

S. Vander Zwaag · A. Brenes-Mora · M. Introna

**Kommentar zum Beitrag:****Ökologische und ökonomische Bewertung der Allgemeinanästhesie mit Propofol oder Sevofluran – ein vereinfachtes Life Cycle Assessment**

(Anästh Intensivmed 2025;66:310–316)

**Sehr geehrte Redaktion,**

wir haben den oben genannten Artikel mit großem Interesse gelesen. Wir bedanken uns bei den Autoren für diesen wertvollen Beitrag. Vergleiche der CO<sub>2</sub>-Emissionen verschiedener Anästhesieverfahren sind unverzichtbar, damit die Verantwortung für die Erreichung der Klimaziele übernommen werden kann.

Die Autoren vergleichen in ihrem Artikel auch die Kosten, die für jedes Verfahren anfallen. In der Zusammenfassung wird die Schlussfolgerung gezogen, dass die Kosten der totalen intravenösen Anästhesie (TIVA) im Vergleich zur Metabolic-Flow-Anästhesie geringer sind, wenn kein Narkosetiefenmonitoring eingesetzt wird. Für den Fall, dass das Narkosetiefenmonitoring verwendet wird, würde TIVA zusätzliche Kosten von 1,99 € je Stunde verursachen (vgl. Tab. 4 des Originalbeitrags).

Solches Monitoring ist jedoch nicht nur in den Fällen der TIVA, sondern auch bei der Inhalationsanästhesie indiziert. Auch wenn es noch nicht als Teil der Routinepraxis empfohlen wird, zeigen sich immer mehr Anzeichen dafür, dass es bei bestimmten Bevölkerungsgruppen, vor allem bei älteren Erwachsenen (>60 Jahre), klinischen Nutzen gibt. Eine relative Risikoreduktion von 29 % für das Auftreten des postoperativen Delirs wurde in dieser Patientengruppe durch Meta-Analysen und randomisierte Studien nachgewiesen [1,2]. Die Meta-Analyse ergab auch eine Verringerung der Kognitivdysfunktion 12 Wochen

nach der Operation [1]. Diese Effekte konnten jedoch bislang nur bei den nicht-herzchirurgischen und nicht-neurochirurgischen Operationen gezeigt werden [3]. Die Hypothese besagt, dass der Mechanismus dieser Reduktion darin besteht, die EEG-Suppression zu vermeiden, indem die Dosierung der Inhalationsanästhetika an den individuellen Bedarf angepasst wird [3,4]. Diese Kausalität ist bislang jedoch nicht vollständig nachgewiesen worden.

Die neuesten Daten weisen auch auf einen Nutzen der Überwachung der Narkosetiefe bei Kindern hin. Die EEG-gesteuerte Titration der Inhalationsanästhetika reduzierte bei Kindern im Alter von 1 bis 6 Jahren die Inzidenz des Aufwachdelirs (**Pediatric Anesthesia Emergence Delirium, PAED**) um 14 %. Dies wurde in der randomisierten Studie dieses Jahres gezeigt [5]. Weitere Vorteile in dieser Studie waren ein schnelleres Aufwachen und eine verkürzte Aufenthaltsdauer im Aufwachraum [5]. Allerdings sind die pEEG-Werte bei Säuglingen und Kindern bis 2 Jahren aufgrund von Entwicklungsunterschieden in den EEG-Mustern oft nicht verlässlich, sodass für die optimale Überwachung auch die Überwachung des Roh-EEG empfohlen wird [6,7].

Obwohl in den anderen Altersgruppen die Vorteile der intraoperativen EEG-Überwachung bislang nicht eindeutig nachgewiesen wurden, untersuchen laufende Studien dieses Thema und werden möglicherweise in der nahen Zukunft entsprechende Nachweise liefern.

Die Autoren schätzen die stündlichen Ausgaben für die pEEG-Überwachung auf 2,26 € (2,25 € pro Stunde Elektrode und 0,01 € pro Stunde Stromkosten). Wenn man diese Summe auch der Inhalationsanästhesie hinzufügt, steigt deren Preis auf 4,11 € pro Stunde, im Vergleich zu 3,84 € pro Stunde für die totale intravenöse Anästhesie. Die Inhalationsanästhesie bietet, auch im Metabolic-Flow-Verfahren, keinen Kostenvorteil im Vergleich zur TIVA.

**Stanislaw Vander Zwaag**, Dresden  
**Andrés Brenes-Mora**, Marktrechwitz  
**Michele Introna**, Mailand (Italien)/  
 Groningen (Niederlande)

**Literatur**

1. Punjasawadwong Y, Chau-In W, Laopai boon M, Punjasawadwong S, Pin-On P: Processed electroencephalogram and evoked potential techniques for amelioration of postoperative delirium and cognitive dysfunction following non-cardiac and non-neurosurgical procedures in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;5(5):CD011283. doi:10.1002/14651858.CD011283.pub2
2. MacKenzie KK, Britt-Spells AM, Sands LP, Leung JM. Processed Electroencephalogram Monitoring and Postoperative Delirium: A Systematic Review and Meta-analysis. *Anesthesiology* 2018;129(3):417–427. doi:10.1097/ALN.0000000000002323
3. Deschamps A, Ben Abdallah A, Jacobsohn E, et al: Electroencephalography-Guided Anesthesia and Delirium in Older Adults After Cardiac Surgery: The ENGAGES-Canada

- Randomized Clinical Trial. JAMA 2024;332(2):112–123. doi:10.1001/jama.2024.8144
4. Hao D, Fritz BA, Saddawi-Konefka D, Palanca BJA: Pro-Con Debate: Electroencephalography-Guided Anesthesia for Reducing Postoperative Delirium. Anesth Analg. 2023;137(5):976–982. doi:10.1213/ANE.0000000000006399
  5. Miyasaka KW, Suzuki Y, Brown EN, Nagasaka Y: EEG-Guided Titration of Sevoflurane and Pediatric Anesthesia Emergence Delirium: A Randomized Clinical Trial. JAMA Pediatr 2025;179(7):704–712. doi:10.1001/jamapediatrics.2025.0517
  6. McKeever S, Johnston L, Davidson AJ: An observational study exploring amplitude-integrated electroencephalogram and spectral edge frequency during paediatric anaesthesia. Anaesth Intensive Care. 2012;40(2):275–284. doi:10.1177/0310057X1204000210
  7. Yoon SB, Park JB, Kang P, et al: Electroencephalography and Anesthetic Depth in Children Under 2 Years of Age: A Prospective Observational Study. Paediatr Anaesth 2025;35(4):294–301. doi:10.1111/pan.15058.

### Antwort auf den Kommentar

Wir bedanken uns herzlich bei den Kollegen Vander Zwaag, Brenes-Mora und Introna für ihren konstruktiven Kommentar zu unserer Arbeit. Es freut uns sehr, dass unser Beitrag zur Diskussion über die ökologische und ökonomische Bewertung von Anästhesieverfahren beiträgt.

Die Kollegen weisen vollkommen zu Recht darauf hin, dass das Narkosetiefenmonitoring – insbesondere mittels prozessiertem EEG (pEEG) – nicht nur bei der totalen intravenösen Anästhesie (TIVA), sondern zunehmend auch bei der Inhalationsanästhesie empfohlen wird. Die wachsende Evidenz für den Nutzen des pEEG-Monitorings, insbesondere zur Reduktion postoperativer

neurokognitiver Komplikationen bei älteren Patient:innen, unterstützt diese Entwicklung. Wir teilen diese Einschätzung ausdrücklich. Auch in unserer täglichen Praxis wird die Überwachung der Narkosetiefe bei Inhalationsanästhesien immer häufiger eingesetzt, wenngleich sie – anders als bei der TIVA – noch nicht flächendeckend etabliert ist. Unsere Untersuchung hatte jedoch nicht zum Ziel, klinische Outcome-Vorteile einzelner Verfahren zu bewerten, sondern die Umwelt- und Kosteneffekte typischer Vorgehensweisen unter den derzeitigen, am Universitätsklinikum Bonn angewandten Rahmenbedingungen der klinischen Praxis zu vergleichen. In der Tat wird die Berücksichtigung von pEEG-Kosten

auch für Inhalationsanästhesien die von uns dargestellten Kostenverhältnisse verändern. Wie die Autoren des Kommentars korrekt ausführen, würde die Hinzurechnung dieser Kosten den in unserem Modell ermittelten Kostenvorteil der Metabolic-Flow-Anästhesie (ohne pEEG-Monitoring) gegenüber der TIVA (mit pEEG-Monitoring) aufheben und die TIVA sowohl ökologisch als auch ökonomisch günstiger erscheinen lassen. Die Ergänzung ist ein wertvoller Hinweis und verdeutlicht, dass die Bewertung ökonomischer Aspekte stets vom gewählten klinischen Szenario abhängt.

Für die Autorinnen und Autoren

**Birgit Bette**, Bonn