



Korelasi *Pulsatile Index* dan *Optic Nerve Sheath Diameter* terhadap Tekanan Intrakranial Pasien Preeklamsia: Studi Analitik Observasional

Mark Christsatya Bolla¹, Jeremy Jonathan¹, I Made Gede Widnyana¹

1. Departemen Anestesiologi dan Terapi Intensif, Universitas Udayana, Denpasar, Indonesia

Abstrak

Pendahuluan: Peningkatan tekanan intrakranial (TIK) menjadi pertimbangan penting dalam penanganan pasien preeklamsia. Manifestasi klinis peningkatan TIK pada preeklamsia sulit untuk dideteksi secara klinis, dan pemeriksaan baku emasnya memiliki keterbatasan. Adapun modalitas non-invasif yang memiliki potensi sebagai pengukuran TIK yaitu *pulsatile index* (PI) dengan *transcranial doppler* (TCD) dan *optic nerve sheath diameter* (ONSD). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi *pulsatile index* dengan ONSD terkait nilai TIK.

Pasien dan Metode: Penelitian ini merupakan penelitian analitik observasional potong lintang, melibatkan 29 subjek yang terbagi menjadi preeklamsia ringan (PER), preeklamsia dengan gejala berat tanpa gejala neurologis (PEB) dan PEB dengan gejala neurologis (PEBn).

Hasil: Pada ketiga kelompok tidak ditemukan adanya perbedaan variasi data demografis. Prevalensi peningkatan TIK menurut ONSD dan *pulsatile index* (PI) berturut-turut adalah 31% dan 20,7%. Perbedaan nilai rerata ONSD ketiga kelompok secara statistik tidak bermakna ($p = 0,134$), namun setelah dilakukan analisis Post-hoc, didapatkan perbedaan bermakna antara PER dan PEBn (CI -2,58-0,01 mm, $p = 0,048$). Rerata PI pada ketiga kelompok tidak berbeda bermakna ($p = 0,866$). Korelasi tekanan arteri rerata (TAR) baik terhadap ONSD ($p = 0,054$) dan PI ($p = 0,403$) tidak ditemukan bermakna. Pada studi ini didapatkan korelasi positif sedang antara TCD terhadap ONSD pada pasien dengan preeklamsia ($r = 0,657$, $p = 0,001$).

Kesimpulan: Pengukuran PI berpotensi untuk menjadi metode pengukuran TIK non-invasif selain ONSD. Studi lebih lanjut diperlukan untuk membandingkan antara pengukuran baku emas dengan TCD dan ONSD pada populasi preeklamsia.

Kata kunci: Peningkatan TIK, preeklamsia, ONSD, PI, TCD

Abstract

Introduction: Increased intracranial pressure (ICP) is an important consideration in the management of preeclampsia patients. The clinical manifestations of increased ICP in preeclampsia are difficult to detect clinically, and the gold standard examination has limitations. Non-invasive modalities with potential for ICP measurement include transcranial Doppler (TCD) and optic nerve sheath diameter (ONSD).

Patient and Methods: This study aims to determine the correlation between the *pulsatile index* (PI) and ONSD in relation to ICP values. This was a cross-sectional observational analytic study involving 29 subjects, divided into mild preeclampsia (PER), severe preeclampsia without neurological symptoms (PEB), and severe preeclampsia with neurological symptoms (PEBn).

Result: No significant differences in demographic data variations were found among the three groups. The prevalence of increased ICP according to ONSD and PI was 31% and 20.7%, respectively. The difference in mean ONSD values among the three groups was not statistically significant ($p = 0.134$). However, post-hoc analysis revealed a significant difference between PER and PEBn (CI -2.58—0.01 mm, $p = 0.048$). The mean PI among the three groups showed no significant difference ($p = 0.866$). No significant correlation was found between arterial resistance index (TAR) and ONSD ($p = 0.054$) or PI ($p = 0.403$).

Conclusion: This study found a moderate positive correlation between TCD and ONSD in preeclampsia patients. PI measurement has the potential to serve as a non-invasive ICP measurement method alongside ONSD. Further studies are needed to compare the gold standard measurement with TCD and ONSD in the preeclampsia population.

Keywords: Increased ICP, preeclampsia, ONSD, PI, TCD

Pendahuluan

Preeklamsia merupakan salah satu komplikasi pada kehamilan yang dapat menimbulkan morbiditas dan mortalitas baik pada ibu maupun janin. Salah satu komplikasi yang dapat terjadi adalah gangguan neurologis akibat peningkatan tekanan intrakranial (TIK). Evaluasi TIK sangat penting untuk mengenali dan mencegah komplikasi serius seperti edema serebri, stroke, dan ensefalopati hipertensif.¹ Peningkatan TIK membutuhkan pendekatan khusus dalam pemilihan tindakan anestesi serta pemilihan obat, dan penentuan aplikasi prinsip neuroanestesi dalam mengendalikan tekanan intrakranial. Deteksi peningkatan tekanan intrakranial pada preeklamsia sulit dideteksi karena gejala yang timbul bersifat subjektif dan tidak dikeluhkan oleh beberapa pasien.² Saat ini, metode invasif seperti kateter intraventrikular masih menjadi standar emas, tetapi memiliki risiko tinggi berupa infeksi dan perdarahan.

Pemantauan non-invasif menggunakan ultrasonografi *point of care ultrasonography* (POCUS) menjadi salah satu metode yang dapat digunakan mengingat pertimbangan biaya, bebas risiko, mudah tersedia, portabel serta sesuai untuk kasus baik darurat maupun rawat jalan. Salah satu pengukuran ultrasonografi yang digunakan untuk pengukuran TIK adalah *optic nerve sheath diameter*, yang merupakan perpanjangan langsung dari meningen.³ Adapun modalitas pemantauan non-invasif lainnya yaitu *transcranial doppler*. Pengukuran *transcranial doppler* (TCD) dapat digunakan untuk memperkirakan tekanan intrakranial melalui penilaian laju aliran darah otak sebagai gambaran dari hemodinamik serebrovaskuler. Baik POCUS maupun TCD memiliki kelemahannya masing-masing.

Pengukuran TCD memiliki beberapa kelemahan yaitu hambatan transmisi gelombang oleh tulang tengkorak, dan bayangan akustik yang adekuat untuk insonasi gelombang arteri kadang tidak bisa dicapai pada setiap individu. Modalitas *optic nerve sheath diameter* (ONSD) juga memiliki keterbatasan yaitu visualisasi ONS dipengaruhi oleh beberapa faktor non-

Alamat Korespondensi: dr. Mark Christsatya Bolla
Denpasar, Bali
markchristsatya@student.unud.ac.id

Tanggal Diajukan: 03-Apr-2025 Tanggal Revisi: 04-Apr-2025
Tanggal Diterima: 03-Apr-2025 Tanggal Terbit: 08-Apr-2025

intrakranial seperti gerakan bola mata, panjang aksial, myopia serta kanalis optikus.⁴ Hingga saat ini, studi yang membandingkan kedua teknik pengukuran diagnostik TIK populasi ibu hamil dengan preeklamsia masih belum dilakukan. Kedua modalitas non-invasif harus dipelajari lebih lanjut untuk mengetahui sensitivitas dan spesifisitas dalam mengevaluasi peningkatan TIK pada pasien preeklamsia.

Pasien dan Metode

Penelitian ini merupakan penelitian uji korelasi dengan desain penelitian potong lintang untuk mengetahui korelasi tekanan intrakranial non-invasif berdasarkan pemeriksaan TCD terhadap ONSD pada pasien preeklamsia di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah Denpasar. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah teknik *consecutive sampling*. Adapun kriteria inklusi studi ini: (1) pasien dengan usia kehamilan >20 minggu dengan preeklamsia, (2) pasien postpartum dengan preeklamsia; (3) pasien rawat inap yang terdiagnosis preeklamsia, (4) pasien ANC yang terdiagnosis preeklamsia. Kriteria eksklusi antara lain (1) pasien menolak; (2) riwayat hipertensi sebelumnya, (3) myopia ataupun trauma okuli, (4) adanya patologi intrakranial, (5) hemodinamik tidak stabil dengan topangan inotropik, (6) *poor ultrasound view*: hasil TCD tidak memuaskan karena gambaran *transtemporal window* yang tidak adekuat karena tulang temporal yang tebal, gambaran ONSD tidak adekuat karena adanya penebalan dinding periorbital, individu dengan bola mata yang kecil, atau adanya abnormalitas pada orbit. Untuk pemeriksaan ONSD, pasien diposisikan supinasi dan *headup* 30°. Pemeriksaan dilakukan sebanyak dua kali pengukuran pada setiap mata. Untuk pemeriksaan TCD, pasien akan diinstruksikan untuk melihat lurus ke depan dalam posisi berbaring. Alat USG akan diatur pada mode TCD, diletakkan di *acoustic windows transtemporal* kanan dan dilakukan

pengamatan *middle cerebral artery* (MCA). Setelah tampak gambaran gelombang aliran darah arteri MCA, dilakukan pengukuran panjang gelombang dari titik tertinggi berupa *peak systolic velocity* (PSV) ke titik terendah yaitu *end diastolic velocity* (EDV). Dari pengukuran tersebut akan tampak hasil berupa angka *mean flow velocity* (MFV), *pulsatility index* (PI), dan *resistive index* (RI). Data dan parameter yang terkumpul akan dikonversi berdasarkan rumus masing-masing menjadi nilai tekanan intrakranial non-invasif dan dilanjutkan uji statistik.

Hasil

Studi ini dilakukan pada 28 pasien yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Data yang dikumpulkan berupa karakteristik subjek penelitian (umur, paritas, umur kehamilan, berat badan, tinggi badan, indeks massa tubuh), pengukuran tekanan arteri rerata, ONSD, PI. Subjek penelitian terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu preeklamsia ringan, preeklamsia berat tanpa gejala neurologis, dan preeklamsia berat dengan gejala neurologis.

Tabel 1. Karakteristik Subjek Penelitian

Variabel	PER n = 10	PEB n = 10	PEBn n = 9	p
Demografis				
Umur (tahun)	31,6 ± 5,9	29,7 ± 7,1	28,6 ± 7,1	0,611*
Paritas				
Nullipara (0)	5 (50%)	5 (50%)	7 (78%)	0,386**
Multipara (≥1)	5 (50%)	5 (50%)	2 (22%)	
Umur kehamilan				
>37	9 (90%)	4 (40%)	6 (67%)	0,069**
20-37	1 (10%)	6 (60%)	3 (33%)	
BB (kg)	69,5 (10)	65,5 (21)	68 (10)	0,736**
TB (cm)	155 (7)	155 (6)	155 (6)	0,257**
IMT (kg/m ²)	28,9 (3,9)	28,1 (9,6)	28,7 (3,6)	0,817**
TAR, ONSD dan PI				
TAR (mmHg)	98,3 ± 4,2	110,1 ± 9,7	120,2 ± 19,2	0,003*
ONSD (mm)	4,82 ± 1,5	5,33 ± 1,4	6,12 ± 1,1	0,134*
PI	0,63 (0,21)	0,60 (0,49)	0,58 (0,86)	0,866**

*Uji ANOVA.

**Uji Kruskal-Wallis

Perbedaan distribusi data yang signifikan ditandai dengan nilai $p < 0,05$

Ditampilkan pada Tabel 1, tidak ditemukan perbedaan bermakna pada ketiga grup berdasarkan rerata umur, paritas, berat badan, tinggi badan, pada data umur, paritas, berat badan. Dari analisis data, didapatkan nilai tekanan arteri rerata (TAR) dan ONSD berdistribusi normal. Nilai TAR berbeda bermakna pada setiap kelompok (PER dengan

98,3 ± 4,2 mmHg, PEB dengan 110,1 ± 9,7 mmHg dan PEBn 120,2 ± 19,2 mmHg; $p < 0,003$).

Rerata ONSD berdasarkan kelompok

Tidak ditemukan perbedaan signifikan rerata nilai ONSD pada masing-masing kelompok (Tabel 2), namun setelah dilakukan analisis Post-hoc, ditemukan perbedaan signifikan rerata ONSD pada kelompok PER dan PEBn (Tabel 3).

Tabel 2. Prevalensi Peningkatan TIK berdasarkan ONSD

TIK	Kategori			Total	Nilai TIK _{ONSD}
	PER	PEB	PEBn		
Meningkat	2	3	4	9 (31%)	20,93 (7,83)
Normal	8	7	5	20 (69%)	11,20 (5,60)

Tabel 3. Hasil Analisis Post-hoc ONSD

Variabel	Perbedaan rerata	IK		p
		Minimum	Maksimum	
PER vs PEB	-0,51	-1,75	0,74	0,411
PER vs PEBn	-1,29	-2,58	-0,01	0,048*
PEB vs PEBn	-0,79	-2,07	0,49	0,218

Perbedaan distribusi data yang signifikan ditandai dengan nilai $p < 0,05$

Rerata PI berdasarkan kelompok

Prevalensi peningkatan TIK menurut PI (>1,2) adalah 20,7% (Tabel 4). Nilai TIK_{PI} pada pasien dengan peningkatan TIK adalah 20,19 (0,97) mmHg. Perbedaan nilai rerata PI masing-masing kelompok secara statistik tidak bermakna (Tabel 5).

Tabel 4. Prevalensi Peningkatan TIK berdasarkan PI

TIK	Kategori			Total	Nilai TIK _{PI}
	PER	PEB	PEBn		
Meningkat	1	2	3	6 (20,7%)	20,19 (0,97)
Normal	9	8	6	23 (79,3%)	15,27 (0,67)

Tabel 5. Hasil Analisis Post-hoc LSD PI

Variabel	Perbedaan rerata	IK		p
		Minimum	Maksimum	
PER vs PEB	-0,04	-0,45	0,37	0,847
PER vs PEBn	-1,46	-0,57	0,27	0,484
PEB vs PEBn	-1,07	-0,53	0,32	0,607

Perbedaan distribusi data yang signifikan ditandai dengan nilai $p < 0,05$

Hubungan TAR dengan PI dan ONSD

Nilai TAR memiliki korelasi sedang terhadap ONSD, namun secara statistik tidak signifikan ($r = 0,419$, $p = 0,054$). Sementara nilai TAR berkorelasi lemah terhadap PI dan tidak bermakna secara statistik ($r = 0,161$, $p = 0,403$) (Tabel 6).

Tabel 6. Korelasi Spearman TAR terhadap ONSD dan PI

Variabel		ONSD	PI
TAR	<i>r</i>	0,419	0,161*
	<i>p</i>	0,054*	0,403**

Perbedaan distribusi data yang signifikan ditandai dengan nilai $p < 0,05$

Hubungan antara PI dengan ONSD

Hasil analisis menunjukkan adanya hubungan yang bermakna secara statistik antara PI dengan ONSD pada pasien preeklamsia ($r = 0,657$, $p = 0,001$) (Tabel 7).

Tabel 7. Korelasi Spearman TAR terhadap ONSD dan PI

Variabel		ONSD
PI	<i>r</i>	0,657
	<i>p</i>	0,001**

Diskusi

Pada kondisi preeklamsia terjadi peningkatan TAR berlebih, mengakibatkan peningkatan tekanan hidrostatik kapiler diikuti dengan kerusakan permeabilitas sawar darah otak, edema vasogenik, perdarahan mikro dan inflamasi. Kondisi ini menyebabkan terjadinya peningkatan TIK pada populasi ibu hamil dengan preeklamsia, selain oleh karena penyebab lain seperti tumor, trauma dan stroke iskemik maupun hemoragik.⁵ Metode non-invasif yang dapat dilakukan untuk menilai tekanan intrakranial yaitu TCD serta pengukuran ONSD. Pada studi ini, TCD dilakukan dengan pendekatan transtemporal diatas arkus zigomatikum dan di sisi anterior dari kanalis akustikus eksternus. Ruang ini memberikan visualisasi yang ideal terhadap sirkulus Willis untuk mengukur *mean flow rate velocity* (MFRV) dan PI.⁶

Pemeriksaan ONSD menggunakan USG yang diletakkan pada kelopak mata atas pada mata tertutup akan tampak struktur hipoeoik dengan garis teratur setelah struktur bola mata diidentifikasi. Struktur nervus optikus merupakan struktur yang dilapisi oleh dura, araknoid dan piamater sehingga selubung saraf tersebut dapat mentransmisikan *liquor cerebrospinal* dan berfluktuasi sesuai dengan TIK.⁴ Nilai normal ONSD pasien dewasa adalah <5 mm, dan peningkatan ONSD membentuk kurva linier terhadap peningkatan TIK hingga diameter 7,5 mm. Ukuran ONSD

yang mengembang dapat menetap meskipun normalisasi TIK sudah tercapai. Hal tersebut disebabkan oleh kapabilitas retraksi dari selubung nervus optikus yang terganggu.⁴

Faktor risiko preeklamsia lainnya yaitu riwayat hipertensi sebelumnya, penyakit ginjal kronis, diabetes dengan terapi insulin, dan riwayat preeklamsia sebelumnya baik pada pasien maupun keluarga.⁷ Pada studi ini, tidak ditemukan adanya faktor risiko tersebut pada seluruh sampel penelitian. Pada studi ini ditemukan prevalensi peningkatan TIK berdasarkan ONSD ($\geq 5,8$ mm) pada pasien preeklamsia adalah 31%. Hasil ini serupa dengan penelitian oleh Dubost et al dengan nilai ONSD mencapai nilai TIK >20 mmHg sebesar 20%.⁹ Studi oleh Assu et al., prevalensi peningkatan TIK (ditandai dengan ONSD $\geq 5,8$ mm) adalah 73,3%.¹⁰ Dalam studi ini dilaporkan nilai ONSD berturut adalah $4,82 \pm 1,5$ mm pada kelompok PER, $5,33 \pm 1,4$ mm pada kelompok PEB dan $6,12 \pm 1,1$ mm pada kelompok PEBn. Perbedaan bermakna ditemukan antara kelompok PER dan PEBn ($p = 0,048$). Hasil ini serupa dengan beberapa studi, rerata ONSD pasien dengan preeklamsia gejala berat adalah 6.02 ± 0.77 mm.¹⁰ Studi lainnya membandingkan pengukuran ONSD pasien hamil normal dengan hamil preeklamsia. Sampel terbagi menjadi tiga kelompok yaitu pasien hamil normal, preeklamsia ringan dan preeklamsia berat. Dalam studi tersebut dilaporkan nilai ONSD yang lebih tinggi pada pasien preeklamsia ringan ($5,7 \pm 0,2$ mm) dan preeklamsia berat ($5,9 \pm 0,3$ mm) dibandingkan dengan pasien hamil normal sebagai kontrol ($4,5 \pm 0,2$ mm) ($p < 0,001$).¹¹

Hasil yang berbeda dilaporkan oleh Arzpeyma et al, nilai ONSD ditemukan lebih tinggi pada pasien preeklamsia dibandingkan dengan pasien hamil normal, namun perbedaan nilai ONSD pada pasien preeklamsia gejala ringan dan gejala berat tidak signifikan secara statistik ($5,33 \pm 0,89$ terhadap $5,55 \pm 1,36$ mm).¹² Studi ini melaporkan nilai PI pada masing – masing kelompok adalah PER dengan 0,63 (0,21), PEB dengan 0,60 (0,49) dan PEBn 0,58 (0,86). Hasil yang didapat serupa dengan studi oleh Mowafy

dan Medhat yang mengevaluasi hemodinamik otak pasien preeklamsia dengan gejala berat menggunakan TCD dan dilaporkan baik pada kedua kelompok memiliki rerata nilai PI sebesar $0,77 \pm 0,04$ dan $0,77 \pm 0,05$.¹³ Penelitian lainnya didapatkan rerata nilai PI pada pasien preeklamsia pada sisi kanan adalah $0,97 \pm 0,17$ mm dan sisi kiri sebesar $0,94 \pm 0,17$ mm.⁶

Pada studi ini dilakukan evaluasi hubungan variabel TAR terhadap ONSD dan PI. Didapatkan hasil TAR memiliki korelasi sedang dan secara statistik tidak bermakna terhadap ONSD ($r = 0,419$, $p = 0,161$). Sementara nilai TAR berkorelasi lemah terhadap PI dan tidak bermakna secara statistik ($r = 0,161$, $p = 0,403$). Hal ini mengindikasikan bahwa nilai tekanan darah pada pasien secara statistik tidak berkorelasi terhadap parameter peningkatan TIK. Pada beberapa studi, nilai PI pasien preeklamsia ditemukan lebih rendah dibandingkan pasien hamil normal. Nilai PI yang rendah menunjukkan kondisi kompensasi untuk mempertahankan tekanan perfusi otak (TPO) dan melindungi aliran darah otak (ADO) dari kondisi vasospasme.¹⁴

Pada studi ini didapatkan korelasi positif sedang yang bermakna secara statistik antara variabel PI terhadap ONSD. Kriteria peningkatan TIK menggunakan pedoman nilai >20 mmHg, dengan nilai ONSD $>5,8$ mm dan PI $>1,2$ ($r = 0,657$, $p = 0,001$). Temuan studi ini sejalan dengan penelitian lain, ditemukannya nilai korelasi yang positif kuat baik antara ONSD maupun PI ($r = 0,76$ dan $0,79$) dan kombinasi kedua pemeriksaan tersebut memiliki korelasi yang sangat kuat ($r = 0,99$) terhadap pengukuran TIK invasif pada pasien pediatri.¹⁵ Sutawan et al juga melaporkan nilai korelasi yang signifikan menggunakan PI dengan TCD terhadap autoregulasi serebral pada pasien cedera kepala.¹⁶ Sejauh ini, studi serupa baik untuk korelasi maupun komparasi dari kedua metode pengukuran terhadap populasi ibu hamil belum dilakukan. Adapun beberapa studi terkait dilakukan hanya pada pasien dengan patologi intrakranial maupun cedera kepala.

Kesimpulan

Deteksi peningkatan TIK pada kondisi preeklamsia penting untuk dilakukan sebagai pencegahan komplikasi berat seperti edema serebri, stroke, dan ensefalopati hipertensif. Terdapat dua modalitas non-invasif yang memiliki potensi untuk mengukur TIK, yaitu TCD dan ONSD. Pengukuran PI memiliki potensi sebagai modalitas non-invasif untuk mengukur TIK. Pada penelitian ini, ditemukan adanya korelasi positif sedang antara PI terhadap ONSD pada pasien preeklamsia ($r = 0,657$, $p = 0,001$). Adapun keterbatasan penelitian ini yaitu pasien sudah mendapatkan preeklamsia sebelum dilakukan tindakan pemeriksaan TCD dan ONSD, serta tidak adanya perbandingan modalitas TCD dan ONSD dengan baku emas pemeriksaan TIK invasif.

Ucapan Terima Kasih

Nihil.

Konflik Kepentingan

Nihil.

Pendanaan dan Sponsor

Nihil.

Daftar Pustaka

1. Van Veen T, Panerai R. Patient with Preeklamsia in ICU: Usefulness of the Transcranial Doppler (TCD/TCCS) to Monitor and Predict the Most Common Neurological Complications. *Neurosonology Crit Care*. 2022;763–75.
2. Parthasarathy S, Hemanth Kumar V, Sripriya R, Ravishankar M. Anesthetic management of a patient presenting with eclampsia. *Anesth Essays Res*. 2013;7(3):307.
3. Cardim D, Schmidt B, Robba C, Donnelly J, Puppo C, Czosnyka M, et al. Transcranial Doppler Monitoring of Intracranial Pressure Plateau Waves. *Neurocrit Care*. 2017;26(3):330–8.
4. Richards E, Munakomi S, Mathew D. Optic Nerve Sheath Ultrasound. *StatPearls*. 2023;
5. Godoy DA, Robba C, Paiva WS, Rabinstein AA. Acute Intracranial Hypertension During Pregnancy: Special Considerations and Management Adjustments. *Neurocrit Care* [Internet]. 2022;36(1):302–16. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12028-021-01333-x>
6. Cruz JTP, León CG, Zerón HM. Optic nerve sheath diameter, mean flow rate, pulsatility index and preeclampsia. *Proc Shevchenko Sci Soc Med Sci*. 2021;64(1):107–14.

7. Jeyabalan A. Epidemiology of preeclampsia: Impact of obesity. *Nutr Rev.* 2013;71(SUPPL1):1–14.
8. Dubost C, Le Gouez A, Jouffroy V, Roger-Christoph S, Benhamou D, Mercier FJ, et al. Optic nerve sheath diameter used as ultrasonographic assessment of the incidence of raised intracranial pressure in preeclampsia: A pilot study. *Anesthesiology.* 2012;116(5):1066–71.
9. Assu SM, Bhatia N, Jain K, Gainer S, Sikka P, Aditya AS. Sonographic Optic Nerve Sheath Diameter Following Seizure Prophylaxis in Pre-Eclamptic Parturients With Severe Features: A Prospective, Observational Study. *J Ultrasound Med.* 2021;40(11):2451–7.
10. Jan S, Nazir O, Hussain A, Kumar A. Comparison of optic nerve sheath diameter in preeclampsia and normal pregnancy using ocular USG. *Int J Reprod Contraception, Obstet Gynecol.* 2022;11(7):1896.
11. Fallah Arzpeyma S, Bahari Khorram P, Asgharnia M, Mohtasham-Amiri Z. Investigating the relationship between ultrasound measured optic nerve sheath diameter and preeclampsia. *AIMS Med Sci.* 2019;6(3):250–9.
12. Mowafy SMS, Medhat MM. Evaluation of intravenous infusion of labetalol versus magnesium sulfate on cerebral hemodynamics of preeclampsia patients with severe features using transcranial doppler. *J Clin Monit Comput.* 2023;37(4):951–61.
13. Lee YJ, Lee S, Jo HN, Kim JM, Kwon BS, Joo JK, et al. Alterations in transcranial Doppler indices of pregnant women with complicated preeclampsia. *Pregnancy Hypertens [Internet].* 2019;15(August 2018):189–94. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.preghy.2019.01.009>
14. Dhanda A, Singh GP, Bindra A. Correlation Between Invasive and Noninvasive Technique of Intracranial Pressure Measurement in Children With Traumatic Brain Injury: An Observational Study. *J Neurosurg Anesth.* 2022;34(2):221–6.
15. Robba C, Pozzebon S, Moro B, Vincent JL, Creteur J, Taccone FS. Multimodal non-invasive assessment of intracranial hypertension: An observational study. *Crit Care.* 2020;24(1):1–10.
16. Sutawan, Ida Bagus Krisna Jaya; Bisri, Tatang; Suarjaya, I Putu Pramana; Putra, I Made Prema; Ryalino, Christopher. Autoregulation Disturbance Events Correlate with History of Loss of Consciousness in Mild Traumatic Brain Injury Patients. *Bali Journal of Anesthesiology* 6(3):p 167-170, Jul–Sep 2022. | DOI: 10.4103/bjoa.bjoa_13_22