

Manajemen Anestesi pada Kraniotomi Pengangkatan Tumor Meningioma dengan Riwayat Operasi Kliping Aneurisma: Studi Kasus

Riyadh Firdaus^{*)}, Andy Omega^{*)}, Anastasia Magdalena Lantang^{**)}, Fitria Isnarsandhi Yustisia^{**)}

^{*)}Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia, Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo, Jakarta, Indonesia, ^{**)}Program Spesialis-1 Anestesiologi dan Terapi Intensif, Universitas Indonesia, Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo, Jakarta, Indonesia

Received: May 16, 2023; Accepted: June 5, 2023; Publish: June 15, 2023

correspondence: riyadh116@gmail.com

Abstrak

Eksistensi dari tumor otak beserta dengan aneurisma serebral sangat jarang terjadi, dengan estimasi kejadian 0,5-4,5%. Prioritas tatalaksana pembedahan pada dua patologi yang terjadi bersamaan ini belum jelas, di mana sering kali operasi pada aneurisma serebral didahulukan terlebih dahulu, sebelum dilakukan operasi pengangkatan tumor otak. Penanganan tumor otak pada pasien dengan riwayat kliping aneurisma memiliki tantangan tersendiri dalam bidang anestesi, di mana tindakan anestesi memiliki tujuan untuk menurunkan resiko ruptur aneurisma, mencegah iskemik serebral, serta mengoptimalkan fungsi sistemik dalam memfasilitasi prosedur surgikal. Studi kasus ini melaporkan perempuan 58 tahun dengan operasi pengangkatan tumor meningioma dengan riwayat kliping aneurisma. Operasi kliping aneurisma dilakukan 3 bulan sebelum dilakukan pengangkatan tumor otak. Pasien dengan klinis nyeri kepala dan pandangan mata kanan yang kabur, tanpa defisit neurologis lainnya. Manajemen anestesi dilakukan dengan target tidak menaikkan tekanan intrakranial, dengan analgetik adekuat, teknik relaksasi otak yang baik, serta pencegahan hiperkapnia, hipokapnia, serta hipoksia. Selain itu tekanan darah yang harus dijaga dengan mencegah terjadinya hipotensi ataupun hipertensi. Di akhir operasi, pasien diekstubasi dan melanjutkan perawatan lanjut di ruang rawat intensif. Pada pemeriksaan postoperasi pasien dengan kesadaran baik, tanpa kejang, serta tanpa defisit neurologis.

Kata kunci: Anestesi, aneurisma serebral, kliping aneurisma, kraniotomi, meningioma, tumor otak

J. neuroanestesi Indones 2023; 12(2): 108–13

Anesthesia Management in Craniotomy Removal Tumor Meningioma of Patient with History of Aneurysm Clipping Surgery: a Case Report

Abstract

The co-existence of brain tumors with cerebral aneurysms is extremely rare, with an estimated incidence of 0,5-4,5%. The priority for surgical treatment of these two pathologies is not clear, where surgery on a cerebral aneurysm is sometimes performed initially before surgical removal of brain tumor. Treatment of brain tumors in patients with a history of clipping aneurysm has its own challenges in the field of anesthesia, where anesthetic action has the goal of reducing the risk of aneurysm rupture, preventing cerebral ischemia, and optimizing systemic function while facilitating surgical procedures. This case study reports on a 58-year-old woman who underwent surgical removal of a meningioma tumor with a history of aneurysm clipping. Aneurysm clipping surgery was performed 3 months before brain tumor removal. Patient with clinical headache and blurred vision in the right eye, without other neurological deficits. Anesthetic management is carried out with the target of preventing further increase in intracranial pressure, with adequate analgesia, proper brain relaxation techniques, and prevention of hypercapnia, hypocapnia, and hypoxia. In addition, blood pressure must be maintained by preventing hypotension or hypertension. At the end of the operation, the patient was extubated and transferred to the intensive care unit. On postoperative examination the patient was conscious, without seizures, and without neurological deficits.

Key words: Anesthesia, brain tumor, cerebral aneurysm, aneurysm clipping, craniotomy, meningioma

J. neuroanestesi Indones 2023; 12(2): 108–13

I. Pendahuluan

Tujuan utama dari anestesi pengangkatan tumor ialah untuk menjaga perfusi intraserebral serta mencegah terjadinya trauma sekunder pada otak.¹ Berbagai masalah intraoperasi pada tumor otak meliputi perdarahan intraoperasi, peningkatan tekanan intrakranial, kejang, hingga emboli udara dapat meningkatkan mortalitas dan morbiditas pasien.² Insiden tumor otak terjadi sekitar 24.55 per 100.000 orang. Dalam skala yang sangat kecil, tumor otak terjadi bersamaan dengan aneurisma otak, diestimasikan sebesar 0,5–4,5% kejadian.³ Penentuan prioritas tindakan pada kondisi ini masih belum jelas, namun sering kali tatalaksana kliping aneurisma otak didahulukan karena kemungkinan ruptur aneurisma yang dapat mengancam nyawa. Hingga saat ini, belum ada batas waktu yang paling optimal untuk melakukan operasi pengangkatan tumor otak setelah tindakan kliping aneurisma, namun diketahui bahwa tindakan pengangkatan tumor setelah tindakan kliping aneurisma aman untuk dilakukan.⁴

Terdapat berbagai macam tumor otak yang biasanya ada bersamaan dengan aneurisma serebri, mulai dari meningioma, adenoma pituitari, glioma, lipoma, dan tumor metastasis.⁵ Rencana anestesi pada kondisi 2 patologi otak ini membutuhkan pemahaman terkait penyakit neurovaskular dan prosedur pembedahan terkait. Kondisi pembuluh darah pasca kliping harus tetap diwaspadai, karena rentang keamanan yang cukup sempit antara tekanan darah yang tinggi yang dapat menyebabkan pecah pembuluh darah serta rendahnya tekanan darah yang dapat menyebabkan iskemia otak. Anestesi harus dilakukan dengan mempertahankan tekanan perfusi serebral yang optimal, mempertahankan tekanan parsial oksigen serta karbon dioksida adekuat, keseimbangan elektrolit serta faktor koagulasi, serta sigap dalam tatalaksana kejadian intraoperatif yang dapat berdampak pada cedera neurologis.⁶ Selain itu pemilihan agen anestesi juga perlu diperhatikan, di mana agen anestesi yang ideal adalah yang membuat aliran darah otak optimal dengan kemampuan menurunkan kecepatan metabolik obat. Tidak kalah

pentingnya, agen anestesi dengan kemampuan neuroproteksi juga dapat menguntungkan pada pembedahan kasus tumor otak.⁶

II. Kasus

Riwayat Penyakit

Pasien perempuan 58 tahun, dengan berat badan 60 kg, tinggi badan 158 cm, datang ke rumah sakit Cipto Mangunkusumo Jakarta dengan keluhan nyeri kepala hilang timbul sejak 1 tahun yang lalu. Nyeri memberat perlahan lahan. Tidak ada keluhan muntah proyektil, kejang, dan pandangan ganda. Pasien dengan riwayat komorbid diabetes mellitus dengan terapi metformin 2x500 mg per oral. Tidak terdapat terapi lainnya yang dikonsumsi pasien.

Pada pemeriksaan CT scan kepala kontras 4 tahun lalu di RS Awal Bros, didapatkan perdarahan subaraknoid curiga akibat pecahnya pembuluh darah serta penumpukan cairan otak. Pasien pernah didiagnosis dengan perdarahan subaraknoid dan hidrosefalus serta pernah menjalani operasi *ventriculoperitoneal (VP) shunt* darurat saat itu. Kondisi pasien pasca tindakan dengan perbaikan gejala, tanpa adanya defisit neurologis. Pasien rutin kontrol setiap bulannya di poli bedah saraf, dengan keluhan nyeri kepala yang masih hilang timbul dengan skor nyeri 1–2. Pada CT scan kepala kontrol 1 tahun pasca operasi, ditemukan perbaikan pada perdarahan subaraknoid, serta tidak ditemukan lagi gambaran hidrosefalus. Pasien disarankan untuk tindakan lanjutan untuk mengatasi kemungkinan pecahnya pembuluh darah otak, namun pasien menolak tindakan saat itu. Sembilan bulan yang lalu, pasien mengalami nyeri kepala yang berat dengan skor nyeri 8 yang terjadi mendadak saat istirahat. Pasien menjalani CT angiografi di rumah sakit Cipto Mangunkusumo dengan hasil aneurisma *unruptured wide neck* arteri komunikans anterior, dan tumor temporal dekstra dicurigai glioma sehingga pasien diputuskan untuk menjalani kliping aneurisma tanpa intervensi pada tumor terlebih dahulu. Setelah tindakan pasien dalam kondisi hemodinamik stabil tanpa kelainan neurologis. Tiga bulan setelah kliping aneurisma, pasien direncanakan

menjalani operasi pengangkatan tumor. Saat ini pasien tanpa keluhan tambahan, nyeri kepala masih ada hilang timbul tanpa adanya defisit neurologis.

Pemeriksaan Fisik dan Penunjang

Pasien tidak mengeluhkan mual, muntah, kejang, ataupun kelemahan tubuh. Hemodinamik pasien stabil dengan tekanan darah 136/88 mmHg, laju nadi 78 kali per menit, respirasi 15 kali per menit, serta saturasi oksigen 99% dengan udara ruangan. Pemeriksaan neurologis didapatkan kesadaran *compos mentis*, pupil bulat isokor dengan diameter 3 mm, pupil reaktif bilateral, tidak terdapat paresis pada motorik. Pada pemeriksaan laboratorium didapatkan hasil darah perifer lengkap, elektrolit, serta faktor koagulasi dalam batas normal. Pasien dengan hasil pemeriksaan fungsi ginjal dan hepar juga dalam batas normal (Tabel 1).

Pemeriksaan laboratorium	Nilai
Hemoglobin	13,6
Hematokrit	39
Leukosit	7170
Trombosit	266000
Natrium	138
Kalium	3,6
Klorida	109,9
Gula darah sewaktu	162
PT/APTT	0,9 kali/0,9 kali
SGOT/SGPT	14/14
Ureum/Creatinine	34,2/0,7

Pada pemeriksaan CT angiografi didapatkan aneurisma sakular *middle cerebral artery* (MCA) kanan segmen M1 dengan trombosis dan kalsifikasi intralesi, diameter 30 mm, dengan formasi *daughter aneurysm* berdiameter 11 mm di posterosuperior lesi, dan edema vasogenik perifokal ringan di lobus temporal kanan. Aneurisma sakular *anterior cerebral artery* (ACA) kiri segmen A1 diameter 6,3 mm. Tidak tampak perdarahan subarachnoid maupun intraparenkimal, VP *shunt* melalui defek parietal kanan dengan tip di intraventrikel lateralis kanan (Gambar A). CT scan otak preoperasi kliping

aneurisma didapatkan lesi ekstraaksial di regio temporal kanan yang menyangat pasca kontras dengan erosi sphenoid wing kanan, meningioma, dural mass. (Gambar B). Pada pemeriksaan MRI kepala didapatkan aneurisma temporal kanan *post-clipping* disertai massa ekstra aksial di temporal kanan dengan ukuran 2,8 x 2,9 x 2,8 cm yang mendesak lobus temporal kanan. Tidak ada tanda perdarahan intrakranial dan VP *shunt* intraventrikel terlihat di lateral kanan (Gambar C dan D).



Keterangan: A) CT Angiografi preoperasi kliping aneurisma, B) CT scan pre operasi kliping aneurisma, C) MRI post kliping aneurisma potongan aksial, D) MRI post kliping aneurisma potongan koronal

Pengelolaan Anestesi

Pasien dinilai ASA 3 dengan penyulit anestesi peningkatan tekanan intrakranial kronis akibat tumor meningioma dengan riwayat tindakan VP *shunt* dan kliping aneurisma. Di ruang operasi, fentanyl 150 µcg dan lidocaine 60 mg digunakan sebagai agen koinduksi, dan sebagai agen induksi diberikan propofol 100 mg dan gas sevoflurane 2 volume persen. Saat ventilasi dapat dikuasai, diberikan pelumpuh otot rocuronium 50 mg. Intubasi dilakukan dan kendali ventilasi dilakukan dengan ventilator mode kontrol volume, dengan volume tidal 350 ml, laju respirasi 16 kali per menit, *positive-end-expiratory pressure* (PEEP) 5, serta fraksi oksigen 50 persen. Pada intraoperasi, pasien diberikan rumatan gas sevoflurane 2 volume persen, serta diberikan analgetik remifentanyl TCI 2–4 ng/ml. Hemodinamik intraoperasi stabil dengan pemberian vasopressor minimal dengan norepinephrine 0,02–0,08 mcg/kg/menit.

Sebelum operasi, aneurisma tenang tanpa tanda perdarahan aktif dari lesi aneurisma. Sebelum pembukaan duramater, diberikan mannitol 1 gr/kg berat badan untuk relaksasi otak. Total

perdarahan dari pengangkatan tumor sebanyak 400 ml, dengan produksi urin 1500 ml dalam 8 jam. Pemberian cairan total sebanyak 4000 ml cairan kristaloid dan tanpa produk darah.

Pengelolaan Pascabedah

Pada pemantauan postoperasi, pasien didapatkan compos mentis dengan hemodinamik stabil. Nyeri kepala post operasi terkontrol, pasien dapat istirahat, tanpa keluhan kejang, demam, ataupun kelemahan motorik.

II. Pembahasan

Tumor supratentorial merupakan jenis tumor yang paling sering dengan lebih dari 80% tumor otak. Adapun jenis yang paling sering adalah meningioma, diikuti glioblastoma. Glioma diperkirakan merupakan 28% dari seluruh tumor otak.¹ Pada pasien didapatkan aneurisma arteri intraserebral serta tumor dicurigai oligodendroglioma. Insidensi ditemukan aneurisma dan tumor otak bersamaan ialah 2,5–4% berdasarkan literatur.² Nyeri kepala pasien yang bertambah perlahan dapat disebabkan pembesaran tumor otak atau aneurisma yang menyebabkan peningkatan tekanan intrakranial kronis. Pada pasien tidak ditemukan tanda peningkatan tekanan intrakranial akut yang ditandai dengan muntah proyektil, kejang, atau pandangan ganda. Pada pemeriksaan CT scan kepala kontras juga tidak ditemukan gambaran perdarahan intrakranial, edema serebri, gyrus otak menyempit, maupun *midline shift* yang menandakan pada pasien memang tidak ada peningkatan tekanan intrakranial akut.

Hingga saat ini belum ada konsensus yang memaparkan operasi mana yang harus didahulukan pada kondisi aneurisma otak dan tumor otak yang ada bersamaan. Keputusan untuk dilakukan kliping aneurisma sering kali dianggap lebih aman sebelum akhirnya dilakukan pengangkatan tumor.⁴ *American Heart Association* menyebutkan pasien dengan ukuran aneurisma 10–14 mm memiliki risiko pecah 5,2 kali lebih besar dan ukuran aneurisma >15 mm memiliki risiko pecah 15,4 kali lebih besar.⁷

Kendati ukuran aneurisma pada pasien ini ialah 6,6 cm, namun pasien memiliki riwayat perdarahan subaraknoid sebelumnya yang membuat pasien perlunya dilakukan kliping segera. Pada pasien dalam kasus ini, kondisi pasca kliping tanpa perdarahan intrakranial. Proses sejak post kliping hingga rencana pengangkatan tumor setidaknya memakan waktu 3 bulan. Dalam kurun waktu tersebut, dilakukan evaluasi serta persiapan operasi pengangkatan tumor. Beberapa hal yang dievaluasi antara lain; kondisi klinis pasien, ada tidaknya tanda peningkatan tekanan intrakranial akut, risiko perdarahan pada saat dilakukan pengangkatan tumor, kesiapan pasien, serta pemeriksaan radiologis MRI kepala.

Penilaian awal pasien dengan tumor otak didahului dengan evaluasi klinis gejala peningkatan tekanan intrakranial seperti sakit kepala, mual, muntah, penurunan kesadaran, serta pandangan ganda/ gangguan penglihatan. Kejang dan defisit neurologis focal menandakan penekanan lokal dari tumor.⁸ Riwayat operasi sebelumnya serta obat-obatan yang diminum harus dielaborasi. Pada pasien terdapat gejala peningkatan tekanan intrakranial kronis yang ditandai dengan nyeri kepala yang bertambah perlahan semakin berat. Kemungkinan adanya peningkatan tekanan intrakranial mendorong keputusan dilakukan operasi pengangkatan tumor untuk mencegah peningkatan tekanan intrakranial memberat dan mengganggu aliran darah otak.⁹

Manajemen intraoperasi pasien pengangkatan tumor otak dengan kondisi pasca kliping memiliki target untuk mencegah kejadian berulang ruptur, mencegah iskemia otak, serta mengoptimalkan fungsi sistemik dengan bersamaan memfasilitasi intervensi surgikal.¹⁰ Pemahaman fisiologis terkait aliran darah otak penting dalam penanganan kasus. Aliran darah otak diregulasi pada level arteriol, bergantung pada gradien antar dinding pembuluh darah dan tekanan parsial karbondioksida darah. Seperti yang diketahui, otak memiliki kemampuan autoregulasi pada level 50 hingga 150 mmHg. Autoregulasi dapat terganggu akibat adanya proses patologis intrakranial seperti tumor, trauma, darah pada cairan serebrospinal, dan juga kelainan

ekstrakranial seperti hipertensi kronis, dan obat anestesi.¹¹ Tumor dapat mengganggu autoregulasi pembuluh darah otak.¹² Konsiderasi anestesi khusus untuk aneurisma otak ialah dengan teknik hipotensi terkendali dan oklusi temporer arteri.¹ Pada pada pasien ini, kliping aneurisma telah dilakukan. Oleh karena itu, oklusi temporer arteri dan hipotensi terkendali tidak diperlukan. Selama proses anestesi berlangsung, dipastikan tidak terjadi hipotensi dengan antisipasi pemasangan akses vena sentral. Norepinephrine disiapkan saat diperlukan untuk mempertahankan tekanan rerata arterial di atas 70 mmHg. Penurunan tekanan darah yang cepat dan drastis dapat mengakibatkan iskemia otak dan menyebabkan cedera otak sekunder. Dalam keadaan normal, aliran darah otak dijaga sebesar 50ml/ 100g/ menit. Kondisi hiperkarbia dan hipoksemia dapat menurunkan aliran darah otak.¹¹ Oleh karena itu, sepanjang tindakan anestesi, pasien dikondisikan sedikit hipokarbia serta sedikit hiperoksia.

Induksi merupakan momen yang sangat penting. Intubasi diharapkan tidak mengakibatkan peningkatan tekanan darah terlampaui tinggi yang dapat berakibat buruk pada pasien dengan komorbiditas aneurisma otak yaitu terjadi ruptur pembuluh darah. Pada kasus ini, diberikan koinduksi fentanyl sebagai analgesia sekaligus untuk menumpulkan respon simpatis. Agen induksi propofol diberikan sebagai agen induksi pilihan yang menyebabkan vasokonstriksi serebral sehingga menurunkan metabolik serebral.⁸ Agen intravena memiliki dampak penurunan metabolik serebral yang lebih baik dibandingkan anestesi gas.¹ Pada pasien diberikan relaksan Rocuronium untuk memfasilitasi paralisis otot dan memudahkan intubasi. Anestesi gas memiliki efek vasodilator otak, namun agen Sevoflurane memiliki efek vasodilator minimal dibandingkan gas anastesi lainnya.¹¹ Hal tersebut yang diterapkan pada pasien. Gas sevoflurane digunakan untuk rumatan sepanjang operasi dan dijaga pada 1 MAC. Remifentanil digunakan sebagai rumatan. Remifentanil memiliki onset dan offset yang cepat dan tidak berakumulasi dalam tubuh sehingga menjadi ideal pada operasi bedah saraf yang biasanya memiliki durasi panjang.^{11,12}

Relaksasi otak menjadi sangat penting pada kasus ini. Mannitol diberikan sebagai agen osmotik diuresis untuk mengurangi volume otak. Dalam intraoperasi, jika relaksasi otak masih dirasa belum adekuat, perlu dilakukan evaluasi adanya hipoksemia, hiperkarbia, hipertensi sistemik, atau pengaturan posisi kepala yang dapat mengobstruksi aliran vena.¹² Propofol juga dapat ditambahkan untuk memfasilitasi relaksasi otak. Pada pasien, satu jam sebelum operasi selesai, Morfin dengan dosis 50 mcg/kg intravena dapat diberikan sebelum dosis remifentanil diturunkan, sekitar 30 menit sebelum ekstubasi. Saat ekstubasi, remifentanil dipertahankan pada dosis minimal TCI 1 ng/ml dan agen anestesi inhalasi dihentikan hingga pasien memiliki napas spontan adekuat. Ekstubasi dilakukan dalam kondisi pasien bangun saat masih di ruang operasi dengan remifentanil dosis rendah yang dipertahankan untuk mencegah batuk yang dapat meningkatkan tekanan intrakranial. Keputusan waktu ekstubasi disesuaikan dengan kondisi klinis serta hemodinamik pasien.^{13,14} Pada pasien ini, diputuskan untuk ekstubasi di ruang operasi karena memiliki keuntungan dapat dilakukan evaluasi neurologis segera setelah operasi. Selain itu, pasien lebih mudah ditransport ke ruang rawat intensif, dan kelainan postoperasi segera dapat diketahui. Kendati demikian, ekstubasi cepat dapat memiliki kekurangan berupa sulitnya kendali respirasi sehingga dapat mengakibatkan hipoksemia dan hiperkapnia.¹ Oleh karena itu, penting untuk melakukan evaluasi ketat pada pasien postekstubasi pada operasi bedah saraf.

Setelah tindakan ekstubasi, pasien dipindahkan ke HCU Surgikal untuk evaluasi lanjut. Pada pasien dengan riwayat kliping aneurisma serta pengangkatan tumor, penting untuk evaluasi tanda perdarahan serta edema akut intraserebri. Tindakan anestesi dapat menyebabkan depresi saraf global sehingga defisit neurologis baru yang muncul setelah operasi harus dikaitkan dengan efek surgikal. Evaluasi neurologis harus dilakukan setidaknya setiap 15 menit pada ruang pemulihan ataupun di ruang rawat intensif selama 1 jam pertama, di mana CT scan atau angiografi harus segera dilakukan jika terdapat indikasi. Pada pasien ini, setelah operasi pasien stabil dan

tidak ditemukan tanda perdarahan serta edema akut intraserebri.

IV. Simpulan

Pada pasien dengan aneurisma dan tumor otak yang ditemukan bersamaan, tindakan bedah yang perlu dikerjakan segera bergantung pada penilaian klinis lesi yang paling mengancam nyawa. Pada pasien yang dilakukan klipping aneurisma, penentuan waktu operasi pengangkatan tumor harus memastikan kondisi aneurisma cukup tenang dan tidak didapatkan perdarahan intrakranial. Manajemen anestesi pada pembedahan supratentorial bertujuan untuk menjaga relaksasi otak serta neuroproteksi. Prinsip anestesi pada operasi pengangkatan tumor pada pasien dengan riwayat klipping aneurisma serta VP shunt adalah dengan analgesia adekuat, hiperventilasi terkontrol, tekanan darah adekuat, serta kondisi relaksasi otak yang cukup. Manajemen perioperatif yang baik diharapkan dapat mencegah cedera sekunder dari patologi otak yang sudah ada.

Daftar Pustaka

1. Cottrel JE, Patel P. Supratentorial masses: anesthetic considerations. In: Cottrel and Patel's, editors. *Neuroanesthesia*. 6th ed. New York: Elsevier; 2017.
2. Paulis DD, Nicosia G, Taddei G, Vitantonio HD, Gallieni M, Maestro MD, Dechordi SR, Galzio RJ. Intracranial aneurysms and optic glioma – an unusual combination: a case report. *J Med Case Rep.*; 2016; 10:78. Doi: <https://doi.org/10.1186/s13256-016-0869-8>
3. Wermer MJH, Schaaf ICv, Algra A, Rinkel GJE. Risk of rupture of unruptured intracranial aneurysms in relation to patient and aneurysm characteristics. *Stroke*. 2007;38(4):1404–10. Doi: <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000260955.51401.cd>
4. Balint MA, Bapat S. Preoperative evaluation of neurosurgical patients. *Anesthesia and Intensive Care Medicine*. 2020;21(1):20–5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2019.10.011>
5. Bindra A, Bharadwaj S, Mishra N, Masapu D. Preanesthetic evaluation and preparation for neurosurgical procedures: an Indian perspective. *Indian Society of Neuroanesthesiology and Critical Care*. 2022; 9: 84–92. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0042-1749649>
6. Butterworth JF, Mackey DC, Wasnick JD. *Anesthesia for neurosurgery*. In: Morgan & Mikhail's *Clinical Anesthesiology*. 6th ed. New York: McGraw Hill; 2018.
7. Bisri DY, Bisri T. Prinsip-prinsip neuroanestesi. In: Bisri DY, Bisri T. *Dasar-dasar neuroanestesi*. 1st ed. Bandung: Fakultas Kedokteran Universitas Padjajaran; 2019.
8. Slupe AM, Kirsch JR. Effects of anesthesia on cerebral blood flow, metabolism, and neuroprotection. *J Cereb Blood Flow Metab*. 2018; 38(12): 2192–08. DOI: <https://doi.org/10.1177/0271678X18789273>
9. Hosseinzadeh H, Eydi M, Ghaffarlou M, Ghabili K, Golzari SEJ, Bazzazi AM. Administration of remifentanyl in establishing a more stable post-anesthesia cardiovascular status in neurosurgical procedures. *J Cardiovasc Thorac Res*. 2023; 4(1):21–4. DOI: <https://doi.org/10.5681/jcvtr.2012.005>
10. Conti A, Iacopino DG, Fodale V, Micalizzi S, Penna O, Santamaria LB. Cerebral haemodynamic changes during propofol-remifentanyl or sevoflurane anaesthesia: transcranial Doppler study under bispectral index monitoring. *Br J Anaesth*. 2006;97:333–9. DOI: <https://doi.org/10.1093/bja/ael169>