平显著增加时才降低^[12]。因此 SpO₂ 主要反映机体氧合而非肺通气,无法反映肺泡呼吸抑制情况下的通气不足。有国外学者提出通气与氧合是两个完全不同的生理过程。对于有呼吸抑制风险的患者,不应当单纯依赖 SpO₂ 对患者进行氧饱和度的监测,尤其对于高龄患者^[13]。

据研究,在健康的人群中,PaCO₂ 和 P_{ET}CO₂ 之差,即 P(a-_{ET})CO₂ 非常小(2~5 mmHg),因为肺泡血流灌注和通气大多匹配良好。曾有研究根据肺泡死腔大小,将两者差值界限设定在 5 mmHg 以内,实际分析发现,旁流 P_{ET}CO₂ 与 PaCO₂ 之间差距可能更小。因此,在没有显著心肺功能障碍的患者中,PaCO₂ 可以通过使用 P_{ET}CO₂ 值来进行估计^[14-15]。本研究观察了 P_{ET}CO₂ 在结肠镜检查中的监测作用,120 例观察对象中 42 例术中出现呼吸抑制,这 42 例中共有 10 例出现低氧血症,32 例存在呼吸抑制而未缺氧,即出现了假阳性结果,此现象有学者定义为“亚临床”呼吸抑制,即有呼吸抑制的二氧化碳证据但无低氧血症^[3,16]。本研究中有 3 例假阴性结果(即出现低氧血症而无呼吸抑制的二氧化碳图证据)。尽管存在假阴性结果,但本实验中通过 P_{ET}CO₂ 的异常来预测低氧血症的敏感度为 77%,特异度为 30%,不可否认其功效。呼吸抑制的标准较为宽泛,导致本实验结果特异性较低,今后若有条件,可对指标中的具体一类行进一步研究。

我们发现,从 P_{ET}CO₂ 出现异常至发现低氧血症,平均时间间隔为 63.92 s,而从 SpO₂ 出现警报值至监测发生低氧血症,时间仅间隔 19.93 s,表明 P_{ET}CO₂ 较 SpO₂ 能更敏感地预测低氧血症的发生。从 SpO₂ 下降到令麻醉医师注意的警报值到发展为低氧血症往往十分迅速,若干预不及时,患者将发生难以避免的低氧血症。仅监测 SpO₂ 留给麻醉医师的反应时间较为仓促,P_{ET}CO₂ 监测能更加及时地监测呼吸异常情况,为医师干预提供充足时间,尤其对于高龄等危险因素较高的患者,需要我们更深层次的麻醉措施以及监测方法来保证患者安全,此时 P_{ET}CO₂ 监测显得更为必要。目前多个国家的麻醉及临床安全委员会均强烈建议将 P_{ET}CO₂ 作为中度至深度镇静患者的标准监测^[17]。

无痛结肠镜检查过程中呼吸抑制是多因素作

用的结果,任何有效监测终究不能取代那些能够早期识别危险因素并能迅速进行矫正治疗的熟练医务人员^[18]。无痛结肠镜检查过程中患者的安全性不仅在于周密系统的术前评估与经验丰富的医务人员相结合,还需要医师对患者进行有效的监测,以此在提供患者舒适体验的同时最大化地保障患者镇静过程中的安全。

综上所述,高龄及 BMI 增高是发生呼吸抑制的独立危险因素,应引起广大麻醉医师的注意,由于 $P_{Et}CO_2$ 能够提示早期通气异常,预警低氧血症之前的呼吸抑制情况,因此鼓励在常规 SpO_2 监测下复合 $P_{Et}CO_2$ 监测。本研究由于病例都是在门诊采集,基于实际情况无法及时进行血气分析,缺少动脉血氧饱和度的对比,这也是让人感到无奈的现实,今后希望能加以改进。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Zhang C, Wang M, Wang R, et al. Accuracy of end-tidal CO_2 measurement through the nose and pharynx in nonintubated patients during digital subtraction cerebral angiography [J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2013, 25(2): 191-196. DOI:10.1097/ANA.0b013e31827c9d5a.
- [2] Cook TM, Woodall N, Frerk C. Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: anaesthesia [J]. *Br J Anaesth*, 2011, 106(5): 617-631. DOI:10.1093/bja/aer058.
- [3] Deitch K, Miner J, Chudnofsky CR, et al. Does end tidal CO_2 monitoring during emergency department procedural sedation and analgesia with propofol decrease the incidence of hypoxic events? A randomized, controlled trial [J]. *Ann Emerg Med*, 2010, 55(3): 258-264. DOI:10.1016/j.annemergmed.2009.07.030.
- [4] Schlag C, Wörner A, Wagenpfeil S, et al. Capnography improves detection of apnea during procedural sedation for percutaneous transhepatic cholangiodrainage [J]. *Can J Gastroenterol*, 2013, 27(10): 582-586.
- [5] Krauss B, Hess DR. Capnography for procedural sedation and analgesia in the emergency department [J]. *Ann Emerg Med*, 50(2): 172-181. DOI:10.1016/j.annemergmed.2006.10.016.
- [6] Cohen LB, DeLegge MH, Aisenberg J, et al. AGA Institute review of endoscopic sedation [J]. *Gastroenterology*, 2007, 133(2): 675-701. DOI:10.1053/j.gastro.2007.06.002.
- [7] 许霁虹, 张铁铮, 刘晓江, 等. 不同剂量丙泊酚对老年患者心血管功能的影响[J]. *临床麻醉学杂志*, 2004, 20(8): 451-452.
- [8] Dahan A, Aarts L, Smith TW. Incidence, reversal, and prevention of opioid-induced respiratory depression[J]. *Anesthesiology*, 2010, 112(1): 226-238. DOI:10.1097/ALN.0b013e3181c38c25.
- [9] Yazar E, Yilmaz C, Bilgin H, et al. A comparison of the effect of sugammadex on the recovery period and postoperative residual block in young elderly and middle-aged elderly patients [J]. *Balkan Med J*, 2016, 33(2): 181-187. DOI:10.5152/balkanmedj.2016.16383.
- [10] Seet E, Yousaf F, Gupta S, et al. Use of manometry for laryngeal mask airway reduces postoperative pharyngolaryngeal adverse events: a prospective, randomized trial[J]. *Anesthesiology*, 2010, 112(3): 652-657. DOI:10.1097/ALN.0b013e3181cf4346.
- [11] Holton J, Flattery B. Capnography compared to pulse oximetry for early detection of respiratory compromise in non-intubated patients undergoing gastrointestinal endoscopy procedures: a systematic review protocol [J]. *JBI Database System Rev Implement Rep*, 2016, 14(12): 38-47. DOI:10.11124/JBISRIR-2016-003220.
- [12] Mahmud N, Berzin TM. Extended monitoring during endoscopy [J]. *Gastrointest Endosc Clin N Am*, 2016, 26(3): 493-505. DOI: 10.1016/j.giec.2016.02.006.
- [13] Papachristou GI, Gleeson FC, Papachristou DJ, et al. Endoscopist administered sedation during ERCP: impact of chronic narcotic/benzodiazepine use and predictive risk of reversal agent utilization [J]. *Am J Gastroenterol*, 2007, 102(4): 738-743. DOI:10.1111/j.1572-0241.2007.01093.x.
- [14] Corbo J, Bijur P, Lahn M, et al. Concordance between capnography and arterial blood gas measurements of carbon dioxide in acute asthma[J]. *Ann Emerg Med*, 2005, 46(4): 323-327.
- [15] Restrepo RD, Nuccio P, Spratt G, et al. Current applications of capnography in non-intubated patients [J]. *Expert Rev Respir Med*, 2014, 8(5): 629-639. DOI:10.1586/17476348.2014.940321.
- [16] Burton JH, Harrah JD, Germann CA, et al. Does end-tidal carbon dioxide monitoring detect respiratory events prior to current sedation monitoring practices?[J]. *Acad Emerg Med*, 2006, 13(5): 500-504. DOI:10.1197/j.aem.2005.12.017.
- [17] Conway A, Douglas C, Sutherland J. Capnography monitoring during procedural sedation and analgesia: a systematic review protocol[J/OL]. *Syst Rev*, 2015, 4: 92. DOI:10.1186/s13643-015-0085-4.
- [18] Cohen LB. Patient monitoring during gastrointestinal endoscopy: why, when, and how?[J]. *Gastrointest Endosc Clin N Am*, 2008, 18(4): 651-663. DOI:10.1016/j.giec.2008.06.015.

(本文编辑:孙婷)