

Perbandingan Nilai Prognostik *Optical Nerve Sheath Diameter*, *Transcranial Doppler Pulsatility Index*, dan Skor APACHE II terhadap Mortalitas di Ruang Intensif pada Pasien Pascabedah Otak

Radian Ahmad Halimi, Reza Widiyanto Sudjud, Indriasari

Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif Fakultas Kedokteran
Universitas Padjadjaran/RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung, Indonesia

Abstrak

Skor *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II* (APACHE II) merupakan alat yang umum digunakan untuk menilai tingkat keparahan penyakit dan memprediksi mortalitas pasien di unit perawatan intensif (ICU), termasuk pasien bedah saraf. Pemeriksaan *optic nerve sheath diameter* (ONSD) dan *transcranial doppler pulsatility index* (TCD-PI) telah dikembangkan sebagai alat pemantauan noninvasif untuk mendeteksi komplikasi dan memperkirakan risiko kematian pada pasien dengan gangguan sistem saraf pusat. Penelitian ini merupakan studi observasional analitik prospektif yang bertujuan membandingkan nilai prediktif ONSD, TCD-PI, dan skor APACHE II terhadap mortalitas pasien pascabedah otak di ICU. Sebanyak 36 pasien diikutsertakan, dengan pemeriksaan dilakukan 12–24 jam setelah pembedahan. Analisis menggunakan *area under the receiver operating characteristic curve* (AUROC) dilakukan untuk menilai kemampuan diskriminatif tiap-tiap variabel. Hasil menunjukkan bahwa ONSD memiliki AUROC tertinggi (0,824), dibanding dengan TCD-PI (0,786) dan skor APACHE II (0,808). Uji statistik DeLong menunjukkan bahwa ONSD secara signifikan lebih baik dibanding dengan TCD-PI ($p=0,01$), namun tidak berbeda bermakna dibanding dengan APACHE II ($p=0,12$). Simpulan, ONSD menunjukkan nilai prognostik yang lebih baik dalam memprediksi mortalitas pasien pascabedah otak dibandingkan TCD-PI dan setara dengan skor APACHE II.

Kata kunci: APACHE II, mortalitas, ONSD, TCD-PI, ICU

Comparison of the Prognostic Value of Optic Nerve Sheath Diameter, Transcranial Doppler Pulsatility Index, and APACHE II Score on Mortality in Post-Craniotomy ICU Patients

Abstract

The Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II (APACHE II) scoring system is widely used in intensive care units (ICUs) to assess disease severity and predict mortality. Recently, non-invasive methods such as optic nerve sheath diameter (ONSD) and transcranial Doppler pulsatility index (TCD-PI) have been proposed as alternative tools to monitor complications and estimate prognosis in critically ill patients with central nervous system involvement. This prospective analytical observational study aimed to compare the prognostic value of ONSD, TCD-PI, and the APACHE II score in predicting mortality among post-craniotomy patients in the ICU. A total of 36 patients were enrolled. All three parameters were assessed 12–24 hours postoperatively. Prognostic performance was evaluated using the area under the receiver operating characteristic curve (AUROC). Results showed that ONSD had the highest AUROC value (0.824), followed by APACHE II (0.808) and TCD-PI (0.786). Using DeLong's test, ONSD was found to be statistically superior to TCD-PI ($p=0.01$), but not significantly different from APACHE II ($p=0.12$). Conclusion, ONSD demonstrated the highest prognostic accuracy in predicting mortality among post-craniotomy ICU patients, outperforming TCD-PI and showing comparable predictive value to the APACHE II score.

Keywords: Acute physiologic and chronic health evaluation (APACHE II); mortality; optic nerve sheath diameter (ONSD); transcranial doppler pulsatility index (TCD-PI)

Korespondensi: Radian Ahmad Halimi dr., SpAn, Subsp.N.An (K), Subsp.T.I. (K). Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif Fakultas Kedokteran Universitas Padjadjaran/RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung, Indonesia. Jl, Pasteur No. 38 Bandung, Jawa Barat Indonesia, E-mail: radianhalimi@gmail.com

Pendahuluan

Berdasarkan data multisenter nasional, pasien yang menjalani operasi bedah otak memiliki risiko kematian perioperatif lebih tinggi dibanding dengan rerata mortalitas pasien lainnya. Tingginya mortalitas pasien pascaoperasi bedah otak ini disebabkan oleh komplikasi yang mengancam jiwa seperti hematoma serebral, status epileptikus, dan kesulitan *weaning* dari ventilasi mekanis.¹

Sistem penilaian prediktif (*predictive scoring system*) merupakan alat yang digunakan untuk menilai keparahan penyakit dan memperkirakan prognosis (mortalitas) pasien di ICU.² Alat ini digunakan untuk mengklasifikasikan risiko, mengantisipasi luaran pasien, serta meningkatkan aktivitas klinis lainnya.³ Skor *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation* II (APACHE II) secara luas digunakan untuk menilai keparahan penyakit dan memprediksi mortalitas pasien di ICU. Namun penilaian fungsi neurologis pada skor APACHE II hanya menggunakan tingkat kesadaran dengan variabel GCS sehingga penilaian fungsi batang otak sulit dilakukan. Selain itu, prediksi risiko mortalitas menggunakan skor APACHE II mengalami *overestimated* dan *underestimated*.^{4,5}

Pemeriksaan ultrasonografi (USG) telah terbukti bermanfaat di unit gawat darurat dan perawatan neurointensif untuk menilai peningkatan tekanan intrakranial (TIK), autoregulasi otak, diagnosis hematoma intrakranial dan *space-occupying lesions*. Berbagai penelitian melaporkan manfaat pemeriksaan *optic nerve sheath diameter* (ONSD) dan *transcranial doppler pulsatility index* (TCD-PI) sebagai alat pemantauan non-invasif yang dapat dilakukan *bed-side* untuk mendeteksi peningkatan TIK, prediktor komplikasi hingga mortalitas pada pasien kritis.⁶

Hingga saat ini, belum terdapat penelitian di Indonesia yang membandingkan nilai prediksi pemeriksaan ultrasonografi otak dengan sistem penilaian klinis, seperti skor APACHE II, terhadap mortalitas pasien pascabedah saraf di unit perawatan intensif.

Subjek dan Metode

Penelitian ini merupakan studi prospektif observasional analitik kohort yang membandingkan pemeriksaan ONSD, TCD-PI dan skor APACHE II sebagai prediktor mortalitas pada pasien pascabedah otak yang dirawat di ICU Rumah Sakit Hasan Sadikin Bandung. Kriteria inklusi penelitian ini adalah pasien ICU usia ≥ 18 tahun yang dilakukan operasi bedah otak kraniotomi.

Kriteria eksklusi mencakup pasien yang tidak dapat dilakukan pemeriksaan ONSD atau TCD-PI (misalnya akibat luka pada area pemeriksaan atau tertutup balutan kasa), pasien dengan aritmia, penyakit katup jantung, sklerosis vaskular, *optic neuritis*, *optic nerve glioma*, *meningioma*, inflamasi dan edema okular, atau vasospasme serebral. Kriteria *drop out* ditetapkan apabila pemeriksaan ONSD atau TCD-PI tidak tampak jelas (*poor image*) atau pasien meninggal sebelum 24 jam perawatan di ICU.

Penentuan besar sampel menggunakan rumus besar sampel untuk uji prognostik dengan luaran *area under curve* (AUC), kesalahan tipe I ditetapkan sebesar 5% ($=1,64$), dengan kesalahan tipe II sebesar 10% (Z). Berdasarkan perhitungan maka jumlah sampel yang diperlukan untuk menguji hipotesis dalam penelitian ini sebanyak 36 pasien.

Penelitian ini dilakukan di ICU RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung pada bulan Februari hingga Mei 2024 setelah mendapat persetujuan dari Komite Etik Penelitian Kesehatan RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung (No. DP.04.03/D. XIV.6.5/107/2024).

Pemeriksaan ONSD, TCD-PI dan penilaian skor APACHE II pada 12–24 jam pascabedah ketika kondisi hemodinamik pasien stabil. Setiap pemeriksaan dilakukan sebanyak 10 kali pada MCA kanan dan kiri dengan syarat kondisi hemodinamik pasien stabil, yang kemudian nilai PI tertinggi yang akan diambil sebagai data penelitian. Pemeriksaan ONSD dan TCD-PI dilakukan oleh pemeriksa ultrasonographer independen yang berkompeten dengan pengalaman melakukan

USG otak lebih dari 2 tahun dengan terbiasa melakukan USG 2 pasien perhari. Pasien kemudian diobservasi sampai keluar dari ICU. Nilai ONSD, TCD-PI, skor APACHE II dan data mortalitas ICU dicatat dalam lembar penelitian. Selanjutnya dilakukan analisis statistik untuk mendapatkan nilai prediktor pemeriksaan ONSD, TCD-PI dan skor APACHE II terhadap mortalitas ICU pada pasien pascabedah otak.

Analisa prognostik dilakukan menggunakan diskriminasi AUC dari *receiver operating characteristic* (AUROC) untuk mennilai prediksi tiap variabel terhadap mortalitas. Nilai *cut off* ditentukan menggunakan indeks Youden kemudian dihitung sensitivitas, spesifisitas tiap variabel. Interpretasi AUROC dibagi menjadi: 0,5–0,6 (tidak memiliki nilai diskriminasi/ *no discrimination*), 0,6–0,7 (buruk/*poor*), 0,7–0,8 (dapat diterima/*acceptable*), 0,8–0,9 (baik / *excellent*), >0,9 (sangat baik / *outstanding*).

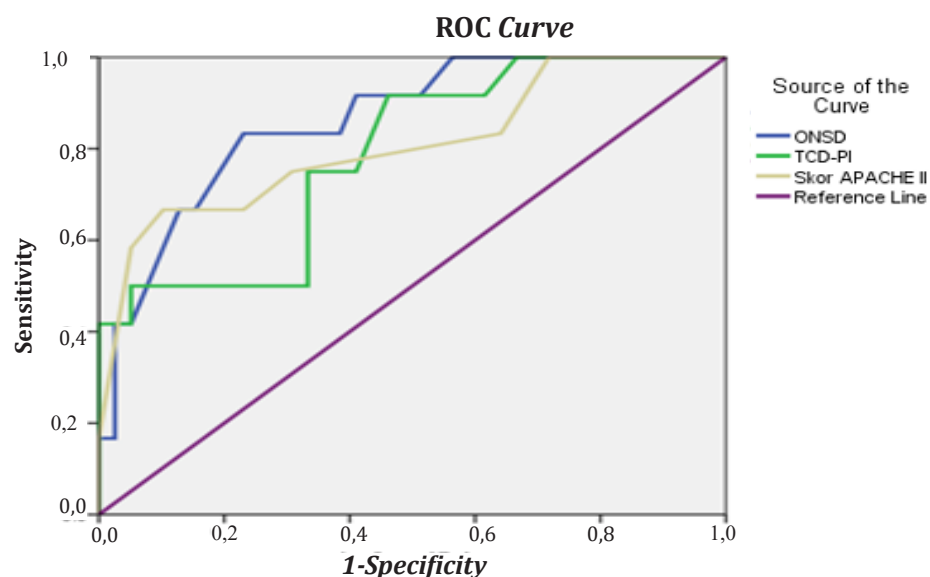
Perbandingan nilai AUROC antarvariabel dilakukan dengan analisis nonparametrik *DeLong's test*. Nilai $p \leq 0,05$ ditetapkan sebagai batas signifikansi. Analisis data menggunakan program Microsoft Excel 2021, SPSS 22.0 for windows dan Medcalc versi 15.0.

Hasil

Sebanyak 51 pasien pascabedah otak diikutsertakan dalam penelitian ini. Data yang dikumpulkan meliputi hasil pengukuran *optic nerve sheath diameter* (ONSD), transcranial Doppler pulsatility index (TCD-PI), skor *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation* II (APACHE II), catatan penilaian prabedah, penilaian praanestesia, rekam medis anestesia, dan rekam medis ICU.

Indikasi operasi bedah otak didapatkan 45,1% pasien tumor, 29,4% trauma dan 25,5% pasien dengan CVA. Dari seluruh subjek penelitian, sebanyak 25,5% pasien menjalani operasi kraniotomi tumor, 41,2% pasien menjalani operasi kraniotomi evakuasi hematoma, 7,8% pasien menjalani kraniektomi tumor, 13,7% pasien menjalani kraniektomi dekompresi dan 11,8% pasien menjalani operasi kraniotomi transphenoid. Penyebab kematian terhadap 12 pasien subjek penelitian yang meninggal di ICU antara lain sepsis (41,7%), pneumonia (25,0%) dan lesi intrakranial (33,3%) (Tabel 1).

Nilai AUROC (95% CI) mortalitas untuk



Gambar 1 Kurva ROC

Tabel 1 Karakteristik Subjek Penelitian

Karakteristik	Jumlah n (%)	Mean ($\pm$ SD)
Jenis Kelamin		
Laki-laki	25 (49,0)	
Perempuan	26 (51,0)	
Usia (tahun)		45,7 ($\pm$ 12,9)
Skor APACHE II		13,7 ($\pm$ 3,8)
Nilai ONSD (mm)		5,93 ($\pm$ 1,03)
Nilai TCD-PI		14,0 ($\pm$ 0,3)
Indikasi operasi		
Tumor	23 (45,1)	
Trauma	15 (29,4)	
CVA/stroke	13 (25,5)	
Jenis operasi		
Kraniotomi tumor	13 (25,5)	
Kraniotomi evakuasi hematoma	21 (41,2)	
Kraniektomi tumor	4 (7,8)	
Kraniektomi dekompresi	7 (13,7)	
Kraniotomi transphenoid	6 (11,8)	
Mortalitas		
Hidup	39 (76,5)	
Meninggal	12 (23,5)	
Penyebab mortalitas		
Intrakranial	4 (33,3)	
Sepsis	5 (41,7)	
Pneumonia	3 (25,0)	

Keterangan : Variabel kategorik dinyatakan dalam N (%); Variabel kontinu dinyatakan dalam nilai rerata (standar deviasi) dan median (rentang maksimum-minimum)

ONSD adalah 0,824, TCD-PI 0,786, dan skor APACHE II 0,808. Titik potong optimal ditentukan pada ONSD 6,15 mm, TCD-PI 1,41, dan skor APACHE II 16,5.

Pemeriksaan ONSD memiliki nilai deskriminasi yang baik (*excellent*) dalam memprediksi mortalitas ICU pada pasien pascabedah otak dengan sensitivitas 91,7% dan spesifisitas 59,0%. TCD-PI memiliki nilai deskriminasi yang cukup (*acceptable*) dengan 91,7% dan spesifisitas 53,8%. Sedangkan skor APACHE II memiliki nilai deskriminasi yang

baik (*excellent*) dengan AUROC 66,7% dan spesifisitas 89,7% (Tabel 2).

Analisis tabel 2x2 menunjukkan bahwa pasien dengan ONSD $\geq$ 6,15 mm memiliki risiko mortalitas lebih tinggi di ICU (RR=1,62; p=0,034) dibanding dengan pasien ONSD <6,15 mm. Pasien pascabedah otak dengan nilai TCD-PI $\geq$ 1,41 memiliki risiko relatif lebih tinggi terhadap mortalitas di ruang intensif (RR=1,54) dibanding dengan pasien dengan nilai TCD-PI <1,41 (p=0,027). Sedangkan pasien pascabedah otak dengan skor

Tabel 2 Performa Prediktor Mortalitas

Sistem Skor	AUROC (95 % CI)	Sensitivitas	Spesifisitas	Nilai <i>Cut-off</i>	<i>Relative risk</i>	Nilai P
APACHE II	0,808 (0,651–0,964)	66,7%	89,7%	16,5	2,67	< 0,001
TCD-PI	0,786 (0,642–0,931)	91,7%	53,8%	1,41	1,54	0,027
ONSD	0,824 (0,740–0,959)	91,7%	59,0%	6,15	1,62	0,034

Keterangan: Performa prediktor dianalisis menggunakan kurva ROC. Nilai *cut-off* ditentukan menggunakan Youden Indeks dari kurva AUC. Relative risk (RR) dianalisis menggunakan tabel 2x2. Uji non-parametrik Chi Square

APACHE II $\geq 16,5$ memiliki risiko relatif lebih tinggi terhadap mortalitas di ruang intensif (RR=2,67) dibandingkan pasien dengan skor APACHE II $< 16,5$ ($p < 0,001$) (Tabel 2).

Perbandingan nilai diskriminasi antarvariabel menggunakan DeLong's test menunjukkan bahwa ONSD lebih baik secara statistik dibandingkan dengan TCD-PI ($p = 0,01$), tetapi tidak berbeda bermakna dibandingkan dengan skor APACHE II ($p = 0,12$). Skor APACHE II lebih baik dibanding dengan TCD-PI, meskipun tidak signifikan secara statistik ($p = 0,37$) (Gambar 1, Tabel 3).

Pembahasan

Rerata skor APACHE II pada seluruh subjek penelitian ini adalah $13,7 (\pm 3,8)$. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan rerata skor APACHE II pada pasien bedah otak sebesar $13,68 \pm 4,34$.¹⁰ Skor APACHE II yang rendah didapatkan pada kedua penelitian ini dikarenakan pasien-pasien yang menjalani operasi bedah otak cenderung dalam kondisi preoperatif yang fisiologis (tanpa gangguan sistemik yang berat).

Rerata nilai *optic nerve sheath diameter* (ONSD) pada seluruh subjek penelitian adalah 6,15 mm, sedangkan rerata nilai TCD-PI pada seluruh subjek penelitian ini adalah 1,40. Penelitian lain melaporkan nilai *cut off* optimal ONSD > 7 mm memiliki sensitivitas 85% dan spesifisitas 74% ($p < 0,01$).⁷ Penelitian lainnya menemukan bahwa ONSD $> 5,5$ mm dapat memprediksi peningkatan TIK pada pasien stroke hemoragik.⁸ Nilai ONSD dapat memprediksi prognosis awal pasien stroke dan ditemukan bahwa ONSD pada kelompok *non-survive* dan kelompok *survive* masing-masing adalah $5,5 \pm 0,4$ dan $4,4 \pm 0,5$ mm.⁹ Penelitian mengenai *pulsatility index* (PI) juga pernah dilaporkan dengan nilai *cut off* terbaik untuk $PI > 1,36$ (sensitivitas 81,8% dan spesifisitas 78,6%).¹⁰

Pada penelitian ini, penyebab kematian pasien pascabedah otak meliputi sepsis, pneumonia, serta lesi intrakranial itu sendiri. Hasil ini menunjukkan bahwa kematian pada pasien pascabedah otak memang tidak selalu disebabkan secara langsung oleh adanya gangguan atau lesi intrakranial. Komplikasi yang terjadi selama perawatan di ICU yang

Tabel 3 Perbandingan Nilai Prognostik TCD-PI, ONSD dan APACHE II terhadap Mortalitas

Sistem Skor	AUC-ROC	Nilai P
TCD-PI vs APACHE II	0,786 vs 0,808	0,037
ONSD vs APACHE II	0,824 vs 0,808	0,012
TCD-PI vs ONSD	0,786 vs 0,824	0,007

Keterangan: Perbandingan kurva AUC-ROC dianalisis menggunakan uji non-parametrik Delong's Test

menyebabkan kematian pada pasien seperti sepsis dan pneumonia dapat terjadi oleh karena perawatan serta penggunaan ventilasi mekanik jangka panjang. Pemanjangan durasi perawatan ICU dan ventilasi mekanik meningkatkan risiko komplikasi seperti *ventilator associated pneumonia* (VAP), kelemahan otot dan delirium pada pasien kritis.¹¹ Hal tersebut terjadi karena pasien mengalami gangguan status neurologis pascaoperasi akibat peningkatan TIK atau kelainan intrakranial lainnya.

Pasien pascabedah otak dengan nilai ONSD $\geq 6,15$ mm memiliki risiko kematian yang lebih tinggi hingga 1,62 kali lipat dibanding dengan nilai $\text{ONSD} < 6,15$ mm ($\text{rr}=1,62$). Pasien dengan $\text{TCD-PI} \geq 1,41$ memiliki risiko kematian yang lebih tinggi hingga 1,54 kali lipat dibanding dengan nilai $\text{TCD-PI} < 1,41$ ($\text{rr}=1,54$). Pemeriksaan ONSD dan TCD-PI mencerminkan TIK pada pasien pascabedah otak. Peningkatan TIK adalah cedera sekunder penting yang dapat dimodifikasi yang telah dikaitkan dengan hasil yang lebih buruk pada pasien cedera otak. Setelah cedera otak, COMPLIANS intrakranial dapat menurun akibat edema otak atau lesi desak ruang, yang pada akhirnya mengakibatkan peningkatan TIK. Selanjutnya, tekanan perfusi otak menurun sehingga mengakibatkan pengiriman oksigen ke otak yang tidak memadai dan iskemia otak sekunder.¹²

Pasien dengan skor APACHE II $\geq 16,5$ memiliki mortalitas lebih tinggi dibandingkan dengan pasien dengan skor APACHE II $< 16,5$ *relative risk* yang tertinggi yakni 2,67.

Penelitian ini memperlihatkan keunggulan ONSD dibanding dengan skor APACHE II dalam memprediksi mortalitas ICU pada pasien bedah otak, hal ini dapat disebabkan karena sebagian pasien-pasien yang menjalani operasi bedah otak serta tidak memiliki kelainan sistemik berat sebelum dilakukan operasi. Hal ini ditunjukkan dari rendahnya rerata skor APACHE II. Meskipun sistem skor APACHE II sangat kuat dalam menentukan tingkat keparahan penyakit, namun sistem ini tidak cukup baik untuk dalam menentukan prognosis pasien dengan kelainan intrakranial

tanpa kelainan sistemik. Hal ini ditunjukkan dengan sensitivitas skor APACHE II dalam memprediksi mortalitas pasien pascabedah otak lebih rendah dari metode pemeriksaan ultrasonografi. Dalam skor APACHE II, status neurologis pasien hanya dapat dievaluasi dengan menggunakan GCS namun, komponen verbal GCS tidak dapat diuji pada pasien yang diintubasi. Selain itu, refleks batang otak dan pola pernapasan tidak dapat dievaluasi dengan GCS.¹³ Sebaliknya, skor APACHE II memiliki nilai spesifitas yang cukup tinggi yang menunjukkan pasien pascabedah otak yang tidak memiliki kelainan sistemik atau dengan kelainan sistemik ringan memiliki peluang hidup lebih besar daripada pasien dengan kelainan sistemik dan komorbid berat.

Berbeda halnya dengan ONSD, meskipun pemeriksaan TCD-PI dapat merepresentasikan TIK sebagai salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi luaran pasien cedera otak, nilainya sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti hemodinamik, irama jantung dan kadar hemoglobin. Hal tersebut menyebabkan kemampuan prognostik metode ini menjadi berkurang.

Penelitian ini juga menemukan bahwa pemeriksaan ultrasonografi (ONSD dan TCD-PI) memiliki sensitivitas cukup tinggi dalam memprediksi mortalitas pasien pascabedah otak rendahnya. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan tekanan intrakranial merupakan prediktor terhadap mortalitas pasien-pasien neurokritis terutama pascaoperasi bedah otak. Namun rendahnya spesifisitas kedua pemeriksaan ini dalam memprediksi mortalitas menunjukkan bahwa pasien pascabedah dengan tekanan intrakranial yang normal masih memiliki risiko kematian apabila terjadi komplikasi operasi maupun selama perawatan di ICU.

Keterbatasan penelitian ini adalah tidak dilakukannya homogenisasi berdasarkan indikasi operasi (tumor, trauma dan CVA). Selain itu, hasil pemeriksaan ONSD dan TCD-PI dapat memengaruhi keputusan terapi yang berpengaruh pada luaran pasien. Penelitian ini juga terbatas pada nilai ONSD dan TCD-PI tanpa menyertakan pemeriksaan invasif yang

merupakan baku standar pengukuran tekanan intrakranial.

Simpulan

Pemeriksaan ONSD memiliki nilai prognostik yang lebih baik dibanding dengan pemeriksaan APACHE II dan TCD-PI dalam memprediksi mortalitas ICU pada pasien pascabedah otak. Skor APACHE II memiliki nilai prognostik yang lebih baik dibanding dengan nilai skor TCD-PI terhadap mortalitas ICU pada pasien pascabedah otak.

Daftar Pustaka

1. De La Garza-Ramos R, Kerezoudis P, Tamargo RJ, Brem H, Huang J, Bydon M. Surgical complications following malignant brain tumor surgery: An analysis of 2002-2011 data. *Clin Neurol Neurosurg*. 2016;140:6–10. doi: 10.1016/j.clineuro.2015.11.005
2. Bahtouee M, Eghbali SS, Maleki N, Rastgou V, Motamed N. Use of the APACHE II Score for the assessment of outcome and mortality prediction in an Iranian Medical-Surgical Intensive Care Unit. *Arch Anesth Crit Care*. 2018;4(4):521–6.
3. Reponen E, Tuominen H, Korja M. Evidence for the use of preoperative risk assessment scores in elective cranial neurosurgery: A systematic review of the literature. *Anesth Analg*. 2014;119(2):420–32. doi: 10.1213/ANE.0000000000000234
4. Varghese YE, Kalaiselvan MS, Renuka MK, Arunkumar AS. Comparison of acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II) and acute physiology and chronic health evaluation IV (APACHE IV) severity of illness scoring system, in a multidisciplinary ICU. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2017;33(2):248–53. doi: 10.4103/0970-9185.209741
5. Akavipat P, Thinkhamrop J, Thinkhamrop B, Sriraj W. Acute physiology and chronic health evaluation (APACHE) II score – the clinical predictor in neurosurgical intensive care unit. *Acta Clin Croat*. 2019; 58(1): 50–6. doi: 10.20471/acc.2019.58.01.07
6. Ragauskas A, Bartusis L, Piper I, Zakelis R, Matijosaitis V, Petrikonis K, dkk. Improved diagnostic value of a TCD-based non-invasive ICP measurement method compared with sonographic ONSD method for detecting elevated intracranial pressure. *Neurol Res*. 2014;36(7):607–14. doi: .1179/1743132813Y.00000000308
7. Waheed S, Baig MA, Siddiqui E, Jamil D, Bashar M, Feroze A. Prognostic significance of optic nerve sheath diameter on computed tomography scan with severity of blunt traumatic brain injury in the emergency department. *J Pak Med Assoc*. 2018;68(2):268–71.
8. Vaiman M, Sigal T, Kimiagar I, Bekerman I. Noninvasive assessment of the intracranial pressure in non-traumatic intracranial hemorrhage. *J Clin Neurosci*. 2016;34:177–81. doi: 10.1016/j.jocn.2016.06.008
9. Lina Z, Qiuping H, Peijie H, Qi Z, Hui X, Ruilan W. Optic nerve sheath diameter and eyeball transverse diameter as a useful tool for the clinical prognosis in patients with stroke during hospitalization. *Zhonghua wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue*. 2019;31(10):1242–6. doi: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2019.10.012
10. Zaytoun T. Role of transcranial doppler ultrasound as a predictor of outcome in severe traumatic brain injury and its Correlation with Glasgow Coma Scale and full outline of unresponsiveness score. *Journal of Medical Science And Clinical Research*. 2017;05(04):20135–50. doi:10.18535/jmscr/v5i4.66
11. Loss SH, De Oliveira RP, Maccari JG, Savi A, Boniatti MM, Hetzel MP, dkk. The reality of patients requiring prolonged mechanical ventilation: A multicenter study. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2015;27(1):26–35. doi: 10.5935/0103-507X.20150006
12. Chen L, Wang L, Shi L, Chen H, Jiang X, Chen Q, dkk. Reliability of assessing non-severe elevation of intracranial pressure using optic nerve sheath diameter and transcranial doppler parameters. *Front Neurol*. 2019;10:1091–9. doi: 10.3389/

fneur.2019.01091

13. Gürsoy G, Gürsoy C, Kuşcu Y, Demirbilek SG. APACHE II or INCNS to predict mortality in traumatic brain injury: A retrospective

cohort study. *Ulusal Travma ve Acil Cerrahi Dergisi*. 2020;26(6):893–8. doi: 10.14744/tjtes.2020.22654