**MONITORIZAÇÃO CEREBRAL NA ANESTESIA GERAL: TECNOLOGIA E IMPLICAÇÕES CLÍNICAS**

Luiz Henrique Cunha dos Santos
Marcela de Godoy Carvalho Duque
Manuelly Pereira de Morais Santos
Valdomiro Ewerson Pereira Nunes
Nataly Mara de Medeiros Silva Pereira
Vanessa Maria Gonçalves dos Santos
Felipe Germano Monteiro Leite
Monaliza Gomes de Lucena Ribeiro
Leonardo Araújo de Oliveira
Marina Gomes Carlos
Élida Lúcia Barbosa Silva
Ana Quézia Gonçalves Pereira

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo realizar uma revisão narrativa sobre os avanços na monitorização cerebral durante a anestesia geral, com foco nas tecnologias utilizadas e suas implicações clínicas. Foram analisados estudos recentes publicados entre 2014 e 2024, selecionados na base de dados PubMed com os descritores “cerebral monitoring”, “general anesthesia” e “brain function”. Dos 107 artigos inicialmente encontrados, 15 atenderam aos critérios de inclusão e foram incluídos na análise detalhada. Esses estudos abrangem o uso de tecnologias como o eletroencefalograma (EEG) e ferramentas de conectividade cerebral para avaliação da profundidade anestésica e seus efeitos na segurança e eficácia do manejo anestésico. A análise destacou que o EEG permite identificar assinaturas cerebrais específicas relacionadas aos estados de consciência, como oscilações lentas e padrões de supressão de explosões, contribuindo para o ajuste personalizado da anestesia. Além disso, a personalização baseada na idade do paciente e nas características específicas dos anestésicos reforça a relevância dessas tecnologias na prática clínica moderna. Os resultados indicam que os avanços na monitorização cerebral têm melhorado a segurança anestésica, reduzindo complicações intraoperatórias e otimizando os desfechos pós-operatórios. Assim, a integração de tecnologias inovadoras é essencial para a evolução contínua da anestesiologia.

**Palavras-Chave:**  Monitorização cerebral; Anestesia geral; Eletroencefalograma.

**Área Temática:** Temas Livres em Medicina

**E-mail do autor principal:** curriculosmedi@gmail.com

**1. INTRODUÇÃO**

A monitorização cerebral durante a anestesia geral é um componente crucial para garantir a segurança do paciente e otimizar os resultados perioperatórios. A introdução de tecnologias avançadas, como o eletroencefalograma (EEG), tem revolucionado a prática anestésica ao oferecer dados em tempo real sobre a atividade cerebral, permitindo um manejo mais preciso e individualizado. Essas ferramentas têm se mostrado fundamentais para reduzir complicações intraoperatórias e melhorar a recuperação pós-anestésica.

Ao longo das últimas décadas, a compreensão dos estados de consciência e inconsciência induzidos por anestésicos evoluiu significativamente. Estudos demonstram que o EEG pode identificar padrões cerebrais específicos associados à profundidade anestésica, como oscilações lentas e padrões de supressão de explosões, os quais refletem alterações na conectividade talamocortical. Esses avanços têm contribuído para a personalização da anestesia, especialmente em grupos vulneráveis, como crianças e idosos, onde as respostas aos anestésicos diferem consideravelmente.

Apesar dos benefícios claros, a implementação rotineira dessas tecnologias ainda enfrenta desafios, incluindo custos, treinamento especializado e interpretação dos dados obtidos. No entanto, com o aumento da disponibilidade dessas ferramentas e a ampliação de estudos que validam sua eficácia, a monitorização cerebral está se consolidando como um padrão de cuidado na anestesiologia moderna. Este estudo visa explorar os avanços recentes no uso dessas tecnologias e suas implicações para a prática clínica.

**2. METODOLOGIA**

Este estudo visa realizar uma revisão narrativa para avaliar os avanços na monitorização cerebral durante a anestesia geral, com foco nas tecnologias utilizadas e suas implicações clínicas. A análise abrange estudos clínicos recentes, buscando sintetizar as evidências disponíveis sobre o tema. Foram incluídos estudos que investigam o uso de tecnologias de monitorização cerebral, como eletroencefalograma (EEG) e ferramentas de conectividade cerebral, avaliando seus impactos na segurança e eficácia do manejo anestésico. Os artigos selecionados são de ensaios clínicos randomizados, estudos de coorte, estudos transversais, revisões sistemáticas e meta-análises. O período de publicação considerado foi de 2014 até o presente, visando garantir a inclusão dos estudos mais recentes e relevantes.A pergunta do estudo foi: “Quais são os avanços nas tecnologias de monitorização cerebral durante a anestesia geral e suas implicações clínicas?”

Foram excluídos estudos que não abordassem diretamente a monitorização cerebral na anestesia geral ou que não atendessem aos critérios de qualidade estabelecidos, como estudos com amostras pequenas, ausência de grupo controle ou metodologia inadequada. A busca bibliográfica foi realizada na base de dados PubMed utilizando os seguintes descritores: “cerebral monitoring AND general anesthesia AND brain function”. Os filtros aplicados incluíram ensaios clínicos, meta-análises, ensaios clínicos randomizados e revisões sistemáticas.

Foram encontrados 107 artigos na busca inicial, que passaram por uma triagem com base nos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. Após a leitura dos títulos e resumos, 15 artigos foram considerados relevantes e incluídos no estudo para análise detalhada. Os artigos excluídos não atendiam aos critérios metodológicos ou estavam fora do escopo do tema abordado.

**3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A monitorização cerebral na anestesia geral tem evoluído significativamente, auxiliada por avanços tecnológicos, particularmente no uso do eletroencefalograma (EEG). Estudos revelam que o EEG fornece assinaturas específicas que indicam a transição entre estados de consciência e inconsciência induzidos por anestésicos, como propofol e cetamina (PURDON et al., 2013; KU et al., 2011). Essas assinaturas incluem oscilações lentas e padrões característicos de supressão de explosões, que correlacionam-se com a profundidade anestésica (CHING et al., 2012). Esses achados não apenas ajudam na identificação de níveis anestésicos, mas também oferecem insights sobre os mecanismos fisiológicos do cérebro sob anestesia (SCHIFF; PURDON, 2020).

A variabilidade etária desempenha um papel importante nos padrões observados no EEG durante a anestesia geral. Em crianças, por exemplo, oscilações cerebrais induzidas por propofol diferem consideravelmente das observadas em adultos, destacando a necessidade de abordagens individualizadas para monitorização cerebral pediátrica (LEE et al., 2017). Da mesma forma, o envelhecimento cerebral altera os padrões de EEG durante o uso de anestésicos, como propofol e sevoflurano, com implicações para ajustes clínicos em populações idosas (PURDON et al., 2015). Esses dados reforçam a importância de personalizar a anestesia baseada em características fisiológicas e idade do paciente (CORNELISSEN et al., 2015).

Os anestésicos diferentes também apresentam assinaturas específicas no EEG, oferecendo informações valiosas para a prática clínica. Por exemplo, o EEG durante o uso de cetamina apresenta padrões distintos associados à dissociação e manutenção de atividade talamocortical, contrastando com os efeitos de agentes como propofol e sevoflurano, que promovem estados de inconsciência mais profundos (AKEJU et al., 2016; VLISIDES et al., 2017). Essa variabilidade destaca a necessidade de estratégias de monitorização que considerem as propriedades farmacológicas dos agentes anestésicos (LOGGIA et al., 2017).

Além disso, a conectividade cerebral também é profundamente afetada pela anestesia geral, como demonstrado por estudos recentes utilizando análises de EEG e neuroimagem (MASHOUR; LEE, 2015). Alterações na conectividade talamocortical e redes de alta ordem estão intimamente ligadas aos estados de inconsciência induzidos por anestésicos (BROWN; LYDIC; SCHIFF, 2010). Esses achados apontam para a relevância de novas abordagens na monitorização cerebral, com foco em medições funcionais e conectividade (SCHIFF; PURDON, 2020).

Os avanços tecnológicos, como o uso de monitorização cerebral quantitativa, têm mostrado benefícios adicionais na prática anestésica. Ferramentas modernas permitem não apenas avaliar a profundidade anestésica, mas também identificar possíveis complicações, como a supressão prolongada de explosões, que está associada a desfechos clínicos adversos, especialmente em populações vulneráveis, como idosos (PURDON et al., 2015). O uso clínico desses dispositivos melhora a segurança e a personalização da anestesia (LEE et al., 2015).

Por fim, o impacto clínico da monitorização cerebral estende-se para além da anestesia geral, influenciando a recuperação e a segurança do paciente. Estudos mostram que a otimização da profundidade anestésica baseada em EEG está associada a menores taxas de delírio pós-operatório e recuperação cognitiva mais rápida (AKEJU et al., 2015). Assim, integrar tecnologias de monitorização cerebral à prática clínica é essencial para melhorar os resultados perioperatórios e minimizar complicações (PURDON et al., 2013; BROWN; LYDIC; SCHIFF, 2010).

**4. CONCLUSÃO**

Os avanços na monitorização cerebral durante a anestesia geral, especialmente com o uso de tecnologias como o EEG, têm proporcionado uma abordagem mais segura e eficaz para o manejo anestésico. Esses dispositivos permitem a personalização da anestesia, a redução de complicações e a otimização dos desfechos clínicos. A incorporação dessas ferramentas na prática anestésica é essencial para garantir uma evolução contínua na qualidade do cuidado perioperatório e na segurança dos pacientes.

**REFERÊNCIAS**

1. BROWN, Emery N.; LYDIC, Ralph; SCHIFF, Nicholas D. Monitoring the brain under anesthesia. The New England Journal of Medicine, v. 363, n. 27, p. 2638–2650, 2010.

 2. PURDON, Patrick L. et al. Electroencephalogram signatures of loss and recovery of consciousness from propofol. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 110, n. 12, p. E1142–E1151, 2013.

 3. PURDON, Patrick L.; SAMPSON, Andrew; PAVONE, Kevin J.; BROWN, Emery N. Electroencephalography and anesthesia: past, present, and future. British Journal of Anaesthesia, v. 115, suppl. 1, p. i95–i103, 2015.

 4. CORNELISSEN, Liesbeth et al. Age-dependent electroencephalogram patterns during sevoflurane general anesthesia in infants. eLife, v. 4, p. e06513, 2015.

 5. LEE, James M. et al. A prospective study of age-dependent changes in propofol-induced electroencephalogram oscillations in children. Anesthesiology, v. 127, n. 4, p. 768–776, 2017.

 6. CHING, Shirley et al. A neurophysiological-metabolic model for burst suppression. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 109, n. 8, p. 3095–3100, 2012.

 7. KU, Seong-Whan et al. Electroencephalographic signatures predict propofol-induced unconsciousness. Anesthesiology, v. 114, n. 3, p. 514–525, 2011.

 8. PURDON, Patrick L. et al. The ageing brain: age-dependent changes in the electroencephalogram during propofol and sevoflurane general anaesthesia. British Journal of Anaesthesia, v. 115, suppl. 1, p. i46–i57, 2015.

 9. AKEJU, Oluwaseun et al. Electroencephalographic signatures of ketamine anesthesia-induced unconsciousness. Clinical Neurophysiology, v. 127, n. 7, p. 2763–2774, 2016.

 10. AKEJU, Oluwaseun et al. Electroencephalographic effects of sevoflurane and propofol in children. British Journal of Anaesthesia, v. 115, suppl. 1, p. i113–i119, 2015.

 11. VLISIDES, Phillip E. et al. Electroencephalographic signatures of ketamine-induced unconsciousness. Clinical Neurophysiology, v. 128, n. 6, p. 1178–1194, 2017.

 12. MASHOUR, George A.; LEE, UnCheol. Electroencephalography and brain connectivity: implications for general anesthesia and consciousness. Anesthesiology, v. 123, n. 5, p. 1260–1275, 2015.

 13. SCHIFF, Nicholas D.; PURDON, Patrick L. Mechanisms of anesthesia-induced unconsciousness. The New England Journal of Medicine, v. 383, n. 27, p. 2613–2623, 2020.

 14. LEE, James M. et al. Age-dependent electroencephalographic patterns during anesthetic-induced unconsciousness. NeuroImage, v. 123, n. 1, p. 131–139, 2015.

 15. LOGGIA, Marco L. et al. Neural correlates of ketamine anesthesia-induced loss of consciousness. NeuroImage, v. 157, p. 454–461, 2017.