

Hipotensión controlada en cirugía espinal

Controlled Hypotension in Spinal Surgery

Antonio Ismael Aparicio Morales^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-6899-342X>

Yaima Rizo Fiallo¹ <https://orcid.org/0000-0002-5564-5530>

Alexis Ramón Pineda González² <https://orcid.org/0000-0002-2686-2077>

¹Complejo Científico Ortopédico Internacional Frank País. La Habana, Cuba.

²Hospital Pediátrico José Luis Miranda. Villa Clara, Cuba.

*Autor para la correspondencia: aiaam@nauta.cu

RESUMEN

Introducción: La hipotensión controlada implica a cualquier técnica que, utilizada de forma única o combinada, disminuya intencionalmente los valores de tensión arterial durante el período intraoperatorio, con la finalidad de reducir el sangramiento y mejorar la visibilidad del campo quirúrgico.

Objetivo: Describir los fundamentos fisiológicos, definiciones, técnicas y complicaciones de la hipotensión controlada aplicada en la cirugía espinal.

Métodos: Se realizó una revisión de la literatura, en bases de datos científicas como Cochrane Database of Systematic Reviews, Pubmed/Medline, EMBASE, SCOPUS, Web of Science, Ebsco Host, ScienceDirect, OVID y el buscador académico Google Scholar, en el mes de junio del 2020.

Conclusiones: La hipotensión controlada aplicada en la cirugía espinal presenta limitados beneficios quirúrgicos. Sin embargo, no existe un consenso preciso sobre los umbrales hemodinámicos y límites de tiempo requeridos para su utilización, y se asocia a un elevado riesgo de potenciales complicaciones como el *delirium*, disfunción cognitiva posoperatoria, accidente cerebrovascular isquémico, pérdida visual posoperatoria, lesión renal aguda, lesión miocárdica, déficit neurológico posoperatorio tardío y dolor neuropático crónico; por lo cual no se recomienda su empleo rutinario durante el período intraoperatorio.

Palabras clave: hipotensión controlada; hipotensión deliberada; cirugía espinal

ABSTRACT

Introduction: Controlled hypotension implies any technique that, used alone or in combination, intentionally lowers blood pressure values during the intraoperative period, in order to reduce bleeding and improve the visibility of the surgical field.

Objective: To describe the physiological foundations, definitions, techniques and complications of controlled hypotension in spinal surgery.

Methods: A literature review was carried out in scientific databases such as Cochrane Database of Systematic Reviews, Pubmed/Medline, EMBASE, SCOPUS, Web of Science, Ebsco Host, ScienceDirect, OVID and the academic search engine Google Scholar, in June 2020.

Conclusion: Controlled hypotension in spinal surgery has limited surgical benefits. However, there is no precise consensus on the hemodynamic thresholds and time limits required for its use, and it is associated with a high risk of potential complications as delirium, postoperative cognitive dysfunction, ischemic stroke, postoperative visual loss, acute kidney injury, myocardial injury, late postoperative neurological deficit and chronic neuropathic pain; therefore, its routine use during the intraoperative period is not recommended.

Keywords: controlled hypotension; deliberate hypotension; spinal surgery.

Recibido: 24/06/2020

Aprobado: 5/8/2020

Introducción

La cirugía ortopédica y traumatológica implica la manipulación de médula ósea, tejido muscular y plexos arteriales y venosos; por lo cual, debido a la compleja vascularización, el sangramiento quirúrgico es relativamente significativo, difuso y de difícil control mediante las técnicas hemostáticas convencionales, especialmente cuando se afectan los capilares intraóseos.⁽¹⁾

La laminectomía y fusión vertebral se asocian a pérdidas sanguíneas intraoperatorias considerables, debido al sangrado originado desde plexos venosos epidurales extensos, lo cual dificulta la visualización adecuada del campo quirúrgico y favorece la lesión dural y de las raíces nerviosas espinales.^(2,3)

La posición en decúbito prono -requerida en cirugía espinal, que conlleva a un aumento de la presión intraabdominal e ingurgitación de los plexos epidurales-, tiempo quirúrgico prolongado, sexo masculino, edad avanzada, hábito de fumar y una acentuada cifosis preoperatoria, han sido identificados como predictores independientes de sangramiento perioperatorio excesivo;^(4,5,6,7,8) el cual aumenta el riesgo de infección posoperatoria, inestabilidad hemodinámica, disfunción cardiopulmonar, lesión renal aguda y muerte.^(4,9) Paralelamente, la transfusión de sangre alogénica terapéutica se relaciona con una mayor morbilidad posoperatoria, estadía hospitalaria prolongada, infección del sitio quirúrgico e incremento de los costos derivados de la atención sanitaria.^(4,10,11)

En adecuación a los potenciales efectos adversos de la transfusión de hemoderivados, han sido desarrolladas técnicas alternativas como la hemodilución normovolémica, rescate hemático perioperatorio, estimulación de la eritropoyesis, agentes hemostáticos y la hipotensión controlada.⁽¹⁾

La hipotensión controlada, deliberada o inducida engloba a cualquier técnica que utilizada de forma única o combinada disminuya intencionalmente los valores de presión arterial durante el período intraoperatorio, para reducir el sangramiento y mejorar la visibilidad del campo quirúrgico.^(1,2,12,13,14,15,16,17)

Propuesta inicialmente por *Cushing* para la cirugía intracraneal en 1917⁽¹⁸⁾ y perfeccionada *a posteriori* por *Guggiari* y otros en 1985 durante la intervención quirúrgica de un aneurisma cerebral,⁽¹⁹⁾ ha sido utilizada desde entonces en entornos tan variados como la cirugía espinal,^(1,2,12,13,20,21) cirugía artroscópica de hombro,^(22,23) artroplastia de cadera,⁽²⁴⁾ cirugía de oído medio,⁽²⁵⁾ cirugía funcional endoscópica de los senos paranasales,^(14,26) neurocirugía,⁽¹⁶⁾ cirugía

maxilofacial,^(17,27) cirugía de la aorta abdominal⁽¹⁵⁾ y en el contexto de la cirugía obstétrica con alto riesgo de hemorragia crítica.⁽²⁸⁾

A pesar de su amplia utilización y beneficios hemostáticos evidentes, la hipotensión deliberada intraoperatoria se asocia a un elevado riesgo de potenciales complicaciones, como el delirium,^(7,29,30,31,32) disfunción cognitiva posoperatoria^(29,33) atribuible a la reducción mantenida del flujo sanguíneo y la oxigenación cerebral;^(23,34,35,36) accidente cerebrovascular isquémico;^(14,37) pérdida visual posoperatoria secundaria a neuropatía óptica isquémica;^(38,39,40) lesión renal aguda;^(9,41,42,43) lesión miocárdica^(41,44,45) y reducción de la señal durante la monitorización de los potenciales evocados.^(46,47)

Debido a la controversia científica relacionada con la utilización de la hipotensión controlada en el ámbito de la cirugía espinal, la presente revisión bibliográfica tiene como objetivo describir sus fundamentos fisiológicos, definiciones, técnicas y complicaciones.

Métodos

Se realizó una revisión no sistemática de la literatura, en bases de datos científicas como Cochrane Database of Systematic Reviews, Pubmed/Medline, EMBASE, SCOPUS, Web of Science, EBSCOhost, ScienceDirect, OVID y el buscador académico Google Scholar, en el mes de junio del 2020. Se utilizaron como descriptores los consignados en las palabras clave del artículo, en los idiomas inglés y español, combinados con los operadores lógicos.

La búsqueda y selección de artículos se realizó de forma independiente, restringida a metaanálisis, revisiones sistemáticas, ensayos clínicos, editoriales, estudios aleatorizados y revisiones no sistemáticas, cuyo período de publicación fuera, en lo posible, menor de 5 años. Se estructuró el contenido por acápites en el cual fue plasmada, además, la experiencia de los autores.

Análisis e integración de la información

Fundamentos fisiológicos

Aunque el mecanismo preciso varía según la técnica utilizada, la hipotensión controlada (HC) es el resultado de la disminución del gasto cardiaco, tensión arterial o ambos; mediante la combinación de varios factores como la relajación del musculo liso vascular secundaria a agentes farmacológicos vasodilatadores; inhibición de la transmisión sináptica del sistema nervioso simpático por la acción central de anestésicos intravenosos o inhalatorios; reducción de la frecuencia cardiaca con bloqueantes β -adrenérgicos; y control del retorno venoso con los cambios de posición del paciente.^(1,12,13,15,17)

Definiciones

Paradójicamente, el término “hipotensión arterial” en sí mismo, aún resulta objeto de polémica en la literatura científica, debido a la variabilidad de preceptos utilizados para su conceptualización.^(48,49)

Desde la perspectiva semántica, la hipotensión controlada puede citarse indistintamente además como hipotensión deliberada e inducida.

Límites de tensión arterial

La diversidad de publicaciones científicas donde se describe la utilización de la HC dificulta la homogenización de criterios para su clara definición. No obstante, se pueden dilucidar dos objetivos principales para establecer los umbrales hemodinámicos: la reducción de las cifras de tensión arterial media (TAM) hasta un rango específico (rango absoluto); y la disminución de las cifras de tensión arterial sistólica (TAS) hasta un porcentaje inferior a los parámetros preoperatorios o basales del paciente (rango relativo).

– Objetivos de tensión arterial media específicos (rango absoluto):

- 50 - 65 mmHg^(1,2,13,14,15,17,22,25,50)
- 65 - 70 mmHg^(12,26,27)
- 70 - 100 mmHg^(15,23)

- Reducción porcentual de la tensión arterial sistólica respecto a los parámetros preoperatorios o basales del paciente (rango relativo): 20-30 % inferior a la TAS basal. (2,16,17,28,51)

Límites de tiempo

La generalidad de publicaciones referentes a la HC puntualizan en su metodología los umbrales hemodinámicos, sin precisar la duración de la técnica, que puede resultar excesivamente perdurable en un escenario quirúrgico prolongado como la cirugía espinal.

Wesselink y otros⁽⁵²⁾ realizaron una revisión sistemática de 42 estudios publicados en revistas de alto impacto, donde muestran un enfoque particularmente interesante sobre la relación entre hipotensión intraoperatoria y el riesgo de complicaciones posoperatorios en cirugía no cardíaca. Los resultados revelan que el riesgo de lesión orgánica (delirium, isquemia cerebral, lesión renal aguda, infarto miocárdico, etc.) y la mortalidad aumentan progresivamente dependiendo del grado y la duración de la hipotensión arterial, especialmente las cifras por debajo de 80 mmHg de tensión arterial media:

- Riesgo ligeramente elevado (*odds ratio*, 1,0-1,4)
 - TAM < 80 mmHg; duración ≥ 10 minutos
 - TAM < 70 mmHg; duración < 10 minutos
- Riesgo moderado (*odds ratio*, 1,4-2,0)
 - TAM < 65 mmHg; duración > 5 minutos
 - TAM < 50 mmHg; para cualquier duración
- Riesgo elevado (*odds ratio* > 2,0)
 - TAM < 65 mmHg; duración ≥ 20 minutos
 - TAM < 50 mmHg; duración ≥ 5 minutos
 - Cualquier exposición a una TAM < 40 mmHg

Técnicas

El agente ideal para el control de la hipotensión debe tener las siguientes características: facilidad de administración, menor latencia, tiempo de eficacia clínica breve, eliminación rápida sin metabolitos tóxicos, efectos insignificantes en órganos vitales y efectos previsibles y dependientes de la dosis.⁽²⁶⁾

Al no existir un fármaco que reúna todas las características, se han utilizado varios agentes aislados o en combinación.

Anestésicos intravenosos e inhalatorios

El propofol es un fármaco hipnótico que se utiliza para la inducción y mantenimiento de la anestesia general, facilitando la neurotransmisión inhibitoria mediada por el ácido gamma amino butírico. Sus efectos cardiovasculares como la reducción del gasto cardiaco e hipotensión arterial por su efecto vasodilatador dependiente de la dosis y la rapidez de administración, han favorecido su utilización como agente para la HC, aunque una revisión sistemática Cochrane concluye que no reduce las pérdidas sanguíneas totales ni el tiempo quirúrgico;⁽¹⁴⁾ además, su utilización como hipotensor, requiere de dosis elevadas que pueden generar una profundidad anestésica inadecuada, supresión electroencefalográfica, delirium y disfunción cognitiva posoperatoria.⁽²⁹⁾

La dexmedetomidina es un agonista de los receptores alfa-2 adrenérgicos altamente selectivo, con características sedativas, ansiolíticas y analgésicas. Interactúa con receptores centrales α_{2A} e imidazolínicos tipo 1. La activación de esos receptores centrales trae como resultado una disminución de la liberación de noradrenalina y conlleva la disminución de la presión sanguínea y de la frecuencia cardíaca.⁽²⁶⁾ Su uso único o en asociación con otros fármacos ha sido evaluado en estudios prospectivos, demostrando una reducción significativa en el volumen de sangrado intraoperatorio.^(2,12,26)

Los anestésicos inhalatorios también han sido empleados en la HC por su efecto vasodilatador sistémico, aunque se asocian a una peor visibilidad del campo quirúrgico y mayores pérdidas sanguíneas intraoperatorias.⁽¹⁴⁾

Vasodilatadores sistémicos

La nitroglicerina es un vasodilatador periférico directo, principalmente venodilatador, ampliamente aplicado en la HC por su rápido inicio de acción, tiempo de eficacia clínica breve y facilidad de titulación en infusión continua, aunque como efectos adversos puede producir taquicardia refleja, taquifilaxia y congestión venosa, que puede incrementar las pérdidas hemáticas transoperatorias.^(2,14,17,19,22,23,25,26)

El nitroprusiato de sodio, vasodilatador periférico directo, esencialmente arterial, aunque de probada efectividad, tiene un uso limitado en detrimento de otros agentes, debido a que su administración prolongada puede ocasionar intoxicación por cianuro.⁽¹⁴⁾

El nicardipino, bloqueante de los canales de calcio, ha sido empleado en la HC durante la cirugía espinal, con la particularidad de otorgar nefroprotección debido a la dilatación selectiva de las arterias renales, que preserva la tasa de filtración glomerular, incrementa el aclaramiento de la creatinina y reduce la excreción fraccional de sodio.⁽¹³⁾

Bloqueantes β -adrenérgicos

El esmolol ha sido utilizado en la HC para la cirugía espinal. Su efecto hipotensor deriva de la reducción del gasto cardiaco secundaria a cronotropismo e inotropismo negativo por antagonismo β -adrenérgico. Ha mostrado beneficios en pacientes cardiopatas sometidos a cirugía lumbar, con una visibilidad del campo quirúrgico equivalente a la que se obtiene con la administración de dexmedetomidina.⁽¹²⁾

El propranolol⁽²⁵⁾ y el labetalol,⁽¹⁶⁾ empleados en ámbitos como la cirugía de oído medio y neuroquirúrgica respectivamente, confieren condiciones quirúrgicas similares al esmolol.

Sulfato de magnesio

El sulfato de magnesio estabiliza las membranas y organelas citoplasmáticas celulares al mediar la activación de las enzimas Na^+/K^+ -ATPasa y Ca^{2+} -ATPasa, que desempeñan un papel primordial en el intercambio iónico transmembrana durante

las fases de despolarización y repolarización. Además, inhibe la liberación de noradrenalina al bloquear los canales de Ca^{2+} tipo-N en las terminaciones sinápticas, por lo que ha sido descrito como agente efectivo para el control de la hipotensión.^(2,22,25,26)

Complicaciones

Delirium y disfunción cognitiva posoperatoria

El delirium posoperatorio constituye un síndrome geriátrico que se presenta tras la anestesia y la cirugía cuyo diagnóstico es subestimado con frecuencia; caracterizado clínicamente por alteración aguda del estado mental, implicando cambios en la cognición, atención y nivel de consciencia, pudiendo manifestar los subtipos motores hiperactivo, hipoactivo o mixto; su incidencia, aunque variable según la población y el tipo de cirugía, se estima entre un 10-50 %, alcanzando hasta un 80 % en los pacientes admitidos en las unidades de cuidados intensivos.⁽²⁹⁾ En cirugía espinal se ha registrado una incidencia entre 12,5-24,3 %.⁽⁷⁾

El delirium se asocia a resultados adversos posoperatorios, como incremento de la estadía hospitalaria, aumento de los costos de atención médica (estimados en 6900 millones de dólares anuales), tasas elevadas de reingreso e institucionalización. Como principales factores de riesgo precipitantes se incluyen la edad superior a los 70 años, deterioro funcional, demencia preexistente, anemia e hipoalbuminemia preoperatorias, anestesia general, tiempo quirúrgico mayor de 3 horas, hipercapnia e hipotensión intraoperatoria prolongada.^(7,29,30,31,32,52,53)

Los pacientes afectados tienen mayor probabilidad de desarrollar declive funcional y dependencia en las actividades rutinarias; además, el delirium constituye uno de los predictores más sólidos de disfunción cognitiva

posoperatoria, también aludida como recuperación neurocognitiva retardada o desorden neurocognitivo persistente.^(29,54)

Accidente cerebrovascular isquémico

La hipotensión deliberada tiene un riesgo elevado de potenciales complicaciones neurológicas como trombosis cerebral, isquemia encefálica, daño cerebral permanente y muerte.⁽¹⁴⁾

La mortalidad asociada a la isquemia cerebral perioperatoria (26-60 %), es muy superior a la ocurrida en un contexto no quirúrgico (13-46 %), debido al estado inflamatorio sistémico que desencadena el estímulo quirúrgico, que empeora los fenómenos isquémicos. Pacientes con antecedente de enfermedad cerebrovascular previa poseen una mortalidad más elevada, estimándose en un 87 %. Dentro de los factores de riesgo identificados se encuentran edad avanzada, enfermedad cerebrovascular previa, fibrilación auricular, enfermedad cardiovascular y/o metabólica, y la hipotensión prolongada durante el período intraoperatorio.^(35,37,52)

Pérdida visual posoperatoria

La pérdida de visión posoperatoria constituye una complicación poco frecuente, con una incidencia estimada entre el 0,001 % - 0,08 %, pero implica consecuencias catastróficas en la calidad de vida de los pacientes. La neuropatía óptica isquémica (NOI) significa el diagnóstico patológico subyacente más frecuente y devastador, pues cursa con discapacidad visual severa, bilateral e irreversible; presenta los subtipos clínicos posterior y anterior: la NOI posterior o retrobulbar como factor causal predominante en el período intraoperatorio, y la NOI anterior, que produce edema del disco óptico, como causa principal de NOI espontánea o idiopática.⁽⁴⁰⁾ Otras causas relevantes son la oclusión de la arteria central de la retina y de la vena retiniana, relacionadas con la compresión directa de las estructuras oculares.⁽³⁹⁾

Aunque un amplio rango de cirugías extraoculares se relacionan con la ocurrencia de NOI,^(27,39) la cirugía espinal ha sido implicada como una de las intervenciones con mayor incidencia de casos, en torno al 0.2 %; como principales factores causales de NOI se encuentran los antecedentes de diabetes mellitus,

hipertensión arterial, anemia preoperatoria, pérdidas hemáticas intraoperatorias excesivas, hemodilución, uso de vasoconstrictores, cirugía prolongada, posición en decúbito prono e hipotensión intraoperatoria sostenida.^(38,39,40)

Lesión renal aguda

La lesión renal aguda (LRA) representa aproximadamente el 30% de las complicaciones posoperatorias generales, incrementa la estadía hospitalaria, los costos de atención y aumenta hasta seis veces la mortalidad perioperatoria.⁽⁴³⁾

Existe una notable asociación entre hipotensión intraoperatoria y LRA. El 40 % de los pacientes sometidos a procedimientos de cirugía no cardíaca cursan con cifras de TAM inferiores a 65 mmHg durante más de 10 minutos, lo cual conlleva a una disrupción de la perfusión renal que desencadena la LRA.^(41,42,43,52,53,55)

Como elementos predictores se identifican los niveles elevados de creatinina preexistentes (mayores de 1.2 mg/dL), edad avanzada, población afroamericana, antecedentes de hipertensión arterial, insuficiencia cardíaca congestiva activa, enfermedad renal crónica, enfermedades respiratorias, diabetes mellitus tipo I, insuficiencia vascular periférica, ascitis y obesidad mórbida.⁽⁴²⁾

Un estudio norteamericano reciente, multicéntrico, de corte retrospectivo, que analizó 138 021 pacientes sometidos a cirugía no cardíaca durante un período de 8 años, registró la ocurrencia de LRA posoperatoria en 12 431 pacientes (9,0 %); de estos casos, en el 43 % se identificó hipotensión intraoperatoria de rango absoluto, el 68 % hipotensión intraoperatoria de rango relativo y un 38,7 % sufrió hipotensión severa (TAM inferior a 50 mmHg), todos con una duración superior a los 10 minutos.⁽⁴³⁾

Lesión miocárdica

La etiología de la lesión miocárdica perioperatoria, aunque multifactorial, ha sido consistentemente asociada con la hipotensión intraoperatoria, la cual origina un desequilibrio entre el suministro y la demanda de oxígeno miocárdico y promueve la isquemia coronaria.^(44,45,52,56,57)

La hipotensión intraoperatoria aumenta significativamente el riesgo de eventos cardiovasculares (infarto miocárdico o muerte de origen cardiovascular) en los 30

días posteriores a la cirugía, lo cual se evidencia en un estudio multicéntrico de corte retrospectivo, donde se analizaron 955 pacientes mayores de 45 años sometidos a procedimientos de cirugía no cardíaca, con antecedentes o factores de riesgo de enfermedad arterial coronaria; el 7,7 % (74/955) desarrollaron eventos cardiovasculares, de los cuales el 2,7 % (8/293) sin obstrucción coronaria ni hipotensión; comparados con el 6,7 % (21/314) con obstrucción coronaria pero sin hipotensión (*hazard ratio*, 2,51; 95 % CI, 1,11 a 5,66; $P = 0,027$); 8,8 % (14/159) con hipotensión sin obstrucción coronaria (*hazard ratio*, 3,85; 95 % CI, 1,62 a 9,19; $P = 0,002$), y el 16,4 % (31/189) con obstrucción coronaria e hipotensión (*hazard ratio*, 7,34; 95 % CI, 3,37 a 15,96; $P < 0,001$). La hipotensión intraoperatoria, con una duración superior a los 10 minutos, estuvo fuertemente asociada con eventos cardiovasculares (*hazard ratio*, 3,17; 95 % CI, 1,99 a 5,06; $P < 0,001$).⁽⁴⁴⁾

Déficit neurológico posoperatorio tardío

La neuromonitorización intraoperatoria de potenciales evocados se ha erigido como el estándar para la detección y prevención de lesión medular durante la cirugía de escoliosis y otras deformidades espinales.^(33,58,59,60,61,62,63)

La identificación temprana de lesiones neurológicas facilita la rápida rectificación quirúrgica y evita la progresión hacia un déficit permanente e irreversible.

A pesar de una cirugía sin imprevistos, monitorización intraoperatoria estable y examen neurológico posoperatorio normal, aún es posible la ocurrencia de un déficit neurológico posoperatorio tardío (DNPT), condición devastadora caracterizada por el desarrollo de paresia posoperatoria en las horas o días siguientes a la cirugía, que tiene como factores fisiopatológicos la isquemia espinal secundaria a estiramiento medular quirúrgico, anemia, lesión compresiva (p. ej: hematoma epidural) e hipotensión perioperatoria prolongada; por lo cual se requiere un control estricto de la tensión arterial, para mantener la estabilidad hemodinámica y una adecuada perfusión medular durante todo el intraoperatorio y hasta 48 horas posteriores a la cirugía.⁽³³⁾

El síndrome de la arteria espinal anterior constituye la forma clínica más común de infarto medular, poco frecuente durante la cirugía espinal, pero de

consecuencias nefastas, que resulta de la ligadura de las arterias radiculomedulares durante la espondilectomía, compresión iatrogénica e hipotensión prolongada durante la cirugía.⁽⁶⁴⁾

Dolor neuropático crónico

El dolor neuropático de origen medular afecta más del 40 % de pacientes con lesiones espinales y resulta sumamente complejo de tratar, por lo que reduce sustancialmente la calidad de vida del paciente. Los mecanismos fisiopatológicos subyacentes, aún no bien dilucidados debido a su naturaleza compleja y heterogénea, implican lesiones en regiones cerebrales y medulares específicas, activación cortical ascendente y gliopatías; y entre los factores etiológicos se relacionan la cirugía para la resección de tumores medulares, administración posoperatoria de esteroides y la hipotensión intraoperatoria prolongada.⁽⁶⁵⁾

Conclusiones

La hipotensión controlada aplicada en la cirugía espinal, presenta limitados beneficios técnicos como la reducción de las pérdidas sanguíneas perioperatorias y mejora de la visibilidad del campo quirúrgico; sin embargo no existe un consenso preciso sobre los umbrales hemodinámicos y límites de tiempo requeridos para su utilización, y se asocia a un elevado riesgo de potenciales complicaciones como el delirium, disfunción cognitiva posoperatoria, accidente cerebrovascular isquémico, pérdida visual posoperatoria, lesión renal aguda, lesión miocárdica, déficit neurológico posoperatorio tardío y dolor neuropático crónico; por lo cual no se recomienda su empleo rutinario durante el período intraoperatorio.

Referencias bibliográficas

1. Jiang J, Zhou R, Li B, Xue F. Is deliberate hypotension a safe technique for orthopedic surgery?: a systematic review and meta-analysis of parallel randomized controlled trials. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2019;14(409):[14 p]. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13018-019-1473-6>
2. Ahmed OH, Nour-Eldin TM, Ali WM, Zaher MAAE. Comparison of the Effect of Nitroglycerin, Magnesium Sulphate and Dexmedetomidine as Hypotensive Agents

- in Lumbar Spine Surgery. The Egyptian Journal of Hospital Medicine. 2019 [citado 4 Jun 2020];76(7):(4628-38). Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/d979/53a753fd99bde916b248bf89e9b9b44548c0.pdf>
3. Chen H-T, Hsu C-C, Lu M-L, Chen S-H, Chen J-M, Wu R-W. Effects of Combined Use of Ultrasonic Bone Scalpel and Hemostatic Matrix on Perioperative Blood Loss and Surgical Duration in Degenerative Thoracolumbar Spine Surgery. BioMed Research International. 2019:[7 p]. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/6286258>
4. Koraki E, Stachtari C, Stergiouda Z, Stamatopoulou M, Gkiouliava A, Sifaki F, *et al.* Blood and fluid management during scoliosis surgery: a single-center retrospective analysis. European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology. 2020:[6 p]. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00590-020-02637-y>
5. Santana L, Kiebzak GM, Toomey N, Maul TM. Blood pressure measurements during intraoperative pediatric scoliosis surgery. Saudi J Anaesth. 2020;14(2):(152-6). DOI: https://dx.doi.org/10.4103%2Fsja.SJA_570_19
6. Oetgen ME, Litrenta J. Perioperative Blood Management in Pediatric Spine Surgery. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons [Internet]. 2017;25:(480-8). DOI: <http://dx.doi.org/10.5435/JAAOS-D-16-00035>
7. Nazemi AK, Gowd AK, Carmouche JJ, Kates SL, Albert TJ, Behrend CJ. Prevention and Management of Postoperative Delirium in Elderly Patients Following Elective Spinal Surgery. Clinical Spine Surgery [Internet]. 2017 [citado 3 Jun 2020];30(3):(112-9). Disponible en: <https://www.ingentaconnect.com/content/wk/clss/2017/00000030/00000003/art00004>
8. McCunniff PT, Young ES, Ahmadinia K, Ahn UM, Ahn NU. Smoking is Associated with Increased Blood Loss and Transfusion Use After Lumbar Spinal Surgery. Clinical Orthopaedics and Related Research. 2016 [citado 4 Jun 2020];474:(1019-25). Disponible en: <https://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC4773328&blobtype=pdf>
9. Rayes JE, Saliba E, Nicolas N, Ghanem I. Monitoring creatine kinase in spine surgery and its relation to acute renal failure. Lebanese Medical Journal. 2017

- [citado 3 Jun 2020];65(3):(139-45). Disponible en:
<http://www.lebanesemedicaljournal.org/articles/65-3/original3.pdf>
10. Aldebeyan S, Ahn J, Aoude A, Stacey S, Nicholls F. Multimodal Perioperative Blood Management for Spinal Surgery. *Operative Techniques in Orthopaedics*. 2019:[7 p]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oto.2019.100716>
11. Fauzi A, Moelyono A, Tobing SD. Compared to Conventional Dressing Techniques, Tranexamic Acid Injection Provide Better Surgical Outcomes in Spinal Fusion Surgery. *Biomedical & Pharmacology Journal*. 2018;11(4):(2215-20). DOI: <http://dx.doi.org/10.13005/bpj/1604>
12. Nazir O, Wani MA, Ali N, Sharma T, Khatuja A, Misra R, et al. Dexmedetomidine and Esmolol as Agents to Induce Hypotension in Lumbar Spine Surgery. *Trauma Monthly* [Internet]. 2016. In Press:[e22078]. DOI: <http://dx.doi.org/10.5812/traumamon.22078>
13. Park C, Kim JY, Kim C, Chang CH. Nicardipine Effects on Renal Function During Spine Surgery. *Clin Spine Surg*. 2017 [citado 16 Jun 2020];30(7):(E954-E8). Disponible en:
<https://www.ingentaconnect.com/content/wk/clss/2017/00000030/00000007/art00024>
14. Boonmak P, Boonmak S, Laopaiboon M. Deliberate hypotension with propofol under anaesthesia for functional endoscopic sinus surgery. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016;10:[31 p]. DOI: <https://doi.org/10.1002/2F14651858.CD006623.pub3>
15. Moreno DH, Cacione DG, Baptista-Silva JC. Controlled hypotension versus normotensive resuscitation strategy for people with ruptured abdominal aortic aneurysm. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018;6:[17 p]. DOI: <https://doi.org/10.1002/2F14651858.CD011664.pub3>
16. Soghomonyan S, Stoicea N, Sandhu GS, Pasterna JJ, Bergese SD. The Role of Permissive and Induced Hypotension in Current Neuroanesthesia Practice. *Frontiers in Surgery*. 2017;4(1):[10 p]. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsurg.2017.00001>
17. Lin S, McKenna SJ, Yao C-F, Chen Y-R, Chen C. Effects of Hypotensive Anesthesia on Reducing Intraoperative Blood Loss, Duration of Operation, and Quality of Surgical Field During Orthognathic Surgery: A Systematic Review and

- Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Oral Maxillofac Surg.* 2016:[14 p]. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2016.07.012>
18. Cushing H. *Tumors of the Nervus Acusticus and the Syndrome of the Cerebellopontine Angle.* Philadelphia: WB Saunders; 1917.
19. Guggiari M, Dageou F, Lienhart A, Gallais S, Mottet P, Philippon J, *et al.* Use of nitroglycerine to produce controlled decreases in mean arterial pressure to less than 50 mm Hg. *British Journal of Anaesthesia.* 1985;57(2):(142-7). DOI: <https://doi.org/10.1093/bja/57.2.142>
20. Theusinger OM, Spahn DR. Perioperative blood conservation strategies for Major Spine Surgery. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology.* 2015:(1-24). DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpa.2015.11.007>
21. Roberts S, Dhokia R, Tsirikos A. Blood loss management in major elective orthopaedic surgery. *Orthopaedics and Trauma.* 2019;33(4):(231-8). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2019.05.005>
22. Awad AA, Ahmed MN. A Comparative Study between Nitroglycerin and Magnesium Sulfate during Shoulder Arthroscopic Surgery in the Beach Chair Position. *Med J Cairo Univ.* 2019 [citado 4 Jun 2020];87(7):(4449-55). Disponible en: https://mjcu.journals.ekb.eg/article_78264_22bf5bbeddd99ae1b7c64183bc94979f.pdf
23. Aguirre JA, Etzensperger F, Brada M, Guzzella S, Saporito A, Blumenthal S, *et al.* The beach chair position for shoulder surgery in intravenous general anesthesia and controlled hypotension: Impact on cerebral oxygenation, cerebral blood flow and neurobehavioral outcome. *Journal of Clinical Anesthesia.* 2019;53:(40-8). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclinane.2018.09.035>
24. Song J-H, Park JW, Lee Y-K, Kim I-S, Nho J-H, Lee K-J, *et al.* Management of Blood Loss in Hip Arthroplasty: Korean Hip Society Current Consensus. *Hip & Pelvis.* 2017;29(2):(81-90). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5371/hp.2017.29.2.81>
25. Mahmoud HO, Shams MK, Habib AAE-d, Ali AAMAS. A Comparative Study between Magnesium Sulphate and Nitroglycerin with Propranolol in Controlled Hypotensive Anaesthesia during Middle Ear Surgeries. *The Egyptian Journal of*

- Hospital Medicine. 2018 [citado 4 Jun 2020];72(10):(5461-5). Disponible en: https://ejhm.journals.ekb.eg/article_11359.html
26. Bayram A, Ülgey A, Günes I, Ketenci I, Capar A, Esmoğlu A, et al. Comparación entre el sulfato de magnesio y la dexmedetomidina en hipotensión controlada durante cirugía funcional endoscópica de los senos paranasales. Revista Brasileira de Anestesiología. 2015;65(1):(61-7). DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjan.2014.04.002>
27. Rodríguez-Navarro A, González-Valverde FM. Unilateral blindness after orthognathic surgery: hypotensive anaesthesia is not the primary cause. Int J Oral Maxillofac Surg. 2017:[4 p]. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijom.2017.07.006>
28. Meng F, Chang Z, An S, Liu W, Qi H, Fang Y, et al. Application of controlled hypotension in cesarean section of pregnant women with high risk hemorrhage. Pak J Pharm Sci. 2018 [citado 3 Jun 2020];31(6):(2885-9). Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/94f3/7bed3b9103ff9b8e8fb45c1ef3e757ce34a7.pdf>
29. Hughes CG, Bonczyk CS, Culley DJ, Fleisher LA, Leung JM, McDonagh DL, et al. American Society for Enhanced Recovery and Perioperative Quality Initiative Joint Consensus Statement on Postoperative Delirium Prevention. Anesthesia & Analgesia. 2020;130(6):(1572-90). DOI: <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004641>
30. Hirsch J, DePalma G, Tsai TT, Sands LP, Leung JM. Impact of intraoperative hypotension and blood pressure fluctuations on early postoperative delirium after non-cardiac surgery. British Journal of Anaesthesia. 2015 [citado 15 Jun 2020];115:(418-26). Disponible en: [http://refhub.elsevier.com/S0007-0912\(18\)30376-3/sref5](http://refhub.elsevier.com/S0007-0912(18)30376-3/sref5)
31. Yang L, Sun DF, Han J, Liu R, Wang LJ, Zhang ZZ. Effects of intraoperative hemodynamics on incidence of postoperative delirium in elderly patients: a retrospective study. Med Sci Monit. 2016 [citado 15 Jun 2020];22:(1093-100). Disponible en: [http://refhub.elsevier.com/S0007-0912\(18\)30376-3/sref33](http://refhub.elsevier.com/S0007-0912(18)30376-3/sref33)
32. Jiang X, Chen D, Lou Y, Li Z. Risk factors for postoperative delirium after spine surgery in middle- and old-aged patients. Aging Clin Exp Res. 2017 [citado 15 Jun 2020];29:(1039-44). Disponible en: [http://refhub.elsevier.com/S0007-0912\(18\)30376-3/sref32](http://refhub.elsevier.com/S0007-0912(18)30376-3/sref32)

33. Auerbach JD, Kean K, Milby AH, Paonessa KJ, Dormans JP, Newton PO, et al. Delayed Postoperative Neurologic Deficits in Spinal Deformity Surgery. *Spine*. 2016 [citado 4 Jun 2020];41(3):(E131-E8). Disponible en: https://journals.lww.com/spinejournal/Abstract/2016/02010/Delayed_Postoperative_Neurologic_Deficits_in.11.aspx
34. Woo JH, Kim YJ, Jeong J-s, Chae JS, Lee YR, Chon JY. Compression stockings reduce the incidence of hypotension but not that of cerebral desaturation events in the beach-chair position: a randomized controlled trial. *Korean Journal of Anesthesiology*. 2018;71(2):(127-34). DOI: <https://doi.org/10.4097/kjae.2018.71.2.127>
35. Ugarte AME, Bollini C. Cirugía de hombro en posición en silla de playa: prevención de complicaciones isquémicas. *Revista Chilena de Ortopedia y Traumatología*. 2016;57(1):(26-33). DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rchot.2016.02.002>
36. Murphy GS, Greenberg SB, Szokol JW. Safety of Beach Chair Position Shoulder Surgery: A Review of the Current Literature. *Anesthesia & Analgesia*. 2019 [citado 4 Jun 2020];129(1):(101-18). Disponible en: <https://insights.ovid.com/anesthesia-analgesia/asag/2019/07/000/safety-beach-chair-position-shoulder-surgery/23/00000539>
37. Vasivej T, Sathirapanya P, Kongkamol C. Incidence and risk factors of perioperative stroke in noncardiac, and nonaortic and its major branches surgery. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2016 [citado 15 Jun 2020];25:(1172-6). Disponible en: [http://refhub.elsevier.com/S0007-0912\(18\)30376-3/sref37](http://refhub.elsevier.com/S0007-0912(18)30376-3/sref37)
38. Ramprasath DR, Thirunarayanan V, Rajan A. Lumbar Ischemic Optic Neuropathy Complicating Spine Surgery. A Case Report. *Journal of Orthopaedic Case Reports*. 2019;9(4):(58-62). DOI: <https://doi.org/10.13107/jocr.2019.v09.i04.1480>
39. Manzotti A, Schianchi A, Pace L, Salvadori G, Biazzo A, Cerveri P. Non artheritic bilateral anterior ischaemic optic neuropathy (NAION) as devastating complication following Total Hip Arthroplasty: a case report. *Acta Biomed*. 2019 [citado 3 Jun 2020];90(4):(583-6). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7233790/pdf/ACTA-90-583.pdf>

40. Goyal A, Elminawy M, Alvi MA, Long TR, Chen JJ, Bradley E, *et al.* Ischemic Optic Neuropathy Following Spine Surgery. Case Control Analysis and Systematic Review of the Literature. *Spine*. 2019 [citado 4 Jun 2020];44(15):(1087-96). Disponible en: https://journals.lww.com/spinejournal/Abstract/2019/08010/Ischemic_Optic_Neuropathy_Following_Spine_Surgery_.14.aspx
41. Ahuja S, Mascha EJ, Yang D, Maheshwari K, Cohen B, Ashish K. Khanna, *et al.* Associations of Intraoperative Radial Arterial Systolic, Diastolic, Mean, and Pulse Pressures with Myocardial and Acute Kidney Injury after Noncardiac Surgery. A Retrospective Cohort Analysis. *Anesthesiology*. 2020;132(2):(291-306). DOI: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003048>
42. Gumbert SD, Kork F, Jackson ML, Vanga N, Ghebremichael SJ, Wang CY, *et al.* Perioperative Acute Kidney Injury. *Anesthesiology*. 2020;132(1):(180-204). DOI: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002968>
43. Mathis MR, Naik BI, Freundlich RE, Shanks AM, Heung M, Burns ML, *et al.* Preoperative Risk and the Association between Hypotension and Postoperative Acute Kidney Injury. *Anesthesiology*. 2020;132(3):(461-75). DOI: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003063>
44. Roshanov PS, Sheth T, Duceppe E, Tandon V, Bessissow A, Chan MTV, *et al.* Relationship between Perioperative Hypotension and Perioperative Cardiovascular Events in Patients with Coronary Artery Disease Undergoing Major Noncardiac Surgery. *Anesthesiology*. 2019;130(5):(756-66). DOI: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002654>
45. Sessler DI, Meyhoff CS, Zimmerman NM, Mao G, Leslie K, Vásquez SM, *et al.* Period-dependent Associations between Hypotension during and for Four Days after Noncardiac Surgery and a Composite of Myocardial Infarction and Death. A Substudy of the POISE-2 Trial. *Anesthesiology*. 2018;128(2):(317-27). DOI: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000001985>
46. Ugawa R, Takigawa T, Shimomiya H, Ohnishi T, Kurokawa Y, Oda Y, *et al.* An evaluation of anesthetic fade in motor evoked potential monitoring in spinal deformity surgeries. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2018;13(227):(1-6). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13018-018-0934-7>

47. Saponaro-González Á, Pérez-Lorensu PJ, Rivas-Navas E, Fernández-Conejero I. Suprasegmental neurophysiological monitoring with H reflex and TcMEP in spinal surgery. Transient loss due to hypotension. A case report. *Clinical Neurophysiology Practice* [Internet]. 2016;(1):(54-7). DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cnp.2016.09.001>
48. Brady KM, Hudson A, Hood R, DeCaria B, Lewis C, Hogue CW. Personalizing the Definition of Hypotension to Protect the Brain. *Anesthesiology*. 2019:[10 p]. DOI: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003005>
49. García-Orellana M, Valero R, Fàbregas N, Riva Nd. ¿Es la presión arterial «normal» la presión arterial «óptima» para cada uno de nuestros pacientes? *Revista Española de Anestesiología y Reanimación*. 2020;67(2):(53-4). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.redar.2019.11.006>
50. Shah A, Palmer AJR, Klein AA. Strategies to minimize intraoperative blood loss during major surgery. *BJS*. 2020;107:(e26-e38). DOI: <https://doi.org/10.1002/bjs.11393>
51. Liberman JS, Slagle JM, Whitney G, Shotwell MS, Lorinc A, Porterfield E, et al. Incidence and Classification of Nonroutine Events during Anesthesia Care. *Anesthesiology*. 2020;133(1):(41-52). DOI: <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003336>
52. Wesselink EM, Kappen TH, Torn HM, Slooter AJC, Klei WAv. Intraoperative hypotension and the risk of postoperative adverse outcomes: a systematic review. *British Journal of Anaesthesia*. 2018:(1-16). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bja.2018.04.036>
53. Mizota T, Hamada M, Segawa H. Relationship between intraoperative hypotension and acute kidney injury after living donor liver transplantation: a retrospective analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2017 [citado 14 Jun 2020];31:(582-9). Disponible en: [http://refhub.elsevier.com/S0007-0912\(18\)30376-3/sref9](http://refhub.elsevier.com/S0007-0912(18)30376-3/sref9)
54. Zhang M, Zhang Y-H, Fu H-Q, Zhang Q-M, Wang T-L. Ulinastatin May Significantly Improve Postoperative Cognitive Function of Elderly Patients Undergoing Spinal Surgery by Reducing the Translocation of Lipopolysaccharide and Systemic Inflammation. *Frontiers in Pharmacology* [Internet]. 2018;9:[7 p]. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.01007>

55. Sun LY, Wijeyesundera DN, Tait GA, Beattie WS. Association of intraoperative hypotension with acute kidney injury after elective noncardiac surgery. *Anesthesiology*. 2015 [citado 15 Jun 2020];123:(515-23). Disponible en: [http://refhub.elsevier.com/S0007-0912\(18\)30376-3/sref3](http://refhub.elsevier.com/S0007-0912(18)30376-3/sref3)
56. Hallqvist L, Martensson J, Granath F, Sahlen A, Bell M. Intraoperative hypotension is associated with myocardial damage in noncardiac surgery: an observational study. *Eur J Anaesthesiol*. 2016 [citado 15 Jun 2020];33:(450-6). Disponible en: [http://refhub.elsevier.com/S0007-0912\(18\)30376-3/sref14](http://refhub.elsevier.com/S0007-0912(18)30376-3/sref14)
57. Waes JAv, Klei WAv, Wijeyesundera DN, Wolfswinkel LV, Lindsay TF, Beattie WS. Association between intraoperative hypotension and myocardial injury after vascular surgery. *Anesthesiology*. 2016 [citado 15 Jun 2020];124:(35-44). Disponible en: [http://refhub.elsevier.com/S0007-0912\(18\)30376-3/sref15](http://refhub.elsevier.com/S0007-0912(18)30376-3/sref15)
58. Thirumala PD, Huang J, Thiagarajan K, Cheng H, Balzer J, Crammond DJ. Diagnostic Accuracy of Combined Multimodality SSEP and TcMEP Intraoperative Monitoring in Patients with Idiopathic Scoliosis. *Spine*. 2016:[24 p]. DOI: <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001678>
59. Henderson L, Tsirikos AI. Intraoperative neurophysiological monitoring in spinal deformity surgery. *Spine*. 2017;31(6):(425-32). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mporth.2017.09.015>
60. Segura MJ, Talarico ME, Noel MA. A Multiparametric Alarm Criterion for Motor Evoked Potential Monitoring During Spine Deformity Surgery. *Journal of Clinical Neurophysiology*. 2017;34(1):(38-48). DOI: <https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000323>
61. Holdefer RN, Skinner SA. Motor evoked potential recovery with surgeon interventions and neurologic outcomes: A meta-analysis and structural causal model for spine deformity surgeries. *Clinical Neurophysiology*. 2020;131:(1556-66)]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2020.03.024>
62. Tsirikos AI, Duckworth AD, Henderson LE, Michaelson C. Multimodal Intraoperative Spinal Cord Monitoring during Spinal Deformity Surgery: Efficacy, Diagnostic Characteristics, and Algorithm Development. *Med Princ Pract*. 2020;29:(6-17). DOI: <https://doi.org/10.1159/000501256>

63. Bell JES, Seifert JL, Shimizu EN, Sucato DJ, Romero-Ortega MI. Atraumatic spine distraction induces metabolic distress in spinal motor neurons. *Journal of Neurotrauma*. 2017;(1-42). DOI: <https://doi.org/10.1089/neu.2016.4779>
64. Bahadır S, Nabi V, Adhikari P, Ayhan S, Acaroglu E. Anterior Spinal Artery Syndrome: A Rare Precedented Reason of Postoperative Plegia After Spinal Deformity Surgery: A Report of Two Cases. *World Neurosurgery*. 2020:[23 p]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2020.05.21>
65. Onishi-Kato Y, Nakamura M, Iwanami A, Kato M, Suzuki T, Kosugi S, et al. Perioperative Factors Associated With Chronic Central Pain After the Resection of Intramedullary Spinal Cord Tumor. *Clin J Pain*. 2017 [citado 3 Jun 2020];33(7):(640-6). Disponible en: <https://www.ingentaconnect.com/content/wk/cjpn/2017/00000033/00000007/art00010>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Antonio Ismael Aparicio Morales. Búsqueda bibliográfica y redacción del manuscrito.

Yaima Rizo Fiallo. Búsqueda bibliográfica y redacción del manuscrito.

Alexis Ramón Pineda González. Búsqueda bibliográfica.