

非插管患者呼气二氧化碳监测

Dr Gita Nath^{1†}, Dr Samir Inayath¹

¹Consultant Anaesthesiologist, Axon Anaesthesia Associates, Hyderabad, India

Edited by: Dr Lara Herbert, Consultant Anaesthetist, Royal Cornwall Hospitals NHS Trust, Truro, England

†通讯作者 email: drgitanath@hotmail.com

2024年10月22日发表



DOI: 10.28923/atotw.534

要点

- 呼气二氧化碳监测可以在有气道装置和无气道装置的患者中进行。
- 呼气二氧化碳监测能比动脉血氧饱和度下降提前4分钟发现通气变化，尤其是在给氧的情况下。
- 对于非插管患者，呼气二氧化碳的分压的精确值，不如呼吸模式、呼吸频率或呼气二氧化碳读数相对于基线变化重要。
- 在操作性镇静过程中，使用呼气二氧化碳监测可大大降低缺氧的风险，因此为所有主要指南推荐。

引言

呼气二氧化碳监测在监测呼吸功能中的不可或缺作用，在麻醉实践中日益凸显。本文聚焦于非插管患者中的呼气二氧化碳监测，并将探讨呼气二氧化碳监测在手术室外的应用，包括重症监护室（ICU）、非手术室麻醉、患者转运和急诊科。

定义

呼气二氧化碳测量是对气体样本中二氧化碳浓度或分压的数值测量。呼气二氧化碳监测是对呼吸气体中二氧化碳浓度或分压的连续监测，并绘制其随时间变化的趋势图。比色法呼气二氧化碳监测通过pH依赖性指示剂定性地检测二氧化碳的存在。

主流或非旁流式呼气二氧化碳监测，在气道处实时测量呼气二氧化碳（PETCO₂）的分压。旁流式呼气二氧化碳监测将气体样本从患者传输到监测仪中的气体分析仪，导致几秒钟的延迟。旁流式分析仪比主流分析仪更小巧，适用于非插管患者，因为样本管可以连接到任何气道装置，包括面罩。

历史沿革

1852年提出的比尔-兰伯特定律（Beer-Lambert Law），描述了气体混合物和溶液的组分与吸收光之间的对数关系。Tyndall首次使用（大型）红外分析仪测量呼出气体中的二氧化碳。1937年，Luft细胞的引入和“呼吸气流通过式”二氧化碳分析仪的发展，促成了1961年首次临床应用。1986年美国麻醉医师学会指南中被“鼓励”使用呼气二氧化碳监测，并于1991年成为标准的临床管理。

可通过在线测试，完成自学式继续医学教育（CME）。预计需要1小时完成该测试。请记录所花费的时间，并在申请CME学分时向认证机构报告。通过测试后将颁发证书。有关认证政策，请参见[此处](#)。

进行在线测试

呼气二氧化碳监测的原理

测量CO₂浓度的五种物理方法是红外吸收光谱法、分子关联法、拉曼光谱法、质谱法和光声光谱法。红外吸收光谱法是最常见的技术，因为它简单、准确且可靠。该方法依据CO₂对特定波长（4.27微米）红外光的吸收，当红外光束通过气体样本时，样本中的CO₂会吸收部分光线，从而减少到达感应器的光量。光强度的变化被转化为电信号，并显示在监测器上。

如图1所示，在主流监测器中，样本室位于呼吸气体流经的路径上，红外光源和光电探测器位于其两侧。旁流式监视器中，测量装置位于监测器的主体内，包括泵（用于吸入气体）、样本室、红外光源和光电探测器。

与氧气和一氧化二氮等分子的碰撞会使CO₂的吸收谱变宽，产生微小的测量误差。现代分析仪通过监测混合气体中的其他气体来加入校正因子，进一步的改进是微流技术，该技术对CO₂具有高度特异性，不受其他气体的影响。这些监测器的采样率较低，更适合较小的患者。

呼气二氧化碳波形图

如图2中所示的4期和2个夹角:

- I期(呼气): 反映的是吸入气体，其中不含CO₂，应该为0。
- II期(呼气上升支): 呼出解剖性死腔气体与一些肺泡气体的混合气。
- III期(肺泡平台期): 代表呼出肺泡气体，富含CO₂。在此期末尾测量P_{ET}CO₂。
- IV期(吸气下降支): 反映下一次呼吸的开始，CO₂含量迅速回到0。
- a角: 从II期向III期过度; 通常为108°。
- b角: 从III期向IV期过度(吸气开始)。

P_{ET}CO₂ 是对动脉血CO₂分压 (PaCO₂) 的间接测量。在健康个体中，PaCO₂ 与 P_{ET}CO₂ 的差异非常小（正常差异为4-5 mmHg），但随着肺泡死腔的增加，这一差异会增大。

解剖性和仪器性死腔共同作用，导致CO₂ 的重复吸入，从而在给定的分钟通气量下减少肺泡通气。由湿热交换过滤器、导管安装件及其他连接部分组成的大的仪器死腔会导致高碳酸血症，表现为高的P_{ET}CO₂值。对于婴儿和新生儿，这一点尤为重要。

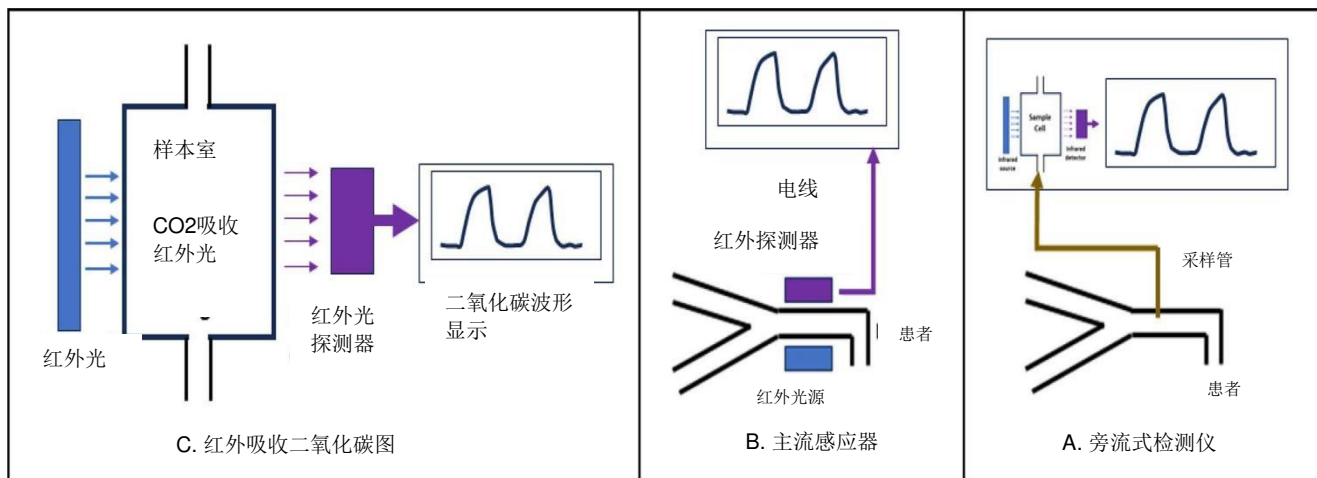


图1. (A) 红外 (IR) 吸收呼气二氧化碳波形图原理。(B) 主流呼气二氧化碳波形图，其中由红外光源和探测器组成的传感器靠近患者。(C) 旁流式呼气二氧化碳波形图中，气体样本被输送到位于监测器中的传感器。

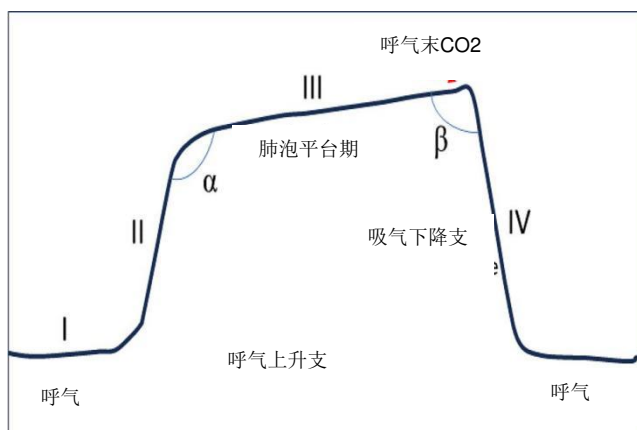


图2 呼吸末二氧化碳波形图.

呼吸末二氧化碳监测有许多应用场景，其中很大一部分在表1 中列出

无气管内导管患者的呼气二氧化碳监测

插管患者的正常呼气二氧化碳波形显示了上述四期（时相）。相反，非插管患者的旁流式样本由呼出的气体与环境空气及任何补充的氧气混合而成。如图3所示，该波形更加圆滑，峰值CO₂ 值并不代表动脉CO₂ 水平。显示的数值还会随着稀释程度和距患者口鼻的远近而变化。然而，波形的存在确认了通气正在进行，并使我们能够确定呼吸频率。波形式样和频率的变化对于决定是否需要干预非常有帮助。因此，非插管的呼气二氧化碳图是对通气状态的定性评估，采用呼出的CO₂作为示踪气体。

使用的特定设备也会影响波形，如图4所示，其中比较了面罩和分隔鼻导管的CO₂波形，在Loughnan¹的研究中，分隔鼻导管更准确地反映了PaCO₂。

确认或纠正气管插管位置	在多次发生由于未能检测到食管插管导致的缺氧性脑损伤后，写入美国监测指南。 来自英国的NAP4报告在一年内发现了9例意外食管插管的案例。“没有迹象”错误位置！”
声门上气道装置 (SAD) 或面罩麻醉	良好的通气监测器和SAD的正确定位指示器（如果SAD定位正确，其波形与插管患者相似，但如果SAD位置不当，波形则更为圆滑）。 良好的通气监测器和SAD正确定位的指示器。
术后恢复室内，更换至或已经使用SAD患者的管理	
心脏骤停	确认气管插管或SAD正确放置；尽管波形减弱，但仍然存在，因为肺部仍含有CO ₂ 。 用于判断预后（<10 mm Hg 预测不良结果）。 评估按压是否充分（10 - 20 mm Hg）。 检测自主循环恢复（突然增加）。 波形除非心脏骤停持续了数小时，否则不会完全平坦。
麻醉过程中发现问题	设备故障（例如，二氧化碳吸收剂耗尽、单向阀卡住、呼吸系统堵塞或弯曲、气管插管与呼吸机或呼吸系统脱节）。 低碳酸血症（过度通气、低心排、肺栓塞和心脏骤停）。 高碳酸血症（腹腔镜手术中的二氧化碳充气、通气不足、过多的死腔和恶性高热）。 “Curare裂缝”提示肌肉松弛药效已消失。

表1. 手术室内使用呼气二氧化碳监测

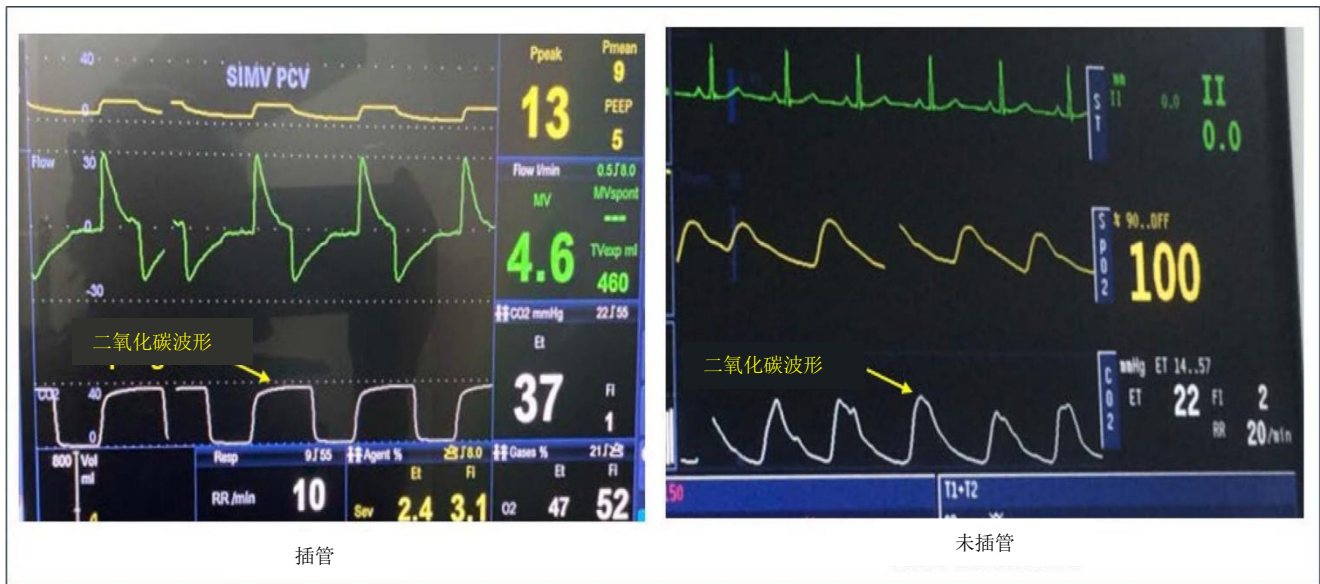


表3.插管（左）与非插管（右）呼气二氧化碳图的比较。左侧的呼气二氧化碳图是均匀的，并遵循图1中描述的波形原则。右侧的呼气二氧化碳图在波形之间存在变异，与图1中显示的原则不太一样。

非插管患者中呼气二氧化碳图的样式

在其他方面健康的患者，分钟通气量正常时，波形将类似于气管插管后的波形，只是转角处更圆润（图3）。相反，过度通气则表现为更快的呼吸频率和较低的平台期值，反映了CO₂的清除，以及PaCO₂和 P_{ET}CO₂的下降。

通气不足，特别是在围手术期，可能是由于镇静药物的使用所致。表2列出了与特定药物相关的一些呼吸末二氧化碳图式样。还应记住，联合使用这些药物可能会增强它们各自的效应。如表3所示，镇静水平是一个连续变量，患者很容易进入比预期更深的镇静状态，在这种情况下，这时可能需要实施干预，以维持心肺功能。

通气不足也可能是由于肌张力下降导致上气道阻塞引起的；这种情况会导致呼吸二氧化碳图的平台期较小，显示出虚低的P_{ET}-CO₂值。部分气道梗阻在临床上表现为喘鸣或打鼾样呼吸，并伴随呼气二氧化碳图的变形和低P_{ET}CO₂。完全气道阻塞则不显示波形，呈现一条直线。胸部的反常运动和颈上凹陷有助于区分阻塞性呼吸暂停和中枢性呼吸抑制。

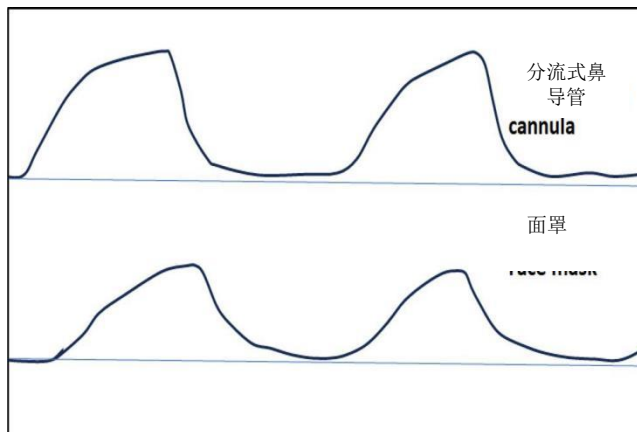


图4. 面罩与分隔式鼻导管呼吸末二氧化碳图的比较。从面罩采样的气体被输送的氧气稀释，因此波形不如分隔式鼻导管清晰。

表2. 镇静药物及其对呼吸的中枢作用；PaCO₂，动脉血二氧化碳分压；P_{ET}CO₂，呼气末二氧化碳浓度

药物	潮气量	呼吸频率	PaCO ₂	P _{ET} CO ₂
阿片类	不变	降低	增加	增加
吸入麻醉药	降低	增加	增加	增加
丙泊酚，苯二氮卓类	降低	不变	增加	增加
氯胺酮，右美托咪定	不变	不变	不变	不变

如果气道通畅，通气不足表现为高 $P_{ET}CO_2$ 。若由于梗阻或药物作用导致潮气量降低，则出现虚低的 $P_{ET}CO_2$ 。如果通过解除梗阻增加潮气量，则 $P_{ET}CO_2$ 升高，更接近 $PaCO_2$ 值。

CO2 采样设备

可以通过改良的面罩、鼻管和主流分析仪，在未插管的患者中实现 CO_2 监测与氧气输送结合。如图5所示，通过将采样口连接到Hudson型面罩的碗部来实现。由于无法将呼出气与面罩中的氧气/空气混合物分开，所测得的 $P_{ET}CO_2$ 无法准确反映肺泡 CO_2 的实际分压。一些面罩配有插口，可置入内镜，以便在内镜检查中进行监测。

图6展示了如何改良鼻导管，将氧气输送与 CO_2 采样结合。分隔式鼻导管中间有隔板，1侧导管用于采样，另1侧导管用于输送氧气。这些设备中，采样气被吸入/环境空气稀释程度最小。然而，口呼吸或采样孔端的阻塞会妨碍有效的采样。其他类型的设备则配有舀取器或口导管，可以同时采集来自口腔和鼻腔的呼出气体，但其稀释程度大于分隔式采样设备。

图7展示了主流 CO_2 传感器（cap-ONE），这些传感器通过使用小型轻便的传感器的改良方法，将其用于未插管患者，可以安装到面罩或鼻/口适配器（转接头）上。也可以使用与主流呼气二氧化碳监测结合的内窥镜咬合块。

设备之间的比较

Loughnan 的早期比较研究表明，分离式鼻导管在反映动脉二氧化碳分压（ $PaCO_2$ ）方面比改良型面罩更为准确，其动脉-呼出 CO_2 的差值分别为 5 mm Hg 和 14.7 mmHg¹。Pekdemir 等比较了主流和旁流式装置获得的 $P_{ET}CO_2$ 值与 114 名非插管患者的 $PaCO_2$ ，并发现两者的平均差异分别为 13 mmHg 和 9.7 mmHg，相关系数分别为 0.55 和 0.41²。

Kasuya 在 60 名麻醉恢复患者中发现³，主流二氧化碳测量仪反映的动脉 PCO_2 比旁流式二氧化碳测量仪更为准确。口腔导向器的使用提高了旁流式二氧化碳测量仪预测 $PaCO_2$ 的准确性，且准确性不受肥胖或阻塞性睡眠呼吸暂停的影响。在儿科麻醉后恢复室的58名儿童中，主流二氧化碳监测装置与鼻导管相比，精度更高且变异性更低，尽管氧气流量差异很大⁴。无论使用哪种装置，当患者张口呼吸或哭泣时，波形都会消失。

	最小镇静 (抗焦虑)	中度 (意识镇静)	深度镇静	全身麻醉
反应性	对语言指令反应正常	对语言或触觉刺激有意识的反应	对反复的或疼痛刺激有意识的反应	即使在疼痛刺激下也无法唤醒
气道	无影响	不需要干预	可能需要干预	Intervention often required
自主通气	无影响	充分	可能不够	Frequently inadequate
心血管功能	无影响	通常能够维持	通常能维持	May be impaired

表3. 镇静的连续性

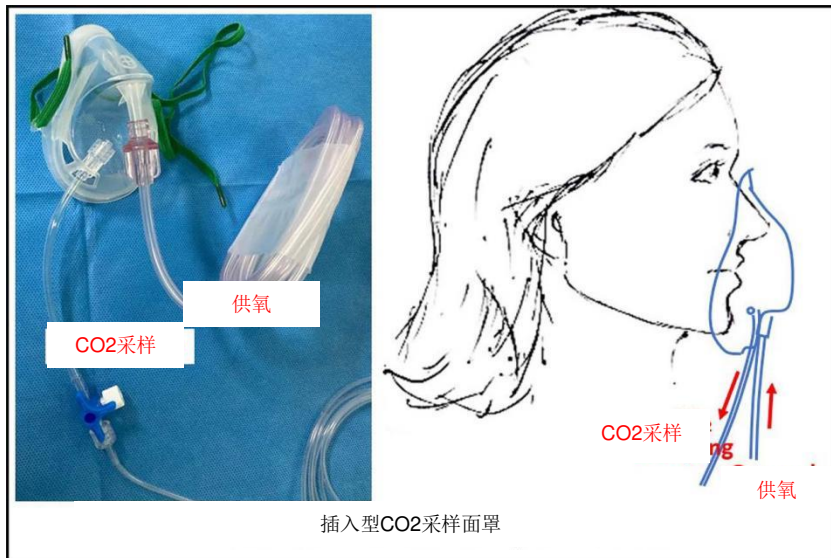


图5. Hudson型面罩，配有CO₂采样端口。改良型面罩有商业化产品，其中一些带有内窥镜通道。

在这些结果不一的研究中，动脉-呼出CO₂差值被用作性能的指标。然而，在许多使用非插管二氧化碳监测的情况下，P_{ET}CO₂的精确值并不是关注的重点。更为重要的是通过观察规律、正常的二氧化碳监测波形，来确认通气是否足够。

非插管患者的临床应用

操作性镇静中呼气二氧化碳监测的证据

表4总结了关于在操作性镇静过程中使用二氧化碳监测的相关研究。以下是主要结论：

- 操作性镇静与不良事件相关，如氧饱和度下降、心动过缓、低血压，甚至心脏骤停。
- 更深度的镇静时，不良事件的发生率更高。在这些情况下，事件发生的可能顺序是，由于气道阻塞和/或呼吸抑制引起的通气不足，进而导致氧饱和度下降，最终引发心血管问题。
- 患者可能会进入比预期更深的镇静状态。

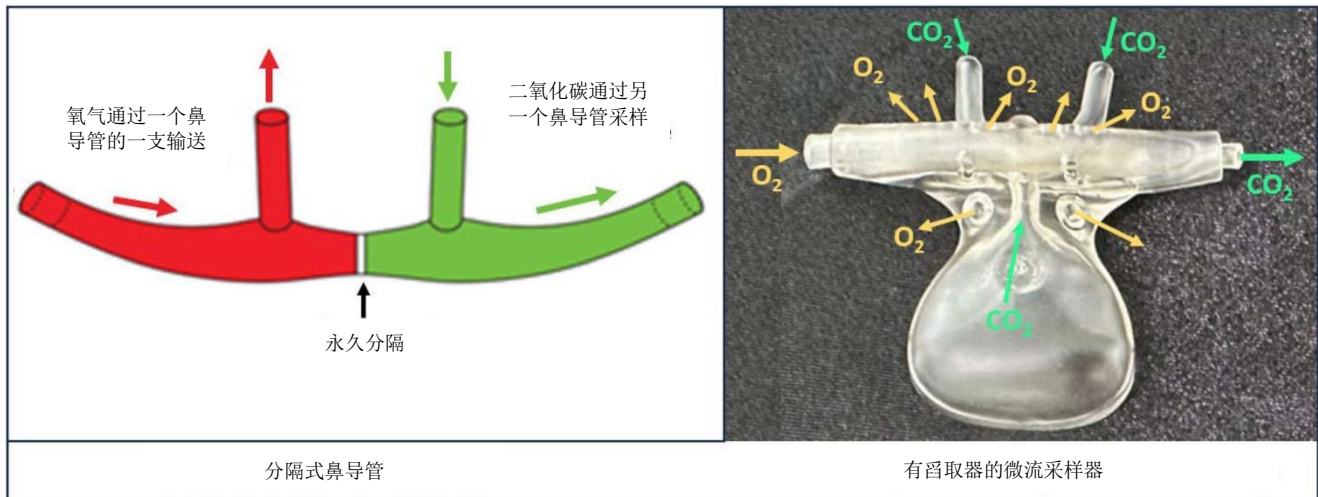


图6. 配有二氧化碳监测采样的鼻导管。分隔式鼻导管中间有一个隔板，使氧气通过一个鼻孔输送，而呼出气体则通过另一个鼻孔进行采样。微流采样器采用更复杂的同轴设计，呼出气体从两个鼻孔和口腔（通过舀取器或口腔导向器）进行采样。氧气通过前部的多个孔输送。



图 7. 非插管二氧化碳监测的主流传感器。它们可以与通过鼻导管或面罩提供氧气的设备结合使用。该设备还具有在内窥镜检查过程中进行监测的选项。经Nihon Kohden India公司授权转载。

- 二氧化碳监测比脉搏血氧仪更早提示气道和呼吸问题。
- 在没有二氧化碳监测的情况下补充给氧，可能会延迟对呼吸抑制的识别和处理。

操作性镇静中的评估和管理

图 8 展示了安全的操作性镇静的管理计划。二氧化碳监测曲线的形状、呼吸频率和基线 $P_{Et}CO_2$ 应在镇静开始前记录。规律的二氧化碳监测波形证明通气持续进行。

参考文献	研究	发现
Gangi 2004 ⁵	2年的内镜	不良事件的发生率为3.08%，包括严重的氧合下降、心动过缓、低血压，甚至心脏骤停。与操作相关的并发症风险比之前报告的高出多达70倍。
Woodward 2017 ⁶	完成的保险理赔分析	NORA（非手术室麻醉）具有较高的严重伤害和死亡风险，最常见的原因是过度镇静。这些索赔涉及到监测麻醉管理，并被认为通过更好的监测（包括呼气二氧化碳监测）可以预防。
Patel 2005 ⁷	在80例接受内镜操作患者中，使用静脉镇静药物，以期实现意识镇静	68%的患者发生过度镇静，表明维持患者处于预期镇静水平上的困难。
Burton 2006 ⁸	在59名患者中进行了60次操作性镇静；镇静团队对呼气二氧化碳监测结果保持盲态。	在36次操作中发现异常的呼气二氧化碳监测结果；其中32次为低 $ETCO_2$ 水平，5次为高 $ETCO_2$ 水平（1名患者在同一次镇静过程中既有高 $ETCO_2$ 也有低 $ETCO_2$ ）。 20次呼吸事件通过氧饱和度下降被识别，发生在呼气二氧化碳监测变化后的12到271秒之间（中位数为88秒）。
Deitch 2010 ⁹	接受操作镇静的132例成人患者	呼气二氧化碳监测在氧饱和度下降前60秒（中位数，范围为5到240秒）识别出呼吸抑制。
Parker 2018 ¹⁰	包含了3866名患者的meta分析；同时也探讨了使用呼气二氧化碳监测可能带来的潜在危害。	呼气二氧化碳监测在检测不良事件方面具有更高的敏感性（92%），并将低氧风险降低了31%。 没有发现报警疲劳或不必要的刺激患者的情况，这些因素可能会影响镇静质量。
Bisschops 2021 ¹¹	在高量医疗量的胃肠病学中心引入呼气二氧化碳监测作为质量改进干预措施。	干预后，不良事件发生率从1092名患者中的11.45%降至1044名患者中的5.08%。

表4. 操作性镇静中的呼气二氧化碳监测； $ETCO_2$ ，呼气末二氧化碳；NORA，非手术室麻醉

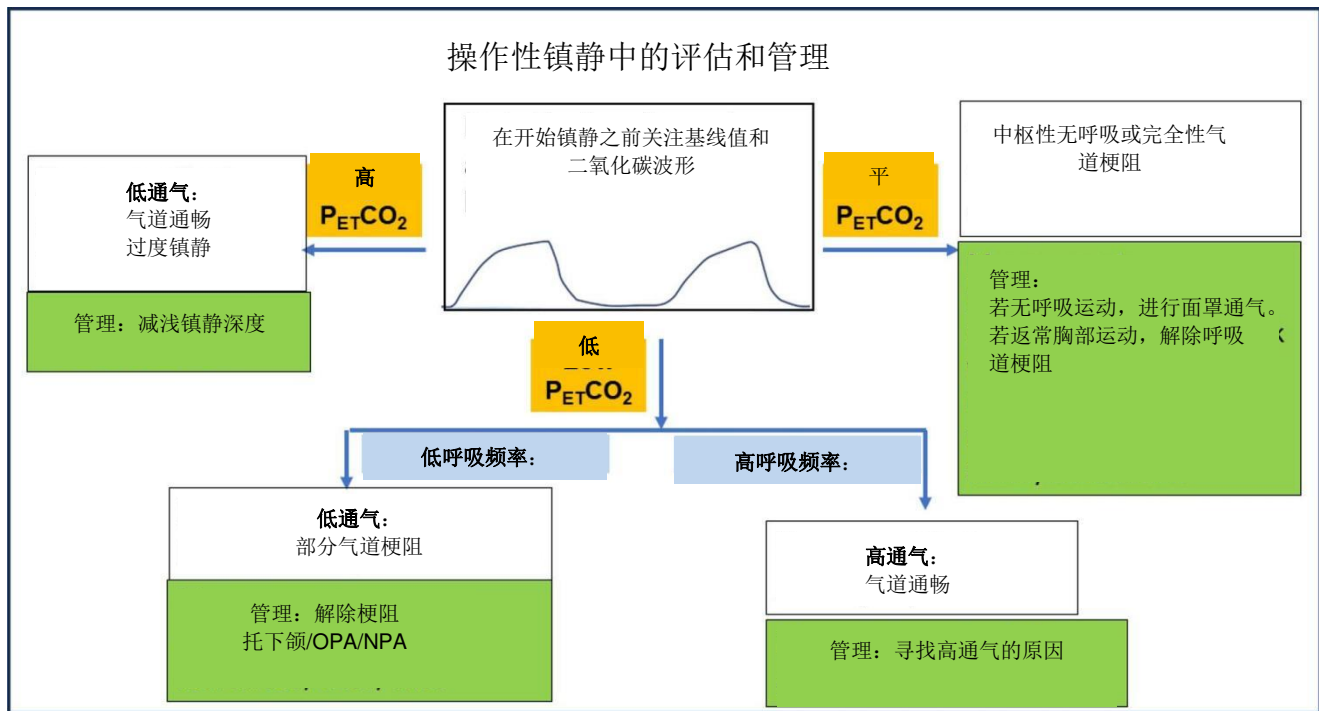


图 8. 操作性镇静期间的评估与管理。缩写: NPA, 鼻咽通道; OPA, 口咽通道; P_{ET-CO_2} , 呼气末二氧化碳分压。

术后呼气二氧化碳监测的使用

基于面罩的呼气二氧化碳监测, 在腹部手术患者术后通气是否充分的监测中发挥了重要作用。呼气二氧化碳监测在80名接受了150 ug 硬膜外吗啡镇痛的剖宫产女性患者中, 发现了198次呼吸暂停警报事件, 而这些事件在护士每两小时一次的观察中并未被发现¹²。

几项关于术后接受阿片类药物患者的meta分析发现, 持续的脉搏血氧饱和度监测优于间歇性的护理观察。此外, 这些研究表明, 呼气二氧化碳监测能够在低氧饱和和发生之前, 早期警示呼吸抑制, 尤其是在给予氧气治疗的情况下。Lam等的meta分析中, 9项研究中有4项包含了使用自控镇痛的患者¹³。另一项涉及194名儿童, 在术后麻醉恢复室的研究中, 呼气二氧化碳监测被现近一半的患者出现了呼吸暂停或低通气, 但脉搏血氧监测未能监测到这些事件的发生。

因此, 增加呼气二氧化碳监测对于术后呼吸功能不全风险较高的儿童和成人患者都具有重要意义。

重症治疗中的呼气二氧化碳监测

呼气二氧化碳监测在重症监护病房 (ICU) 的一个重要应用是, 确认置入人工气道的位置是否正确, 并在人工气道使用期间持续监测。其他应用包括检测呼吸机脱落、监测通气充分性以及早期发现潜在的呼吸问题。它在监测接受非侵入性通气的患者以及在操作性镇静过程中也非常有用¹⁵。研究还发现, 在70名未插管的创伤患者转运过程中, 呼气二氧化碳监测比脉搏血氧监测更稳定、可靠¹⁶。

指南和推荐

1986年, 呼气二氧化碳监测于首次用于手术室, 作为必备的监测手段, 随后关于其使用的推荐逐渐扩展。2009年, 英国和爱尔兰麻醉学会的声明也建议, 应该考虑在中度和深度镇静时使用呼气二氧化碳监测。2015年的声明进一步升级为“对于插管、超声下喉罩气道装置患者及深度镇静患者, 呼气二氧化碳监测在任何时候都是必需的。”2018年, 美国麻醉医师学会的《实践指南》建议, 除了观察和脉搏血氧饱和度监测外, 接受中度或深度镇静的患者应进行持续的呼气二氧化碳监测。

低资源场景中的呼气二氧化碳监测

鉴于高收入国家与低收入和中等收入国家在围手术期死亡率和监测设备获取方面的巨大差距，全球血氧仪项目（Global Oximetry Project）于2010年由世界麻醉医师联合会（World Federation Society of Anaesthetists）和Lifebox基金会发起，截至目前，已在116个国家分发了超过33,000台脉搏血氧仪。

为了弥补高收入国家与低收入和中等收入国家在获取呼气二氧化碳监测设备方面的差距，Smile Train-Lifebox 呼气二氧化碳监测项目于2020年启动，旨在为低资源场景提供呼气二氧化碳监测解决方案。该项目选择了由Zug Medical Systems公司生产的一种设备，该设备将脉搏血氧监测与旁流式呼气二氧化碳监测结合在一起¹⁸。针对在这些场景中引入呼气二氧化碳监测的影响分析仍在进行中。

小结

- 呼气二氧化碳监测是对呼吸气体中CO₂浓度或分压的持续监测，并以时间为横轴绘制图形，最常通过红外吸收光谱法测量，采用旁流（分流）或主流（非分流）传感器。在有气道设备（如气管插管、超声下喉罩或气管造口）患者中，呼气二氧化碳监测是必须进行的，无论是在手术室内还是手术室外。
- 对于未插管的患者，CO₂监测可以通过改良面罩、鼻导管和主流分析仪来实现。峰值CO₂值会受到稀释量和距离口鼻远近的影响。然而，波形可以确认通气是否正常进行。呼吸频率的变化以及波形的高度和形状有助于判断是否需要采取干预措施。
- 在操作性镇静过程中，增加呼气二氧化碳监测可通过在缺氧发生之前检测通气变化，从而降低缺氧的风险。呼气二氧化碳监测对于处于呼吸功能受损风险中的儿童和成人患者都很有用，例如术后恢复期或重症监护病房（ICU）中的患者。所有主要指南现都推荐在接受中度或深度镇静的患者中，除了观察和脉搏血氧监测外，还应进行持续的呼气二氧化碳监测。

参考文献

1. Loughnan TE, Monagle J, Copland JM, et al. A comparison of carbon dioxide monitoring and oxygenation between face-mask and divided nasal cannula. *Anaesth Intensive Care*. 2000;28(2):151-154.
2. Pekdemir M, Cinar O, Yilmaz S, et al. Disparity between mainstream and sidestream end-tidal carbon dioxide values and arterial carbon dioxide levels. *Respir Care*. 2013;58(7):1152-1156.
3. Kasuya Y, Akçgü O, Sessler DI, et al. Accuracy of postoperative end-tidal PCO₂ measurements with mainstream and side-stream capnography in non-obese patients and in obese patients with and without obstructive sleep apnea. *Anesthesiology*. 2009;111(3):609-615.
4. Nagoshi M, Morzov R, Hotz J, et al. Mainstream capnography system for non-intubated children in the postanesthesia care unit: performance with changing flow rates, and a comparison to side stream capnography. *Paediatr Anaesth*. 2016;26(12):1179-1187.
5. Gangi S, Saidi F, Patel K, et al. Cardiovascular complications after GI endoscopy: occurrence and risks in a large hospital system. *Gastrointest Endosc*. 2004;60(5):679-685.
6. Woodward ZG, Urman RD, Domino KB. Safety of non-operating room anesthesia: a closed claims update. *Anesthesiol Clin*. 2017;35(4):569-581.
7. Patel S, Vargo JJ, Khandwala F, et al. Deep sedation occurs frequently during elective endoscopy with meperidine and midazolam. *Am J Gastroenterol*. 2005;100(12):2689-2695.
8. Burton JH, Harrah JD, Germann CA, et al. Does end-tidal carbon dioxide monitoring detect respiratory events prior to current sedation monitoring practices? *Acad Emerg Med*. 2006;13(5):500-504.
9. Deitch K, Miner J, Chudnofsky CR, et al. Does end tidal CO₂ monitoring during emergency department procedural sedation and analgesia with propofol decrease the incidence of hypoxic events? A randomized, controlled trial. *Ann Emerg Med*. 2010;55(3):258-264.
10. Parker W, Estrich CG, Abt E, et al. Benefits and harms of capnography during procedures involving moderate sedation: a rapid review and meta-analysis. *J Am Dent Assoc*. 2018;149(1):38-50.
11. Bisschops R, Saunders R, Dooms C, et al. Implementing capnography to help improve patient safety during procedural sedation: quality improvement in a high-volume gastroenterology department. *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2021;33(1S Suppl 1):e522-e528.
12. Weiniger CF, Akdagli S, Turvall E, et al. Prospective observational investigation of capnography and pulse oximetry moni-

toring after cesarean delivery with intrathecal morphine. *Anesth Analg*. 2019;128(3):513-522.

13. Lam T, Nagappa M, Wong J, et al. Continuous pulse oximetry and capnography monitoring for postoperative respiratory depression and adverse events: a systematic review and meta-analysis. *Anesth Analg*. 2017;125(6):2019-2029.
14. Langan ML, Li FY, Lichtor JL. Respiratory depression detected by capnography among children in the postanesthesia care unit: a cross-sectional study. *Paediatr Anaesth*. 2016;26(10):1010-1017.
15. Kerslake I, Kelly F. Uses of capnography in the critical care unit. *BJA Education*. 2017;17(5):178-183.
16. Kober A, Schubert B, Bertalanffy P, et al. Capnography in non-tracheally intubated emergency patients as an additional tool in pulse oximetry for prehospital monitoring of respiration. *Anesth Analg*. 2004;98(1):206-210.
17. Eichhorn JH, Cooper JB, Cullen DJ, et al. Standards for patient monitoring during anesthesia at Harvard Medical School. *JAMA*. 1986;256(8):1017-1020.
18. Evans FM, Turc R, Echeto-Cerrato MA, et al. The Capnography Project. *Anesth Analg*. 2023;137(5):922-928. doi:10.1213/ANE.0000000000006663



This work by WFSA is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. To view this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

WFSA Disclaimer

The material and content provided has been set out in good faith for information and educational purposes only and is not intended as a substitute for the active involvement and judgement of appropriate professional medical and technical personnel. Neither we, the authors, nor other parties involved in its production make any representations or give any warranties with respect to its accuracy, applicability, or completeness nor is any responsibility accepted for any adverse effects arising as a result of your reading or viewing this material and content. Any and all liability directly or indirectly arising from the use of this material and content is disclaimed without reservation.