

综合肺指数在呼吸功能监测中的应用进展

辛昕 梁佐迪 杨晓明 徐余海

【摘要】 适当供氧及呼吸功能监测对于镇静或麻醉中的患者极为重要,有效的呼吸监测手段能够及时指导呼吸干预,减少呼吸不良事件的发生,提升患者的安全性。综合肺指数(IPI)是由 $P_{ET}CO_2$ 、PR、 SpO_2 和RR四个参数用模糊逻辑算法组合而成,是评估呼吸功能的新指标。本文综述了IPI的定义、原理、在呼吸功能监测中的应用,以及现阶段存在的不足等内容,为IPI的进一步临床应用和研究提供参考。

【关键词】 综合肺指数;呼吸功能监测;镇静;麻醉;不良反应

Application progress of integrated pulmonary index in respiratory function monitoring XIN Xin, LIANG Zuodi, YANG Xiaoming, XU Yuhai. Department of Anesthesiology, Air Force Medical Center, Beijing 100142, China

Corresponding author: XU Yuhai, Email: xyh1617hm@163.com

【Abstract】 Appropriate oxygen supply and the monitoring of respiration are very important for patients in sedation and anesthesia. Effective respiratory monitoring methods can promote timely intervention, reduce the occurrence of respiratory adverse events, and improve patient safety. The integrated pulmonary index (IPI) consists of four parameters including $P_{ET}CO_2$, PR, SpO_2 , and RR integrated by a fuzzy logic algorithm, which can be used as a new index to evaluate respiratory function. This paper reviews the definition, principle and clinical application of IPI in respiratory function monitoring. The review aims to serve as a valuable reference for further clinical application and research.

【Key words】 Integrated pulmonary index; Respiratory function monitoring; Sedation; Anesthesia; Adverse effects

准确评估患者的呼吸状态,监测氧合情况,可为患者提供更好的监护及治疗。对于罹患呼吸系统疾病及围术期患者,呼吸功能监测尤为必要。传统心电监护对于呼吸功能的监测主要包括 $P_{ET}CO_2$ 、PR、 SpO_2 和RR等。临床医师可以通过连续监测 SpO_2 和 $P_{ET}CO_2$,观察呼吸参数的变化趋势,进行及时干预,防止呼吸骤停的发生^[1]。新型呼吸功能监测手段综合肺指数(integrated pulmonary index, IPI),可简化连续 SpO_2 和 $P_{ET}CO_2$ 等呼吸功能指标的解读,敏感地监测患者镇静及麻醉状态中的呼吸功能,已逐步应用于临床实践^[2]。

综合肺指数的定义及原理

IPI由监测设备采样并自行计算。设备采样线的一端连接便携监测仪及氧源,另一端使用带有

口、鼻腔采样口的鼻插管提供氧气,持续检测患者呼吸过程中的 CO_2 浓度。IPI值采用实时测量的4个参数($P_{ET}CO_2$ 、PR、 SpO_2 和RR),综合评估患者的呼吸状态,计算基于模糊逻辑原理,模拟人类逻辑思维的数学模型^[3]。

IPI采用单独数值1~10表示呼吸状态,数值越小表示呼吸状态越差,反之呼吸状态越好。数值1~2表示需紧急干预;3~7表示可能需要干预;8~10表示参数稳定,患者相对安全^[4]。IPI可提供简单且客观的数值,敏感度较高,适用于对呼吸功能不稳定的患者进行综合评估。

综合肺指数的临床应用

非插管全身麻醉 在消化道内镜检查治疗中,适度镇静、镇痛可以缓解患者的不适感、降低操作风险,呼吸状态监测是保障患者安全的关键措施^[5]。Michael等^[6]研究表明,在接受非插管全身麻醉的经皮内镜胃造口术患者中应用IPI进行呼吸功能监测,IPI<7和IPI=1在预测缺氧($SpO_2<90%$

DOI: 10.12089/jca.2024.04.016

作者单位:100142 北京市,解放军空军特色医学中心麻醉科 [辛昕(现为中国医科大学研究生在读)、杨晓明、徐余海];中国医科大学附属第一医院麻醉科(梁佐迪)

通信作者:徐余海,Email: xyh1617hm@163.com

且 >15 s) 和严重缺氧 ($SpO_2 < 85\%$) 事件方面具有很高的敏感性,可在缺氧/严重缺氧事件发生前约 1.5 min 及时报警;与未应用 IPI 的患者比较,应用 IPI 监测呼吸功能的患者缺氧和严重缺氧事件的发生明显减少。但 IPI 的特异度相对较低,在非插管全身麻醉下行介入性内镜检查过程中应用 IPI 监测呼吸功能可更有效地降低呼吸暂停发作的发生率;但与未应用 IPI 监测的患者比较, SpO_2 下降值、 $SpO_2 < 90\%$ 、心动过缓、低血压的发生率均未见明显差异^[7]。上述两项研究结果存在差异,主要是由于患者采取的体位、ASA 分级不同所致。IPI 应用于患儿消化道内镜检查的研究中,患儿均采用非插管全身麻醉,IPI 可以对所有呼吸暂停发作和缺氧发作均发出警报,而 SpO_2 只在缺氧发作时发出警报;IPI < 4 对于具有临床意义的通气相关事件监测的敏感性为 1,特异性为 0.98,阳性预测值为 0.95^[8]。对于呼吸不良事件的定义,以及采用的 IPI 范围可能会对 IPI 监测的特异度产生影响^[6]。

IPI 监测也被应用于眼科和头面部手术的非插管全身麻醉过程中。在超声乳化白内障手术中,患者接受麻醉药后第 10 分钟的 IPI,第 5、10、15 分钟的 RR,以及第 10、15 min 的 PR 均显著低于基线值,但是 SpO_2 和 $P_{ET}CO_2$ 值并未显著下降,提示与 $P_{ET}CO_2$ 、PR、 SpO_2 和 RR 等常规监测手段比较,IPI 监测具有更高的敏感性,可作为非插管全身麻醉下此类手术围术期呼吸状态综合监测指标^[4]。Brady 等^[9]通过个案报道提出,接受清醒镇痛的口咽部乳头状瘤手术患者在非插管全身麻醉过程中易发生气道梗阻和低氧血症,引起气道软组织病变,与 SpO_2 比较,IPI 可综合量化患者呼吸状况,对于缺氧监测的灵敏度更高,能够更早发现呼吸不良事件的发生。由于 IPI 监测设备需要通过口、鼻导管采集数据,因此可能会随患者体动或临床操作导致位置变动,引起数值波动^[6]。对于部分接受非插管全身麻醉患者,发生呼吸抑制后,可通过自身代偿调整,对于此类患者 IPI 波动的临床意义有限^[2]。

气管插管全身麻醉后管理 在气管插管全身麻醉后拔除气管导管失败与不良预后及高死亡率呈正相关^[10],及时发现拔管后呼吸不良事件,可以最大限度地减少拔管失败相关风险。Kaur 等^[11]研究表明,成功拔管患者的 IPI 相对平稳,拔管后 1 h 时 IPI 降低,最后 1 次测量 IPI 降低,以及拔管后 IPI 持续下降对拔管失败具有预测性。IPI 在全身麻醉后患者的管理中,能够提供相对简化的监测指

标,促进对呼吸不良事件的及时干预,具有一定的预测作用。在麻醉后恢复室 (post anesthesia care unit, PACU) 中发生的呼吸不良事件中, $P_{ET}CO_2$ 和 IPI 对呼吸不良事件的识别率分别是 75% 和 88%;结合麻醉及手术方式合理设置 IPI 报警参数,能够避免报警疲劳的发生^[12]。IPI 可以作为阻塞性睡眠呼吸暂停 (obstructive sleep apnea, OSA) 患者手术麻醉后呼吸状态简化监测指标,IPI 监测值与患者 SpO_2 的变化具有较高的一致性,作为单一的综合性评估参数,更易于监测,有利于护理人员的早期干预,防止呼吸事件的进一步恶化^[13]。IPI 可以反映非体外循环冠状动脉搭桥术后患者的呼吸和血流动力学状态的重要信息,IPI 与心脏指数、心排量变化有一定相关性,拔管后 6 h 的 IPI ≤ 9 是术后早期并发症的危险因素之一,IPI 降低可预测术后停止机械通气及拔管早期并发症的发生^[14]。全身麻醉患者术后使用 IPI 监测并未减少发生不良呼吸事件的病例数量,但增加了护理人员改善患者呼吸状态干预的次数,减少了患者术后发生不良呼吸事件的平均次数,缩短了不良事件的持续时间^[15]。相较于多参数监测,应用 IPI 监测患者呼吸功能在患者住院时间和其他重要的次要结局 (包括成本和护理需求升级) 方面并无明显差异;IPI 旨在简化低危住院患者的生命体征判读,并有可能解决呼吸监测产生的报警疲劳问题^[16]。

急诊或病区患者 IPI 在急诊或病区患者的病因预测和呼吸功能监测可发挥重要作用。IPI 可用于急诊呼吸困难患者的病因预测,IPI ≤ 2 作为肺栓塞预测的临界值,敏感性为 100%,特异性为 96%,准确率为 96.5%^[17]。IPI 作为评估呼吸状况的备选工具,对于减少非必要的诊断检测和节约治疗方案决策时间有一定作用。IPI 在检测轻度慢性阻塞性肺疾病急性加重方面具有良好的预测价值,与社区获得性肺炎 CURB-65 评分联合应用可进一步提高 IPI 的预测价值^[18]。Gurlu 等^[19]采用无创二氧化碳监测作为儿科急诊临床预测的早期指标,初始低 IPI (< 8) 和监测期间 IPI 下降 (< 8) 的患者需要更多的抢救措施。患者出现意识改变时,IPI 与低格拉斯哥昏迷评分 (< 8 分) 具有显著相关性。IPI 可以作为救治患者和收治入院临床决策的重要参考因素。Weiniger 等^[20]研究表明,接受瑞芬太尼静脉注射分娩镇痛的产妇易出现呼吸暂停, $P_{ET}CO_2 < 15$ mmHg、RR < 8 次/分、IPI ≤ 4 报警可提示大多数呼吸暂停,但 SpO_2 漏报了大多数呼吸暂停。所有指标

的阳性预测值都很低,可能出现假报警情况,表明在这种情况下使用传统呼吸监测仪作为呼吸暂停预警监测存在局限性。

小 结

IPI 能够在非插管全身麻醉、气管插管全身麻醉后、急诊或病区患者中提供更为简明的持续呼吸功能综合评估,具有较好的敏感性,及时指导呼吸干预,能够在一定程度上预防不良呼吸事件的发生。IPI 对于麻醉后不良呼吸事件以及急诊和病区患者呼吸功能的变化具有一定的预测作用,可用于辅助患者病因推断。IPI 具有一定的应用前景,但需要相关的临床研究证据,对于其监测效果、关键参数和适用性进行探索。

参 考 文 献

- [1] Overdyk FJ, Carter R, Maddox RR, et al. Continuous oximetry/capnometry monitoring reveals frequent desaturation and bradypnea during patient-controlled analgesia. *Anesth Analg*, 2007, 105(2): 412-418.
- [2] Berkenstadt H, Ben-Menachem E, Herman A, et al. An evaluation of the integrated pulmonary index (IPI) for the detection of respiratory events in sedated patients undergoing colonoscopy. *J Clin Monit Comput*, 2012, 26(3): 177-181.
- [3] Ronen M, Weissbrod R, Overdyk FJ, et al. Smart respiratory monitoring: clinical development and validation of the IPI™ (integrated pulmonary index) algorithm. *J Clin Monit Comput*, 2017, 31(2): 435-442.
- [4] Yıldırım Ar A, Abitağoğlu S, Turan G, et al. integrated pulmonary index (IPI) monitorization under sedation in cataract surgery with phacoemulsification technique. *Int Ophthalmol*, 2019, 39(9): 1949-1954.
- [5] 中华医学会消化内镜学分会麻醉协作组. 常见消化内镜手术麻醉管理专家共识. *临床麻醉学杂志*, 2019, 35(2): 177-185.
- [6] Michael FA, Peveling-Oberhag J, Herrmann E, et al. Evaluation of the integrated pulmonary index during non-anesthesiologist sedation for percutaneous endoscopic gastrostomy. *J Clin Monit Comput*, 2021, 35(5): 1085-1092.
- [7] Riphaut A, Wehrmann T, Kronshage T, et al. Clinical value of the integrated pulmonary index during sedation for interventional upper GI-endoscopy: a randomized, prospective tri-center study. *Dig Liver Dis*, 2017, 49(1): 45-49.
- [8] Garah J, Adiv OE, Rosen I, et al. The value of integrated pulmonary index (IPI) monitoring during endoscopies in children. *J Clin Monit Comput*, 2015, 29(6): 773-778.
- [9] Brady P, McCreary C, O'Halloran KD, et al. Squamous papilloma causing airway obstruction during conscious sedation. *Anesth Prog*, 2017, 64(3): 168-170.
- [10] Ayanoglu Taş B, Şanlı Karip C, Abitağoğlu S, et al. Comparison of minimal-flow sevoflurane versus desflurane anesthesia: randomized clinical trial. *Braz J Anesthesiol*, 2022, 72(1): 77-82.
- [11] Kaur R, Vines DL, Liu L, et al. Role of integrated pulmonary index in identifying extubation failure. *Respir Care*, 2017, 62(12): 1550-1556.
- [12] Chung F, Wong J, Mestek ML, et al. Characterization of respiratory compromise and the potential clinical utility of capnography in the post-anesthesia care unit: a blinded observational trial. *J Clin Monit Comput*, 2020, 34(3): 541-551.
- [13] Rao Kadam V, Danesh M. Post operative capnostream monitoring in patients with obstructive sleep apnoea symptoms-case series. *Sleep Sci*, 2016, 9(3): 142-146.
- [14] Fot EV, Izotova NN, Yudina AS, et al. The predictive value of integrated pulmonary index after off-pump coronary artery bypass grafting: a prospective observational study. *Front Med (Lausanne)*, 2017, 4: 132.
- [15] Broens S, Prins SA, de Kleer D, et al. Postoperative respiratory state assessment using the integrated pulmonary index (IPI) and resultant nurse interventions in the post-anesthesia care unit: a randomized controlled trial. *J Clin Monit Comput*, 2021, 35(5): 1093-1102.
- [16] Freundlich RE, Walco JP, Mueller DM, et al. Prospective randomised trial of the integrated pulmonary index in low-acuity inpatients. *Br J Anaesth*, 2018, 121(6): 1375-1377.
- [17] Akbas I, Kocak AO, Celik BK, et al. Performance of integrated pulmonary index for pulmonary embolism in dyspneic patients. *Bratisl Lek Listy*, 2021, 122(1): 65-70.
- [18] Karaarslan FN, Öztürk ZS, Isık GÇ, et al. Value of integrated pulmonary index to predict exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease's severity. *Am J Emerg Med*, 2023, 71: 54-58.
- [19] Gurlu R, Tolu Kendir O, Baspınar O, et al. Can non-invasive capnography and integrated pulmonary index contribute to patient monitoring in the pediatric emergency department. *Klin Padiatr*, 2022, 234(1): 26-32.
- [20] Weiniger CF, Carvalho B, Stocki D, et al. Analysis of physiological respiratory variable alarm alerts among laboring women receiving remifentanyl. *Anesth Analg*, 2017, 124(4): 1211-1218.

(收稿日期:2023-01-16)