

Perbandingan Nilai *Regional Oxygen Saturation* (rSO₂) Pre dan Pascabedah Kraniotomi Tumor Removal di RSUP Haji Adam Malik, Medan

Veronica Simamora, Rr. Sinta Irina, Andriamuri Primaputra Lubis

Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif Fakultas Kedokteran
Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia/RSUP Haji Adam Malik Medan, Indonesia

Abstrak

Pengukuran *regional oxygen saturation* (rSO₂) menggunakan *near-infrared spectroscopy* (NIRS) berkorelasi dengan saturasi vena sentral. Oksigen serebral sangat dipengaruhi oleh autoregulasi serebri yang dapat mengatur aliran darah ke otak sehingga menyebabkan oksigen dapat bertambah maupun berkurang. Penelitian ini bertujuan melihat perbandingan nilai rSO₂ pre dengan pascabedah kraniotomi *tumor removal* di RSUP Haji Adam Malik Medan. Penelitian ini merupakan jenis penelitian *cohort prospective*. Penelitian ini dilakukan pada 12 pasien yang menjalani prosedur pembedahan kraniotomi *tumor removal* selama 14 April–19 Mei 2023 Sampel dipilih menggunakan metode *consecutive sampling*. Analisis data menggunakan uji t berpasangan. Sebanyak 12 pasien diteliti rSO₂ sebelum operasi kraniotomi didapatkan rerata sebesar 64,50±2,98 pada kanan dan kiri didapatkan rerata sebesar 62,58±3,17. Pada rSO₂ setelah operasi kraniotomi didapatkan rerata sebesar 71,58±2,31 pada kanan dan kiri didapatkan rerata sebesar 70,25±3,52. Pada rSO₂ kanan rerata sebesar 64,50±1,90 dan rSO₂ kanan sesudah penelitian ini didapatkan rerata sebesar 71,58±1,71 dengan nilai p<0,05 secara statistik terdapat perbedaan bermakna antara rSO₂ kanan sebelum dan sesudah operasi. Simpulan, terdapat perbedaan antara rSO₂ sebelum dan sesudah pembedahan kraniotomi tumor removal di RSUP Haji Adam Malik, Medan.

Kata kunci: Kraniotomi; nilai rSO₂; tumor removal

Comparison of Regional Oxygen Saturation (rSO₂) Values Pre- and Post-Craniotomy Tumor Removal Surgery at Haji Adam Malik General Hospital, Medan

Measurement of regional oxygen saturation (rSO₂) using using near-infrared spectroscopy (NIRS) score is associated with central venous saturation. Cerebral oxygen is greatly influenced by cerebral autoregulation, which can regulate blood flow to the brain so that oxygen can increase or decrease. This study aimed to compare rSO₂ values before and after cranial tumor removal surgery at Haji Adam Malik General Hospital, Medan. This research is a prospective cohort study. This study was conducted on 12 patients who underwent craniotomy tumor removal surgery from 14 April to 19 May 2023. Samples were selected using the consecutive sampling method. Data analysis used the paired t-test. A total of 12 patients were examined for rSO₂ before craniotomy surgery and found an average of 64.50–2.98 on the right and left, and an average of 62.58–3.17 on the right. At rSO₂ after craniotomy surgery, an average of 71.58–2.31 was found on the right, and on the left was found an average of 70.25–3.52. In the right rSO₂, the average was 64.50–1.90, and after the study, the right rSO₂ found an average of 71.58–1.71, obtaining a p-value of 0.05. Statistically, there was a significant difference between the right rSO₂ before and after surgery. In conclusion, there is a difference in rSO₂ before and after craniotomy tumor removal surgery at Haji Adam Malik General Hospital, Medan.

Keywords: Craniotomy; rSO₂ value; tumor removal

Korespondensi: Veronica Simamora, dr., Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif, Fakultas Kedokteran, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia, Jl. Bunga Lau No. 17 Kemenangan Tani Kec. Medan Tuntungan Kota Medan, Indonesia, Tlpn. 061-8211663, Email: veronicasimamora@gmail.com

Pendahuluan

Otak merupakan organ sangat kompleks yang membutuhkan pengiriman oksigen dan juga nutrisi secara terus-menerus untuk mempertahankan kesadaran, perfusi adekuat dan pengiriman oksigen yang memadai sangat penting, tetapi sama pentingnya untuk mempertahankan pasokan glukosa yang konstan karena otak sebenarnya tidak memiliki simpanan glukosa.¹

Sebanyak 45% pasien kraniotomi tumor removal memiliki setidaknya satu komplikasi dalam 24 jam pertama pascaoperasi. Disfungsi kognitif pascaoperasi juga merupakan kelainan neurofisikal yang umum terjadi pascaoperasi. Etiologi gangguan pascaoperasi otak dapat berupa mekanisme hipoksia, hipoglikemia atau hal-hal yang mengganggu metabolisme dan homeostasis otak. Oleh karena itu, monitoring saturasi oksigen regional otak pada operasi non kardiak tampaknya menjadi hal yang penting.^{2,3}

Metode pemantauan oksigenasi jaringan non-invasif dapat memberikan informasi yang bermanfaat mengenai kondisi oksigenasi jaringan dan mikrosirkulasi. Salah satu teknik pemantauan oksigenasi jaringan, yaitu *near-infrared spectroscopy* (NIRS), dikenal juga sebagai oksimetri serebral menggunakan analisis spektra dengan komputer pada rentang inframerah jarak dekat (680–800 nm) untuk memperkirakan oksigenasi otak melalui pengukuran absorpsi sinar inframerah oleh kromofor jaringan seperti hemoglobin.^{4,5} Penelitian menyatakan bahwa pengukuran saturasi oksigen serebral (rSO₂) menggunakan NIRS berkorelasi dengan saturasi vena sentral. Deteksi rSO₂ juga digunakan sebagai pengganti menilai fungsi hemodinamik. Berdasarkan penelitian lain, perubahan hemodinamik yang terjadi selama dilakukan anestesi intratekal memengaruhi oksigenasi serebral. Efek ini secara langsung berhubungan dengan terjadinya hipotensi dan penurunan frekuensi jantung, pada penelitian ini NIRS merupakan metode yang tentunya dapat diandalkan dan mudah untuk digunakan.^{6,7}

Pada sebuah penelitian dijelaskan bahwa

kraniotomi yang dini dapat memperbaiki *cerebral perfusion pressure*, dengan cara membuka kranium atau tulang kepala sehingga dapat mengurangi tekanan intrakranial. Membuka dura umumnya menyebabkan penurunan TIK yang lebih besar selama dekompresi daripada tidak membuka dura, tetapi membawa risiko mengekspos otak nekrotik atau devaskularisasi ke lingkungan eksternal.

Teknik pembiusan juga dapat memengaruhi konsumsi dan *delivery* oksigen otak. *Isoflurane* dan *sevoflurane* merupakan contoh anestesi inhalasi yang dapat menyebabkan vasokonstriksi pembuluh darah sekunder sehingga menekan *cerebral blood flow* (CBF). Sejalan dengan peningkatan konsentrasi menyebabkan efek vasodilatasi langsung menjadi lebih dominan, sehingga meningkatkan CBF serta *cerebral blood volume* (CBV) dan akhirnya *intracranial pressure* (TIK) juga meningkat. Namun, kenaikan TIK pada pemberian *sevoflurane* lebih sedikit dibanding dengan *isoflurane* dan *desflurane* serta dapat dihambat oleh hiperventilasi. Hal ini mempertahankan autoregulasi serebral dan reaktivitas CO₂ terjaga dengan baik.

Oksigen serebral sangat dipengaruhi oleh autoregulasi serebri yang dapat mengatur aliran darah ke otak sehingga menyebabkan oksigen yang masuk dapat bertambah maupun berkurang. Autoregulasi melibatkan penyesuaian fisiologis organ tubuh terhadap kebutuhan dan pasokan darah dengan mengubah resistensi aliran darah dengan berbagai tingkat perubahan konstriksi dan dilatasi pembuluh darah. Kemampuan untuk menurunkan tekanan darah secara cepat dimaksudkan untuk melindungi organ vital dengan menghindari iskemik.^{8,9}

Berdasarkan tulisan di atas oksigenasi serebri dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain kondisi kepala yaitu berupa tekanan intrakranial, gas anestesi yang digunakan untuk melakukan tindakan anestesi dan juga status hemodinamik pasien itu sendiri. Oleh karena itu, penulis tertarik melakukan penelitian mengenai saturasi oksigen serebri pada pasien yang menjalani kraniotomi.

Subjek dan Metode

Penelitian ini merupakan penelitian analitik dengan observasional. Penelitian ini menggunakan desain penelitian *cohort prospective* untuk mengetahui perbedaan nilai oksigenasi serebral sebelum pembedahan dan setelah pembedahan pada pasien yang mengalami kraniotomi di RSUP Haji Adam Malik Medan periode 14 April–19 Mei 2023.

Sampel penelitian adalah data primer yang diperoleh dari penilaian dan pemeriksaan langsung pasien yang memenuhi kriteria inklusi, yaitu berusia 18–65 tahun, pasien yang menjalani tindakan operasi kraniotomi, pasien yang mengalami tumor intrakranial dan akan dilakukan tindakan operasi kraniotomi. Pasien atau keluarga menolak, wanita hamil, pasien dengan gangguan jantung kongestif, pasien perawatan yang mendapatkan obat vasopresor dan inotropik sebelum pembedahan, pasien yang mengalami syok sebelum pembedahan, dan pasien yang mengalami pemanjangan fungsi hemostasis dikeluarkan dari penelitian.

Salah satu teknik pemantauan oksigenasi jaringan, yaitu *near-infrared spectroscopy* (NIRS), dikenal juga sebagai oksimetri serebral, menggunakan analisis spektra dengan komputer pada rentang *infrared* jarak dekat (680–800 nm) untuk memperkirakan oksigenasi otak melalui pengukuran absorpsi sinar *infrared* oleh kromofor jaringan seperti hemoglobin. Setelah sinar *infrared* masuk ke jaringan, absorpsi relatif cahaya dengan panjang gelombang yang berbeda bergantung

pada konsentrasi spesies hemoglobin (tidak teroksigenasi vs telah teroksigenasi).^{4,5}

Seluruh subjek penelitian dilakukan pencatatan identitas (usia, jenis kelamin, berat badan, dan tinggi badan), anamnesis baik secara autoanamnesis atau alloanamnesis dan pemeriksaan fisik dilakukan pada subjek penelitian. Berdasarkan hasil pemeriksaan, dilakukan penilaian tingkat kesadaran, pencatatan tekanan darah, denyut jantung, frekuensi napas, dan rSO₂ sebelum tindakan pembedahan menggunakan INVOS® (T0). Pemantauan dan pencatatan tekanan darah, denyut jantung, dan rSO₂ menggunakan INVOS® dilakukan kembali setelah tindakan pembedahan selesai di ICU (T1). INVOS® adalah alat ukur saturasi oksigen otak. Pasien dipersiapkan dengan premedikasi, sedasi, dan induksi sesuai dengan prosedur intubasi dimana akan diberikan dengan dosis sebagai berikut: sulfas atrophin 0,2 mg/kgBB, midazolam 0,7 mg/kgB, fentanil 2 mcg/kgBB, propofol 2 mg/kgBB, rocuronium 1 mg/kgBB. Dilakukan penilaian terhadap perbandingan rSO₂ sebelum dengan sesudah tindakan pembedahan dan dilakukan analisis statistik menggunakan SPSS versi 23.

Hasil

Gambaran umum karakteristik sampel pada penelitian, yaitu sampel terdiri atas 12 subjek penelitian dengan proporsi jenis kelamin laki-laki 3 dari 12 orang, sedangkan perempuan 9 dari 12 orang. Rerata usia subjek penelitian

Tabel 1 Karakteristik Hemodinamik Preoperasi

Karakteristik Hemodinamik	Rerata±SD
Sistole (rerata±SD)	149,91±14,06
Diastole (rerata±SD)	87,25±6,31
Denyut Jantung (rerata±SD)	91,58±14,65
GCS	14,16±0,83
Pupil (n)	
Isokor	12
Anisokor	0

Tabel 2 Karakteristik Hemodinamik Pascaoperasi

Karakteristik	Rerata±SD
Sistole	134,25±15,59
Diastole	81,66±10,21
Denyut jantung	89,58±14,71
GCS	14,16±0,83
Pupil (n)	
Isokor	12
Anisokor	0

sebesar 45,83± 9,3tahun.

Berikut ini adalah gambaran karakteristik hemodinamik preoperasi yang dijelaskan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, karakteristik sampel berdasarkan hemodinamik sebelum operasi didapatkan sistole rerata sebesar 149,91±14,06, dengan karakteristik diastole rerata sebesar 87,25±6,31, sedangkan pada karakteristik berdasarkan denyut jantung rerata sebesar 91,58±14,65. Pada penelitian ini didapatkan pasien praoperasi dengan GCS nilai rerata 14,16±0,83. Pada pemeriksaan pupil semua sampel didapatkan dengan pupil isokor, yaitu semuanya 12 orang.

Berikut ini adalah gambaran karakteristik hemodinamik pascaoperasi yang dijelaskan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, karakteristik sampel berdasarkan hemodinamik sesudah operasi didapatkan sistole rerata sebesar 134,25±15,59, dengan karakteristik diastole rerata sebesar 81,66±10,21, dan pada karakteristik berdasarkan denyut jantung rerata sebesar 89,58±14,71. Pada pemeriksaan pascaoperasi didapatkan GCS nilai rerata 14,16±0,83. Pada pemeriksaan pupil semua sampel didapatkan dengan pupil isokor, yaitu 12 (100%).

Berikut ini adalah gambaran karakteristik

rSO₂ praoperasi yang dijelaskan pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3, karakteristik sampel didapatkan berdasarkan rSO₂ sebelum operasi kraniotomi didapatkan rerata sebesar 64,50±2,98 pada kanan dan kiri didapatkan rerata sebesar 62,58±3,17.

Berikut ini adalah gambaran karakteristik rSO₂ pascakraniotomi yang dijelaskan pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, karakteristik sampel didapatkan berdasarkan rSO₂ setelah operasi kraniotomi didapatkan rerata sebesar 71,58±2,31 pada kanan dan kiri didapatkan rerata sebesar 70,25±3,52.

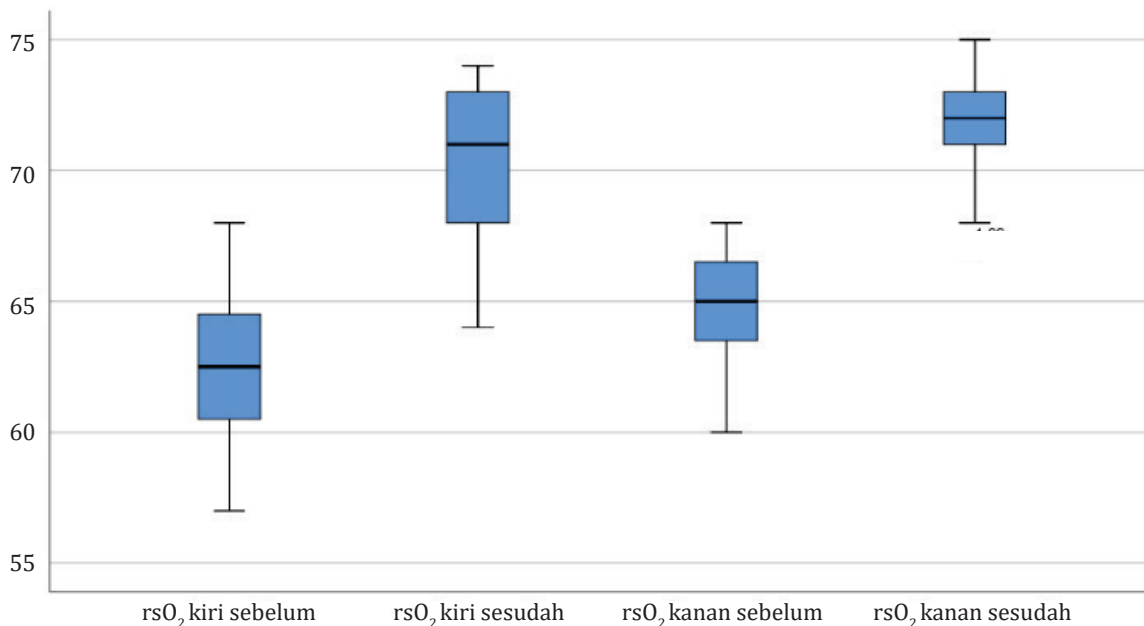
Berikut ini gambaran karakteristik rSO₂ pre dan pascakraniotomi yang dijelaskan pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5, karakteristik sampel didapatkan berdasarkan rSO₂ kanan rerata sebesar 64,50±1,90 dan rSO₂ kanan sesudah pada penelitian ini didapati rerata sebesar 71,58±1,71 didapatkan nilai <0,05. Hal ini berarti secara statistik terdapat perbedaan bermakna antara rSO₂ kanan pre dan pascaoperasi.

Pembahasan

Pada umumnya, pengukuran oksigenasi otak, yaitu rSO₂ bergantung terhadap prinsip

Tabel 3 Karakteristik Saturasi Oksigen Serebral (rSO₂) Preoperasi

Saturasi Oksigen Serebral (rSO ₂)	Rerata±SD
rSO ₂ kanan	64,50±2,98
rSO ₂ kiri	62,58±3,17



Gambar 1 Grafik Karakteristik Saturasi Oksigen Serebral (rSO₂)

Fick: $rSO_2 = SaO_2 - CMRO_2 / (1,34 \times Hb \times CBF)$
 (SaO₂: arterial oxygen saturation, CMRO₂: cerebral oxygen metabolic ratio, Hb: Hemoglobin). CMRO₂ bergantung pada suhu tubuh dan derajat keparahan iskemik otak. $CBF = k \times ((MAP - TIK) \times d^4) / (L \times \mu)$ (k: konstanta, MAP: mean arterial pressure, TIK: intracranial pressure, d: diameter pembuluh darah otak, μ : blood viscosity, L: panjang pembuluh darah). Sementara itu diameter pembuluh darah di otak diregulasi oleh tekanan arterial karbondioksida dan viskositas dipengaruhi oleh Hb. Dari sini dapat disimpulkan bahwa hal yang berpengaruh terhadap rSO₂ adalah SaO₂, derajat iskemik otak, suhu tubuh, MAP, TIK, dan Hb. Pada penelitian ini, peneliti hanya mengambil data berupa tekanan sistole, diastole, denyut jantung, beserta rSO₂ pra dan pascapembedahan kraniotomi tumor removal.

Pada penelitian ini didapatkan karakteristik sampel terdiri atas 12 subjek penelitian dengan proporsi laki-laki 3 dan perempuan 9 subjek. Rerata usia subjek penelitian sebesar 45,83 ± 9,3 tahun. Perawatan kesehatan yang diperlukan pascatindakan kraniotomi berupa proses perawatan intensif dengan banyak sumber daya, dan sifatnya jangka panjang. Faktor-faktor di luar pengaturan perawatan kesehatan formal seperti determinan sosial kesehatan misal faktor politik, sosial ekonomi, dan lingkungan yang membentuk akses, perawatan, dan hasil kesehatan dapat memengaruhi hasil jangka pendek serta jangka panjang.

Sesuai dengan laporan penelitian tahun 2020, total 304.719 rawat inap nasional untuk kraniotomi tumor otak, sedangkan dari tahun 2002 hingga 2011 dianalisis usia rerata adalah

Tabel 4 Karakteristik rSO₂ Pascakraniotomi

n Serebral (rSO ₂)	Rerata ± SD
rsO ₂ kanan	71,58 ± 2,31
rsO ₂ kiri	70,25 ± 3,52

Tabel 5 Karakteristik Saturasi Oksigen Serebral (rSO₂)

Variabel Penelitian	Rerata±SEM Preoperasi	Rerata±SEM Pascaoperasi	Nilai P
rSo2 Kanan	64,50±1,90	71,58±1,71	0,001
rSo2 Kiri	62,58±2,05	70,25±1,73	0,001

56,1 tahun (standar deviasi [SD]=14,8), dan kebanyakan pasien adalah perempuan.¹⁰

Populasi yang semakin tua meningkat pesat di seluruh dunia. Penelitian yang dilakukan tahun 2021 baru-baru ini melaporkan bahwa tingkat kejadian TBI geriatri telah meningkat di Finlandia, meskipun kematian secara keseluruhan tetap stabil dan tingkat semua operasi bedah saraf akut telah menurun untuk pasien berusia >70 tahun.¹¹

Karakteristik sampel pada penelitian ini berdasarkan hemodinamik sebelum operasi di dapatkan sistole rerata 149,91±14,06, setelah operasi 134,25±15,59, dengan karakteristik diastole rerata sebesar 87,25±6,31, sesudah operasi ialah 81,66±10,21 dan pada karakteristik berdasarkan denyut jantung rerata sebesar 91,58±14,65, sesudah operasi ialah 89,58±14,71. Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang mengukur respons hemodinamik, termasuk denyut nadi, tekanan darah, dan saturasi oksigen. Pada penelitian tersebut dilakukan penilaian hemodinamik pada menit 1, 2, 3, 4, dan 5 dan tidak ditemukan perbedaan hemodinamik antara kedua kelompok ($p>0,05$). Namun, denyut nadi dan tekanan darah cenderung meningkat pada pemberian obat intravena dibanding dengan pemberian lokal/spray pada 5 menit pertama pemberian obat.¹²

Berdasarkan Tabel 3, karakteristik sampel didapatkan berdasarkan rSO₂ kanan rerata sebesar 64,50±2,98 dan rSO₂ sesudah operasi pada penelitian ini didapati rerata sebesar 71,58 ± 2.31 didapatkan nilai $p<0,005$, secara statistik terdapat perbedaan bermakna antara rSO₂ sebelum dan sesudah operasi. Pada suatu penelitian yang melibatkan 12 pasien dengan *cerebral venous thrombosis*, rSO₂ ipsilateral lebih rendah dibanding dengan

rSO₂ kontralateral sebelum operasi (masing-masing 59,4±6,3 vs 65,2±6,7; $P=0,004$). Setelah kraniotomi terdapat peningkatan rSO₂ ipsilateral yang signifikan. Nilai rSO₂ pada pemantauan tampak meningkat lebih lanjut selama 2 hari berikutnya. Nilai rSO₂ pada sisi kontralateral (normal) tidak berbeda secara signifikan setelah kraniotomi. Pada penelitian lainnya tampak peningkatan nilai rSO₂ pada pemantauan selama 1 minggu setelah selesai operasi.¹³ Hal ini menunjukkan adanya korelasi antara PaO₂, PaCO₂, *systolic blood pressure*, dan hemoglobin dengan rSO₂.¹⁴ Terdapat berbagai faktor yang berpengaruh dalam menentukan luaran pada kasus cedera kepala traumatik berat. Pencegahan cedera otak sekunder tetap menjadi tujuan penting pada kasus seperti ini. Pencegahan cedera otak sekunder antara lain dapat dicapai dengan menjaga tekanan darah dan oksigenasi jaringan pada pasien. Prediktor hasil yang umum digunakan baik secara individu atau kombinasi meliputi usia, skor GCS, reaktivitas pupil, hipoksia dini, hipotensi, refleks batang otak, dan temuan CT Scan.¹⁵ rSO₂ pada sisi kontralateral (normal) tidak berbeda secara signifikan setelah kraniotomi. Tidak didapatkan korelasi antara PaO₂, PaCO₂, *systolic blood p cressure*, dan hemoglobin dengan rSO₂. Kurang korelasi antara berbagai variabel sistemik dan rSO₂ menunjukkan bahwa kraniotomi secara independen berkontribusi terhadap peningkatan rSO₂. Penurunan TIK dan peningkatan berikutnya perfusi serebral setelah kraniotomi dapat berkontribusi pada peningkatan rSO₂.¹⁴

Pada penelitian sebelumnya pada tahun 2019 ditemukan pasien yang menjalani tindakan operatif dengan berbagai tindakan dengan hasil terdapat penurunan saturasi regional otak pascatindakan operatif.¹⁵ Hal

yang sama juga ditemukan pada penelitian lain yang melihat angka delirium pascaoperasi yang didapatkan bahwa pasien yang mengalami delirium dan yang tidak mengalami delirium memiliki angka rSO_2 yang tidak berbeda.¹⁶

Pada penelitian sebelumnya menjelaskan tujuan utama anestesi dalam prosedur bedah saraf darurat adalah pemeliharaan stabilitas hemodinamik, tekanan perfusi serebral optimal (CPP) (60–70 mmHg), dan menurunkan TIK. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa kejadian hipotensi (didefinisikan sebagai MAP <60 mm Hg) lebih tinggi pada pasien yang dianestesi dengan sevofluran. Hal ini karena penilaian hemodinamik berupa HR, MAP, SBP, dan DBP tidak dapat mencerminkan status hemodinamik yang sebenarnya.

Pada penelitian lain dijelaskan bahwa nilai rSO_2 berhubungan lurus dengan nilai hemodinamik pasien dan dapat menjadi alat untuk mendeteksi dini gangguan hemodinamik selama tindakan.¹⁷ Hal serupa juga dinyatakan pada penelitian lain nya, bahwa nilai rSO_2 pada pasien yang mendapatkan induksi ketamin dan propofol berbanding lurus dengan nilai hemodinamik pasien.¹⁸

Namun, peneliti tidak menemukan jenis studi yang sama dalam membandingkan rSO_2 pada operasi kraniotomi sehingga belum ada studi pembandingan terhadap penelitian ini secara langsung. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut dengan melakukan perbandingan rSO_2 pra dan pascapembedahan kraniotomi *tumor removal*, serta menilai seluruh komponen yang dapat memengaruhi oksigenasi otak.

Simpulan

Terdapat peningkatan yang bermakna rerata rSO_2 pra dan pascatindakan kraniotomi *tumor removal* di RSUP Haji Adam Malik Medan. Operasi bagian bedah saraf yang meliputi kraniotomi dapat berpengaruh terhadap rSO_2 karena pasien bedah saraf memiliki TIK yang tinggi yang juga dapat memengaruhi nilai rSO_2 dan setelah TIK itu dikurangi perfusi serebri akan meningkat yang juga akan meningkatkan rSO_2 . Tidak ditemukan tanda peningkatan

tekanan intrakranial pada pasien kraniotomi tumor removal.

Daftar Pustaka

1. Tameem A, Krovvidi H. Cerebral physiology. Continuing Education in anaesthesia. Crit Care Pain. 2013;13(4):113–8.
2. Lonjaret L, Guyonnet M, Berard E, Vironneau M, Peres F, Sacrista S, dkk. Postoperative complications after craniotomy for brain tumor surgery. Anaesthesia Crit Care Pain Med. 2017;36(4):213.
3. Pellicer A, Bravo M del C. Near-infrared spectroscopy: a methodology-focused review. Semin Fetal Neonatal Med. 2018 Feb;16(1):42–9.
4. Willie CK, Tzeng YC, Fisher JA, Ainslie PN. Integrative regulation of human brain blood flow. J Physiol 2014 Feb 28;592(5):841–59.
5. Chen N, Lu J. Meta-analysis of the correlation between postoperative cognitive dysfunction and intraoperative cerebral oxygen saturation. 2022;2022:3731959.
6. Maslehaty H, Krause-Titz U, Petridis AK, Barth H, Mehdorn HM. Continuous measurement of cerebral oxygenation with near-infrared spectroscopy after spontaneous subarachnoid hemorrhage. ISRN Neurolog. 2012 Nov 14;2012:907187.
7. Mokhtari M, Amirdosara M, Goharani R, Zangi M, Tafrishinejad A, Nashibi M, dkk. The predictive power of near-infrared spectroscopy in improving cognitive problems in patients undergoing brain surgeries: a systematic review. Anesthesiology and Pain Medicine. 2022 Mar 6;12(1): e116637.
8. Cottrell JE, Young WL. Cottrell and Young's Neuroanesthesia. Philadelphia: Elsevier Health Sciences; 2017:43-46.
9. Fernández-de Thomas RJ, De Jesus O. Craniotomy [Internet]. PubMed. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. [diunduh: 15 April 2023]. Tersedia dari: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32809757/>.
10. Pellicer A, Bravo M del C. Near-infrared

- spectroscopy: A methodology-focused review. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2018;16(1):42–9.
11. Purves. *Neuroscience Edisi ke-6.* Oxford: Oxford University Press, USA; 2017.
 12. Willie CK, Tzeng YC, Fisher JA, Ainslie PN. Integrative regulation of human brain blood flow. *J Physiol.* 2014;592(5):841–59.
 13. Tang OY, Perla, Lim RK, Weil RJ, Toms SA. The impact of hospital safety-net status on inpatient outcomes for brain tumor craniotomy: a 10-year nationwide analysis. *Neuro-Oncol Advances.* 2021;3(1):vdaa167.
 14. Posti JP, Luoto TM, Päivi Rautava, Ville Kytö. Mortality after trauma craniotomy is decreasing in older adults—a nationwide Population- Based Study. *World Neurosurg.* 2021;152:e313–20.
 15. Ayele TT, Gemechu AD, Asres AW, Zewdu D, Negash TT. Effect of intravenous versus intratracheal lidocaine on airway and hemodynamic responses during extubation after thyroid surgery. A prospective cohort study. *Int Jof Surg Open.* 2022;44:100502.
 16. Venkateswaran P, Sriganesh K, Chakrabarti D, Srinivas DB, Rao GSU. Regional cerebral oxygen saturation changes after decompressive craniectomy for malignant cerebral venous thrombosis: a prospective cohort study. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2019;31(2):241–6.
 17. Booth E, Dukatz C, Ausman JI, Wider MD. Cerebral and somatic venous oximetry in adults and infants. *Surg Neurol Int.* 2010;1(1):75–5.
 18. Nour MS, Dabbagh A, Fani K. Comparative assessment of propofol and ketamine on hemodynamic indices and cerebral oximetry of pediatric patients undergoing cardiac catheterization. *Anesthesia Pain Med.* 2022;12(6):e128763.