



Efectos de la anestesia en el cerebro y el sistema nervioso: perspectivas actuales

Effects of anesthesia on the brain and nervous system: current perspectives

Efeitos da anestesia no cérebro e no sistema nervoso: perspectivas atuais

Leidy Stefania Lombana Hernandez^I
ladylom0204@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-3745-5955>

Miguel Cárdenas Alvear^{II}
pingullin1@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-9002-2061>

Helen Patricia Cortes Zulbaran^{III}
drahelencorteszulbaran@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0005-5930-904X>

Nataly Silvana Ochoa Granda^{IV}
nattytta-@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0001-6014-8723>

Correspondencia: ladylom0204@hotmail.com

Ciencias Médicas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 23 de marzo de 2023 * **Aceptado:** 12 de abril de 2023 * **Publicado:** 15 de noviembre de 2023

- I. Médico y Cirujano General; Fundación Universitaria Juan N. Corpas; Ayudante Quirúrgico; Clínica Nueva el Lago; Bogotá, Colombia.
- II. Médico Anestesiólogo de la Universidad Central del Ecuador; Docencia Universitaria UNACH; Dirección Técnica de críticos, IESS Riobamba, Ecuador.
- III. Médico General; Corporación Universitaria Rafael Núñez; Barranquilla, Colombia.
- IV. Médico; Investigador Independiente; Loja, Ecuador.

Resumen

Los estimulantes del sistema nervioso central (SNC) (“analépticos”) provocan excitación cortical, del tronco encefálico y de la médula espinal. Esto permite una amplia gama de usos clínicos en entornos de anestesia, dolor medicina, cuidados intensivos, psiquiatría y medicina respiratoria. Sin embargo, sus efectos disociativos y eufóricos provocan un fuerte potencial de abuso, por lo que también se encuentran clínicamente en el contexto de intoxicación aguda o efectos adversos crónicos. La presente investigación se enmarca dentro de una metodología de tipo bibliográfica documental. Ya que es un proceso sistematizado de recolección, selección, evaluación y análisis de la información, que se ha obtenido mediante medios electrónicos en diferentes repositorios y buscadores tales como Google Académico, Science Direct, Pubmed, entre otros, empleando para ellos los diferentes operadores booleanos y que servirán de fuente documental, para el tema antes planteado. Existe evidencia clínica comprobada en estudios retrospectivos de los efectos de la anestesia en pruebas experimentales en animales, que ha ocasionado alteraciones en el sistema nervioso central en lo que respecta al desarrollo del cerebro en lo cognitivo y el aprendizaje, mismos resultados que han sido comprobados en estudios realizados a niños menores de 4 años con exposición prolongada a anestesia, que han afectado su desarrollo cerebral, con trastornos de aprendizaje, cognitivos, sin embargo, son consecuencias focalizadas, es por ello que no se puede generalizar que la anestesia general provoque efectos masivos como discapacidad intelectual, trastornos generalizados del desarrollo graves.

Palabras Clave: Cerebro, Desarrollo, Aprendizaje, Toxicidad, Sistémica.

Abstract

Central nervous system (CNS) stimulants (“analeptics”) cause cortical, brainstem, and spinal cord excitation. This enables a wide range of clinical uses in anesthesia, pain medicine, intensive care, psychiatry and respiratory medicine settings. However, their dissociative and euphoric effects cause a strong potential for abuse, which is why they are also found clinically in the context of acute intoxication or chronic adverse effects. This research is framed within a documentary bibliographic methodology. Since it is a systematized process of collection, selection, evaluation and analysis of information, which has been obtained through electronic means in different repositories and search engines such as Google Academic, Science Direct, Pubmed, among

others, using the different Boolean operators for them. and that will serve as a documentary source for the topic raised above. There is proven clinical evidence in retrospective studies of the effects of anesthesia in experimental tests in animals, which has caused alterations in the central nervous system with regard to brain development in terms of cognition and learning, the same results that have been verified in studies carried out on children under 4 years of age with prolonged exposure to anesthesia, which have affected their brain development, with learning and cognitive disorders, however, they are focused consequences, which is why it cannot be generalized that general anesthesia causes massive effects such as intellectual disability, severe pervasive developmental disorders.

Keywords: Brain, Development, Learning, Toxicity, Systemic.

Resumo

Estimulantes do sistema nervoso central (SNC) (“analépticos”) causam excitação cortical, do tronco cerebral e da medula espinhal. Isso permite uma ampla gama de usos clínicos em anestesia, medicina da dor, terapia intensiva, psiquiatria e medicina respiratória. No entanto, os seus efeitos dissociativos e eufóricos provocam um forte potencial de abuso, razão pela qual também são encontrados clinicamente no contexto de intoxicação aguda ou efeitos adversos crônicos. Esta pesquisa enquadra-se numa metodologia bibliográfica documental. Por se tratar de um processo sistematizado de coleta, seleção, avaliação e análise de informações, que foram obtidas por meio eletrônico em diversos repositórios e buscadores como Google Academic, Science Direct, Pubmed, entre outros, utilizando os diferentes operadores booleanos para eles . e que servirá de fonte documental para o tema levantado acima. Existem evidências clínicas comprovadas em estudos retrospectivos dos efeitos da anestesia em testes experimentais em animais, que tem causado alterações no sistema nervoso central no que diz respeito ao desenvolvimento cerebral em termos de cognição e aprendizagem, mesmos resultados que foram verificados em estudos realizados realizado em crianças menores de 4 anos com exposição prolongada à anestesia, que afetaram seu desenvolvimento cerebral, com distúrbios de aprendizagem e cognitivos, porém, são consequências focadas, por isso não se pode generalizar que a anestesia geral causa efeitos massivos como intelectual deficiência, transtornos invasivos graves do desenvolvimento.

Palavras-chave: Cérebro, Desenvolvimento, Aprendizagem, Toxicidade Sistêmica.

Introducción

Los estimulantes del sistema nervioso central (SNC) (“analépticos”) provocan excitación cortical, del tronco encefálico y de la médula espinal. Esto permite una amplia gama de usos clínicos en entornos de anestesia, dolor medicina, cuidados intensivos, psiquiatría y medicina respiratoria. Sin embargo, sus efectos disociativos y eufóricos provocan un fuerte potencial de abuso, por lo que también se encuentran clínicamente en el contexto de intoxicación aguda o efectos adversos crónicos (Couch et al., 2020).

Si bien el mecanismo de acción de los agentes anestésicos continúa siendo un misterio, la teoría molecular es hasta el momento la mejor herramienta para aproximarnos a la comprensión de los efectos de los agentes anestésicos en el organismo. Esta teoría está fundamentada en el desarrollo de técnicas moleculares (biológicas, farmacológicas, fisiológicas) para estudiar la interacción de los agentes anestésicos con los receptores a nivel celular. Gracias a esta teoría se entiende cómo un mismo agente anestésico, dependiendo de la concentración (dosis), alcanza distintos efectos (amnesia, hipnosis, inmovilidad), lo cual demuestra su carácter múltiple en mecanismos y sitios de acción. Es por ello que la anestesia general es definida hoy como una variedad de estados neurofisiológicos logrados por distintos medicamentos, tanto inhalados como intravenosos, actuando sobre diferentes estructuras subcelulares (Bocanegra, 2011).

La anestesia general ha sido definida como la presencia de inconsciencia, amnesia e inmovilidad. Este concepto incluye la suspensión no sólo de las actividades conscientes realizadas por el cerebro, sino también de los factores neurológicos y psicológicos mediados por la médula espinal. Cada año, decenas de millones de pacientes son colocado bajo anestesia general, que suprime el preciado atributo psicológico de la conciencia. La capacidad de los anestesiólogos para inducir una pérdida de conciencia (LOC) segura y reversible ha demostrado ser invaluable. Sin embargo, los sistemas de seguimiento clínico para la anestesia falta todavía en su desarrollo, y el sistema neurológico en el mecanismo del LOC inducido por anestésicos aún no está claro (Liu et al., 2023).

Las observaciones sugieren que los anestésicos generales pueden ejercer una variedad de efectos morfofuncionales en el desarrollo del sistema nervioso central. Por otro lado, las investigaciones clínicas luchan por encontrar una solución clínicamente consistente que refleje datos experimentales en animales. La discrepancia se debe en parte a los orígenes atípicos de la investigación sobre la neurotoxicidad de la anestesia para el desarrollo. Las investigaciones de laboratorio internacionales suelen estar impulsadas por un desafío clínicamente relevante llevadas a comprender mejor los mecanismos y encontrar terapias potenciales que luego podrían implementarse. En contraste con este enfoque habitual basado en problemas clínicos, la investigación sobre la neurotoxicidad del desarrollo inducida por la anestesia no fue provocada por observaciones clínicas que sugirieran problemas conductuales o cognitivos a largo plazo después de la exposición temprana a la anestesia en bebés y niños pequeños. Más bien, este campo de investigación surge directamente de una serie de observaciones de laboratorio, descubierto al investigar los mecanismos de toxicidad de otros agentes. Las observaciones sugerían efectos nocivos de los anestésicos generales en el cerebro humano inmaduro. El desafío actual es evaluar si estos datos fundamentales se utilizan, y cómo y en qué medida relevante para la práctica clínica humana (Vutskits & Davidson, 2023).

Metodología

La presente investigación se enmarca dentro de una metodología de tipo bibliográfica documental. Ya que es un proceso sistematizado de recolección, selección, evaluación y análisis de la información, que se ha obtenido mediante medios electrónicos en diferentes repositorios y buscadores tales como Google Académico, Science Direct, Pubmed, entre otros, empleando para ellos los diferentes operadores booleanos y que servirán de fuente documental, para el tema antes planteado.

Resultados

Los efectos de los agentes farmacológicos diseñados para antagonizar la neurotransmisión normal se han relacionado directamente con déficits cognoscitivos relativos a las destrezas de aprendizaje y el desarrollo del sistema nervioso. Concretamente, en modelos animales e in vitro, se ha demostrado que los antagonistas del receptor del N-metil-D-aspartato (NMDA) aceleran los mecanismos de apoptosis al permitir que la célula inicie prematuramente su ciclo normal hasta

llegar a la muerte celular han permitido identificar una inducción aberrante de las proteínas del ciclo celular como la ciclina D1, la cinasa 4 dependiente de la ciclina, la E2F1 y la Bim en neuronas primarias incubadas conjuntamente con Ketamina, un antagonista del receptor de NMD (Ibla, 2011).

También se ha implicado en neuroapoptosis a un grupo de agentes utilizados comúnmente en el manejo anestésico de pacientes pediátricos y que intensifican la neurotransmisión normal a través del ácido γ -aminobutírico (GABA). Los estudios en este campo son extremadamente interesantes debido al uso generalizado de agentes inhalados (isoflurano), conocidos por su perfil de seguridad en todos los grupos etarios y que ahora están bajo cuestionamiento en lo que se refiere a su efecto sobre el cerebro en desarrollo. Se han realizado numerosos estudios en niños con la finalidad de evaluar el efecto de los anestésicos sobre el desarrollo cognoscitivo o conductual. Algunos de estos estudios se han centrado en datos retrospectivos de lactantes que requirieron uno o varios anestésicos y en la correlación estadística con el diagnóstico de dificultades con el aprendizaje de la lectura, la escritura y las matemáticas (Ibla, 2011).

Evidencias de daño cerebral en animales de experimentación

Muchos estudios han mostrado aceleración de apoptosis en cerebros de ratones recién nacidos, después de ser expuestos a anestésicos como la ketamina, el propofol, el óxido nitroso, agentes inhalados como el sevoflurano, isoflurano y desflurano o benzodiazepinas como midazolam. El uso de sevoflurano 2.5% para anestesia administrado por dos horas, en el décimo cuarto día de gestación a ratas embarazadas, produce inmediatamente un incremento de apoptosis en su descendencia y subsecuentemente daños en el aprendizaje y en la memoria de los ratones recién nacidos a posterior. Interesantemente cuatro horas de exposición a sevoflurano a una MAC de administración, causa problemas importantes en ratones. Igualmente, seis horas de exposición a desflurano a dosis equipotente de 7.4% - 8% o 0.75% - 2% de isoflurano o 1.1% - 3.0% de sevoflurano, todos dramáticamente aumentan la apoptosis neuronal cortical en los siguientes seis a ocho días postparto. Parece ser que todos los inhalados utilizados en la clínica inducen cierto nivel de apoptosis a dosis equipotentes. Isoflurano causa mayor neuroapoptosis que sevoflurano y desflurano. En ratones adultos tratados con 8% de desflurano, 3% de desflurano o 2% (Hernández-Cortez, 2016).

Evidencia clínica en humanos

Se sabe que los agonistas del GABA y los antagonistas de receptores NMDA pueden disparar aceleradamente la apoptosis. Varios estudios han demostrado la asociación entre cirugía mayor neonatal, cirugía cardiaca, reparación de atresia de esófago, laparotomía o hernia inguinal, las cuales se han correlacionado con pobre desarrollo neuronal, cuando se compararon con niños controles sanos no sometidos a agentes anestésicos. Niños sometidos a corrección de atresia de esófago durante la etapa neonatal, han mostraron problemas para el aprendizaje y de comportamiento en los años subsiguientes (Hernández-Cortez, 2016).

Por lo que se conjuntan otros tipos de variables simultáneamente. Los neonatólogos hallazgos similares. Wilder y colaboradores en una cohorte, estudiaron a niños menores de cuatro años sometidos a cirugía neonatal, y demostraron que los problemas de aprendizaje estuvieron directamente relacionados con el número de cirugías que recibieron. El estudio anterior fue reforzado cuando separaron las enfermedades crónicas y múltiples cirugías e internamientos hospitalarios. Múltiples exposiciones a anestesia incrementaron el riesgo de desórdenes en el aprendizaje, a mayor número de exposiciones de anestesia el riesgo de problemas en el aprendizaje se incrementó proporcionalmente. Los niños que fueron sometidos a una sola exposición de cirugía y anestesia, no mostraron evidencias de problemas con el aprendizaje. Di Maggio y colaboradores examinaron una cohorte de niños menores de tres años de edad sometidos a reparación de hernia inguinal con anestesia general. Estos niños tuvieron dos veces más el riesgo de desarrollar discapacidad de aprendizaje, desordenes de comportamiento, retardo mental, autismo, problemas del desarrollo, del lenguaje y del habla. Los varones fueron los más afectados (Hernández-Cortez, 2016).

Aunque algunos estudios sugirieron una asociación entre la cirugía durante la infancia y un menor rendimiento académico o un mayor riesgo de trastornos del comportamiento, otros no han identificado tales asociaciones. En una cohorte de 188.557 niños (28.366 niños que fueron sometidos a cirugía antes de los 5-6 años y 55.910 niños no expuestos), O'Leary et al. Mostró una asociación entre la cirugía en los primeros años de vida y los niños en el rendimiento al ingreso a la escuela primaria medido por el Índice de Desarrollo Temprano (EDI). La vulnerabilidad del

desarrollo temprano fue mayor en el grupo expuesto (25,6%) en comparación con el grupo de control no expuesto (25,0%). Sin embargo, la magnitud general del riesgo fue pequeña. En otra cohorte poblacional (116 expuestos múltiples, 457 expuestos individualmente y 463 no expuestos niños) las exposiciones múltiples, pero no únicas, a la anestesia antes de los 3 años de edad resultaron en una mayor frecuencia de problemas de aprendizaje y trastorno por déficit de atención/hiperactividad hasta los 18 años (Salaün et al., 2021).

La investigación preclínica siempre será un actor principal en la investigación sobre la toxicidad de la anestesia general

Muchas cuestiones relativas a los efectos a largo plazo de la crisis de la anestesia general en el cerebro en desarrollo aún no están resueltas. La dificultad radica en el hecho de que los componentes moleculares, celulares y eventos sistémicos implicados en el mantenimiento de los estados anestésicos se superponen con los mecanismos que conducen al efecto sostenido de los agentes anestésicos sobre las neuronas, estructura y función. Sólo la investigación preclínica podría identificar qué mecanismos están implicados en la neurotoxicidad para abrir vías de estrategias neuroprotectoras. Además, el conocimiento de cómo cambian las estructuras inducidas por agentes anestésicos como causa deterioro del comportamiento no está claro. De lo contrario, no entendemos por qué la mayor vulnerabilidad del sistema nervioso central en las estructuras de los agentes anestésicos depende o no de ventanas de tiempo específicas de la región durante el desarrollo del cerebro. Finalmente, mecanismos subyacentes al efecto dependiente del contexto fisiológico de los agentes anestésicos sobre la morfología, y los cambios funcionales en el cerebro también deben ser explorados (Salaün et al., 2021).

Encefalomiелitis tóxica por anestesia espinal

Se ha demostrado en investigaciones que la inyección de derivados anestésicos de la cocaína (como amilocaína, espinocaína, bupivacaina, gravocaína, lidocaína, etc); que contienen procaína como principal constituyente; en el espacio subaracnoideo de monos, ratas y perros, causa degeneración de raíces y cordones periféricos, así como cambios retrógradamente en los cuernos anteriores medulares. Además de los efectos propios de la anestesia, un error en la técnica de administración puede ser un factor contribuyente. Pueden traumatizarse con la aguja los nervios de la cauda equina y cualquiera de los vasos de dichos nervios. La mezcla con la sangre puede

cambiar las propiedades del anestésico y provocar fibrosis reactiva con adhesiones leptomeníngeas.

Se ha demostrado que cualquier parte del SNC puede afectarse con lesiones permanentes e incluso causar la muerte. Estas lesiones se dividen en 3 tipos:

1. Locales o a vecindad como son las lesiones del cauda equina.
2. Focales a distancia como son la parálisis de pares craneales
3. Generales como son las meningitis aséptica o meningoencefalitis (Puentes et al., 2021).

Toxicidad Sistémica por Anestésicos Locales

La toxicidad sistémica por anestésicos locales es una reacción rara reportada en la literatura con una frecuencia de 2.0 – 2.8 casos por 10.000 bloqueos. Desencadena reacciones graves y potencialmente mortales, asociadas típicamente con dosis altas y/o inyecciones múltiples de anestésicos locales en un periodo de tiempo relativamente corto. Adicionalmente puede ocurrir una inyección intravenosa o intraarterial inadvertida, en cuyo caso incluso cantidades relativamente pequeñas de anestésicos locales, pueden precipitar a una toxicidad sistémica. Existen varios mecanismos que juegan un papel importante en el desarrollo de este escenario que pueden desencadenar incluso la presentación de una reacción atípica (Vintimilla Loyola, 2021).

- **Antecedentes del paciente:** a) alteraciones de la función hepática y renal que comprometen el metabolismo y la excreción del agente, b) enfermedades cardíacas que reducen el flujo sanguíneo a los órganos vitales y por tanto reducen la eliminación del fármaco, c) embarazo, en donde el aumento del gasto cardíaco a partir del segundo trimestre incrementa la absorción del anestésico local en los lugares de inyección, aumentando las concentraciones plasmáticas (Vintimilla Loyola, 2021).
- **Dosis del fármaco:** La dosificación de anestésicos locales se basa en el peso corporal del paciente y factores de riesgo sistémicos. En los pacientes pediátricos los márgenes de seguridad son más específicos, el volumen total de sangre es esencial para la dilución del anestésico, en la mayoría de niños existe una relación bastante precisa entre el volumen de sangre y el peso corporal, por lo tanto este último factor puede usarse para estimar la dosis máxima de anestésico, sin embargo en niños obesos, el riesgo de LAST existe cuando solo se tiene en cuenta el peso corporal, es importante analizar el número de cartuchos a emplear de acuerdo al procedimiento clínico, por ejemplo la cantidad de

líquido anestésico requerida para una extracción indolora dentro de un cuadrante, rara vez excede el volumen de dos cartuchos (Vintimilla Loyola, 2021).

- **Técnica anestésica:** Los bloqueos de los nervios alveolar superior, posterior e inferior, conllevan a una mayor probabilidad de penetración de un vaso sanguíneo. La aspiración cuidadosa, la inyección lenta y el uso cada vez mayor de anestesia por infiltración bucal para procedimientos dentales de rutina son contribuciones importantes en la reducción de LAST (Vintimilla Loyola, 2021).

Presentación Clínica de LAST

- **Toxicidad del Sistema Nervioso Central (SNC) o Neurotoxicidad:** Los anestésicos locales atraviesan fácilmente la barrera hematoencefálica, por lo que pueden alterar la función cerebral. A concentraciones plasmáticas terapéuticas o atóxicas no se han observado efectos relevantes sobre el SNC. La respuesta tóxica central está relacionada específicamente con los niveles plasmáticos del anestésico local en el SNC y su efecto sobre la compleja interacción entre las vías excitadoras e inhibitoras que facilitan la neurotransmisión. Inicialmente, hay una fase excitadora generalizada, que se manifiesta en última instancia por la actividad convulsiva. Los primeros signos clínicos prodrómicos de toxicidad del SNC son: mareos, visión borrosa, tinnitus, aturdimiento, confusión, disartria, espasmos de las extremidades, y temblor. Ante concentraciones plasmáticas y cerebrales crecientes, a menudo se observan espasmos musculares y temblores que involucran la musculatura facial, así como la aparición de reacciones convulsivas tonicoclónicas las cuales se han reportado como el signo más común de toxicidad del SNC en un porcentaje de hasta el 54% de los casos (Vintimilla Loyola, 2021).
- **Toxicidad del Sistema Cardiovascular o Cardiotoxicidad:** La cardiotoxicidad generalmente sigue una vía de dos etapas. En la primera etapa, la activación del sistema nervioso simpático, durante la fase excitadora del SNC, conduce indirectamente a hipertensión y taquicardia. A concentraciones superiores se produce un efecto depresor miocárdico directo, personificado por arritmias ventriculares, retraso en la conducción del miocardio, y disfunción contráctil profunda que finalmente conduce al colapso cardiovascular (Vintimilla Loyola, 2021).

- **Toxicidad del Sistema Respiratorio:** Concentraciones inferiores a las necesarias para generar sobredosis, producen un efecto relajante directo sobre el músculo liso bronquial, sin embargo, ante una toxicidad farmacológica se inicia una parada respiratoria como consecuencia de la depresión generalizada del SNC (Vintimilla Loyola, 2021).

Tabla 1. *Síntomas y signos resumidos*

Pródromos	Principales del SNC	Principales del aparato cardiovascular
<ul style="list-style-type: none"> • Zumbidos en los oídos • Sabor metálico • Hipertensión • Taquicardia 	<ul style="list-style-type: none"> • Agitación o confusión • Obnubilación • Convulsiones • Coma 	<ul style="list-style-type: none"> • Bradicardia/bloqueo auriculoventricular • Hipotensión • Taquicardia o fibrilación ventricular • Asistolia

Fuente: (Weinberg et al., 2020).

Factores de riesgo

- Náusea o dificultad para respirar.
- Daño en los nervios que le provoque adormecimiento crónico o dolor
- Reacción alérgica a la anestesia empleada.
- Sangrado alrededor de la columna vertebral (hematoma).
- Dificultad para orinar.
- Caída en la presión arterial.
- Infección en la columna vertebral (meningitis o absceso).
- Daño neurológico.
- Convulsiones (esto es raro).
- Dolor de cabeza fuerte (Suárez Ramírez et al., 2021).

Complicaciones y efectos secundarios

- Dolor de espalda en el sitio donde se ha insertado la aguja.
- Dificultad para orinar, ya que también se afectan los nervios que controlan la micción.

- **Punción hemática:** salida de sangre a través de la aguja.
- **Parestesias:** sensación desagradable asociada a la punción (hormigueo, calambres...)
- **Hipotensión arterial:** debida a la vasodilatación provocada por el bloqueo simpático.
- **Náuseas y vómitos:** secundarios generalmente a la hipotensión.
- **Retención urinaria:** por bloqueo del músculo detrusor vesical.
- **Lumbalgia:** sobre todo tras intentos repetidos con agujas de gran calibre.
- **Cefalea post-punción:** por la continua pérdida de LCR a través del orificio dural (Suárez Ramírez et al., 2021).

Tabla 2. *Prevención*

Prevención
<ul style="list-style-type: none"> • Uso de la dosis eficaz más baja • Uso de un indicador vascular (por ejemplo, la epinephrine [epinefrina]) • Control adecuado • Inyección gradual • Aspiración intermitente • Dosis personalizada • Seguridad del sistema (por ejemplo, la preparación) • Capacitación de médicos y enfermeros • Evaluación de los factores de riesgo del paciente

Fuente: (Weinberg et al., 2020).

Conclusión

Existe evidencia clínica comprobada en estudios retrospectivos de los efectos de la anestesia en pruebas experimentales en animales, que ha ocasionado alteraciones en el sistema nervioso central en lo que respecta al desarrollo del cerebro en lo cognitivo y el aprendizaje, mismos resultados que han sido comprobados en estudios realizados a niños menores de 4 años con exposición prolongada a anestesia, que han afectado su desarrollo cerebral, con trastornos de aprendizaje, cognitivos, sin embargo, son consecuencias focalizadas, es por ello que no se puede generalizar que la anestesia general provoque efectos masivos como discapacidad intelectual,

trastornos generalizados del desarrollo graves, hay casos muy puntuales en edades adultas que pueden provocar por ejemplo Encefalomiелitis tóxicа por anestesia espinal, pero esto va a depender de varios factores, ya que la anestesia en si es muy segura, las complicaciones suelen ser muy raras y van depender de ciertos factores de riesgo como estado físico del paciente, edad, comorbilidades, procedimiento quirúrgico a realizar, fumadores, obesos, diabéticos, que tiene mayores probabilidades de generar complicaciones y claro está, no se puede dejar de mencionar, el error humano de parte del anesthesiólogo por falta de experiencia.

No solo la anestesia general puede generar complicaciones, los anestésicos locales pueden desarrollar la llamada toxicidad sistémica, también de una manera muy rara, no suele ser habitual, pero de comprobada existencia, que pueden poner en riesgo la vida del paciente, ya que sus efectos no solo se pueden desarrollar en el sistema nervioso central con sintomatología como agitación o confusión, obnubilación, convulsiones, coma, así como, cardiovasculares y pródromos. Todos estos factores de riesgo pueden ser prevenibles tanto en la infancia como en la adultez, con experiencia probada de anesthesiólogos, estudio individualizado del paciente para determinar factores de riesgos presentes o futuros, la mejor técnica anestésica a realizar.

Referencias

- Bocanegra, J. C. (2011). Mecanismos de acción de los agentes anestésicos. En *Anestesia balanceada*. Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación.
- Couch, G. A., White, M. P., & de Gray, L. E. (2020). Central nervous system stimulants: basic pharmacology and relevance to anaesthesia and critical care. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 21(10), 503–511. <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2020.07.005>
- Hernández-Cortez, E. (2016). Efecto de los anestésicos en el desarrollo cerebral de niños. *Anestesia en México*, 28(2), 32–37.
- Ibla, J. C. (2011). Anesthesia and Neurodegeneration. *Revista Colombiana de Anestesiología*, 39(4), 471–475. <https://doi.org/10.5554/rca.v39i4.278>
- Liu, J., Dong, K., Sun, Y., Kakkos, I., Huang, F., Wang, G., Qi, P., Chen, X., Zhang, D., Bezerianos, A., & Sun, Y. (2023). Progress of Brain Network Studies on Anesthesia and Consciousness: Framework and Clinical Applications. *Engineering*, 20, 77–95. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2021.11.013>

- Puentes, D. A., Cano, R. G. A., & Puentes, D. (2021). Encefalomiелitis tóxica por anestesia espinal. Presentación de un caso. *Medisur*, 19(2).
- Salaün, J.-P., Poirel, N., Dahmani, S., Chagnot, A., Gakuba, C., Ali, C., Gérard, J.-L., Hanouz, J.-L., Orliaguet, G., & Vivien, D. (2021). Preventing the Long-term Effects of General Anesthesia on the Developing Brain: How Translational Research can Contribute. *Neuroscience*, 461, 172–179. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2021.02.029>
- Suárez Ramírez, C. A., Rosales Vinueza, K. D., Barahona Botache, S. A., & Salamea Saquinula, M. D. (2021). Complicaciones en anestesia raquídea. *RECIAMUC*, 5(3), 44–53. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.\(3\).agosto.2021.44-53](https://doi.org/10.26820/reciamuc/5.(3).agosto.2021.44-53)
- Vintimilla Loyola, R. A. (2021). " *Complicaciones y riesgos asociados al uso de la anestesia local*". *Artículo de revisión*. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA.
- Vutskits, L., & Davidson, A. (2023). Clinical investigations on anesthesia-induced developmental neurotoxicity: The knowns, the unknowns and future prospects. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 37(1), 40–51. <https://doi.org/10.1016/j.bpa.2023.02.004>
- Weinberg, G., Rupnik, B., Aggarwal, N., Fettiplace, M., & Gitman, M. (2020). Revisión de la toxicidad sistémica por anestésicos locales (LAST): un paradigma en evolución. *REVISTA OFICIAL DE LA FUNDACIÓN PARA LA SEGURIDAD DEL PACIENTE DE ANESTESIA*, 2(1).