



Korelasi *Mean Arterial Pressure* terhadap *Renal Resistive Index*, Serum Kreatinin, dan Produksi Urin pada Pasien Operasi Tulang Belakang yang Dilakukan Pembiusan Umum dengan Teknik Hipotensi Terkendali di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah

I Made Prema Putra^{1*}, IGP Sukrana Sidemen¹, I Putu Kurniyanta¹, Tjokorda Gde Bagus Mahadewa², Tjokorda Gde Agung Senapathi¹

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

*penulis korespondensi

DOI: 10.55497/majanestcricar.v43i2.440

ABSTRAK

Latar Belakang: Teknik hipotensi terkontrol dilakukan pada beberapa operasi mayor termasuk pada operasi tulang belakang. Perlu untuk mengetahui rentang *mean arterial pressure* (MAP) pada hipotensi terkontrol yang dapat mempertahankan laju filtrasi glomerulus dengan mengevaluasi *renal resistive index* (RRI), serum kreatinin, dan produksi urin.

Metode: Penelitian analitik korelatif ini dilakukan selama empat bulan. Semua pasien yang memenuhi kriteria eligibilitas dan memberikan persetujuan dimasukkan dalam studi. Data primer dikumpulkan saat pasien berada di ruang rawat inap, meliputi usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh (IMT), produksi urin, serum kreatinin, dan nilai RRI. Selama operasi, dicatat nilai rentang dan rerata MAP selama anestesi umum dengan teknik hipotensi terkontrol. Pemeriksaan RRI, serum kreatinin, dan produksi urin diulang pascaoperasi.

Hasil: Terdapat korelasi negatif kuat antara rerata MAP dan RRI, dengan koefisien korelasi (r) -0,625 ($p < 0,001$), yang menunjukkan bahwa semakin rendah rerata MAP, semakin tinggi nilai RRI, dan sebaliknya. Korelasi positif sedang ditemukan antara rerata MAP dan produksi urin ($r = 0,433$; $p < 0,001$), serta korelasi negatif rendah antara MAP terendah dan serum kreatinin ($r = -0,243$; $p = 0,040$). Analisis kurva ROC menunjukkan AUC sebesar 0,916. *Cut-off* MAP optimal untuk mempertahankan nilai RRI normal adalah $\geq 52,5$ mmHg (sensitivitas 0,955 dan 1-spesifisitas 0,560).

Simpulan: Terdapat korelasi negatif kuat yang signifikan antara rerata MAP dan RRI, korelasi negatif rendah yang signifikan antara rerata MAP dan serum kreatinin, serta korelasi positif sedang yang signifikan antara rerata MAP dan produksi urin pada pasien yang menjalani operasi tulang belakang.

Kata Kunci: *Mean arterial pressure*; produksi urin; *renal resistive index*; serum kreatinin



Correlation of Mean Arterial Pressure with Renal Resistive Index, Serum Creatinine, and Urine Output in Patients Undergoing Spinal Surgery Under General Anesthesia with Controlled Hypotension Technique at Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah Hospital

I Made Prema Putra^{1*}, IGP Sukrana Sidemen¹, I Putu Kurniyanta¹, Tjokorda Gde Bagus Mahadewa², Tjokorda Gde Agung Senapathi¹

1. Departement of Anesthesiology and Intensive Care, Udayana University, Denpasar, Indonesia
2. Professor Departement of Neurosurgery, Udayana University, Denpasar, Indonesia

*corresponding author

DOI:10.55497/majanestcricar.v43i2.440

ABSTRACT

Background: Controlled hypotension is commonly used in major surgeries, including spinal procedures. It is important to determine the optimal range of mean arterial pressure (MAP) during controlled hypotension to maintain glomerular filtration rate, which can be assessed using the renal resistive index (RRI), serum creatinine levels, and urine output.

Methods: This was a correlational analytic study conducted over four months. All patients who met the eligibility criteria and gave informed consent were included. Primary data were collected during inpatient care, including age, sex, body mass index (BMI), urine output, serum creatinine, and RRI measurements. During surgery, MAP range and average values were recorded under general anesthesia with controlled hypotension. Postoperatively, RRI, serum creatinine, and urine output were reassessed.

Results: There was a strong negative correlation between mean MAP and RRI ($r = -0.625$; $p < 0.001$), indicating that lower MAP values were associated with higher RRI, and vice versa. A moderate positive correlation was found between mean MAP and urine output ($r = 0.433$; $p < 0.001$), while a low negative correlation was observed between the lowest MAP and serum creatinine ($r = -0.243$; $p = 0.040$). ROC curve analysis yielded an AUC of 0.916. The optimal MAP cut-off for maintaining normal RRI in this study was ≥ 52.5 mmHg (sensitivity 0.955; 1-specificity 0.560).

Conclusion: There is a statistically significant strong negative correlation between MAP and RRI, a significant low negative correlation between mean MAP and serum creatinine, and a significant moderate positive correlation between mean MAP and urine output in patients undergoing spinal surgery.

Keywords: Mean arterial pressure; renal resistive index; serum creatinine; urine output

PENDAHULUAN

Pasien yang menjalani operasi tulang belakang merupakan salah satu operasi mayor yang dalam manajemen anestesiya menggunakan teknik hipotensi terkendali dan meningkatkan resiko terjadinya AKI karena belum adanya rentang *mean arterial pressure* (MAP) yang aman pada hipotensi terkendali yang dapat mempertahankan laju filtrasi glomerulus dan tidak menyebabkan AKI pascaoperasi.¹⁻³ *Renal resistive index* (RRI) merupakan pemeriksaan baru yang lebih bersifat objektif, non invasif, dan mudah untuk dilakukan, serta sudah terbukti dari berbagai penelitian sebelumnya seperti dari Haitsma *et al.* dan Renberg *et al.* yang menyatakan RRI merupakan suatu metode yang dapat mendeteksi dini terjadinya AKI.^{1,4-7} Akan tetapi, sangat sedikit penelitian yang meneliti korelasi MAP terhadap RRI, serum kreatinin, dan produksi urin ini pada operasi tulang belakang. Melihat pentingnya mengetahui rentang MAP yang aman pada teknik hipotensi terhadap risiko terjadinya AKI pada pasien operasi tulang belakang, maka peneliti mencoba meneliti korelasi MAP terhadap RRI, serum kreatinin, dan produksi urin pada pasien operasi tulang belakang dengan sampel yang lebih besar

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian analitik *cross-sectional* observasional korelasi dengan teknik *consecutive sampling* untuk mengetahui korelasi antara MAP terhadap RRI, *creatinine clearance*, dan produksi urin pada pasien operasi tulang belakang yang dilakukan pembiusan umum dengan teknik hipotensi terkendali di RSUP Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah Denpasar. Penelitian ini telah mendapatkan surat keterangan kelaikan etik dari Unit Komisi Etik Penelitian Universitas Udayana dengan nomor 1679/UN14.2.2VII.14/LT/2022 dan dilakukan di RSUP Prof. DR. I.G.N.G Ngoerah Denpasar, Bali.

Sampel penelitian ini adalah bagian dari populasi penelitian yang memenuhi kriteria eligibilitas subjek. Kriteria inklusi terdiri dari pasien dewasa yang menjalani operasi tulang belakang elektif dengan pembiusan umum dengan teknik hipotensi terkendali dan memiliki status fisik ASA I, II dan III. Kriteria eksklusi yaitu status fisik

ASA IV, dan V, pasien dengan riwayat penyakit ginjal, pasien dengan riwayat penggunaan obat-obatan yang nefrotoksik, pasien dengan riwayat penyakit vaskular berat, pasien dengan tekanan darah rendah (MAP <65 mmHg) atau hipertensi preanestesi, dan pasien dengan peningkatan tekanan intraabdominal. Penghitungan besar sampel pada penelitian ini memakai rumus besar sampel untuk penelitian analitis korelatif dan ditetapkan jumlah sampel minimal sebesar 64 orang.⁸

Pada setiap pasien yang memenuhi kriteria eligibilitas, maka dimintakan persetujuan kepada pasien untuk menjadi subjek penelitian ini. Bukti persetujuan tersebut merupakan ditandatanganinya surat kesediaan untuk menjadi subjek penelitian oleh pemberi informasi, pemberi persetujuan, dan satu orang saksi. Dilakukan pengambilan data primer dari variabel-variabel yang dievaluasi saat pasien berada di ruang rawat inap atau di ruang penerimaan pasien, meliputi data demografik pasien: usia, jenis kelamin, dan berat badan, status fisik pasien berdasarkan klasifikasi ASA, data RRI, serum kreatinin, dan produksi urin pasien. Semua hasil pengumpulan data ini dicatat pada formulir penelitian.

Di ruang penerimaan, pasien diberikan premedikasi midazolam 0,04-0,1 mg/kg berat badan intravena, dan ketamin 0,3-0,5 mg/kg berat badan intravena. Pasien lalu dibawa ke ruang operasi, diberikan preoksigenasi dengan O₂ fraksi 100% dengan flow 8 liter per menit. Pasien kemudian diberikan analgetik fentanyl 1-2 mcg/kg berat badan intravena dan diinduksi dengan anestesi intravena propofol 2-3 mg/kg berat badan intravena, lalu pelumpuh otot rokuronium 1,2 mg/kg berat badan intravena. Pemeliharaan dengan propofol kontinyu dengan dosis 50-200 mcg/kgbb/menit, sevofluran 0,6-0,8 vol%, dexmedetomidin 0,2-0,7 mcg/kg/jam, fentanyl intermiten 0,5-1 mcg/kgbb/jam dan rokuronium intermiten 0,15 mcg/kg/jam.

Dilakukan monitoring MAP dan hemodinamik selama operasi dan dilakukan pencatatan. Apabila MAP dibawah 50mmHg, diberikan efedrin 6 mg IV atau vasopressor titrasi. Dilakukan pemeriksaan RRI, serum kreatinin, dan produksi urin pascaoperasi. Data dan parameter yang terkumpul disatukan dan dilakukan uji statistik.

HASIL PENELITIAN

Didapatkan total 72 sampel yang diikutsertakan sebagai subjek penelitian dan dimasukkan ke dalam analisis data. Analisis deskriptif dilakukan terhadap karakteristik subjek penelitian yang meliputi usia, jenis kelamin, IMT, MAP, RRI, kadar serum kreatinin, dan produksi urin. Variabel yang berskala data numerik dideskripsikan

menggunakan nilai rerata dan standar deviasi pada data yang berdistribusi normal. Sedangkan pada data yang tidak berdistribusi normal, dideskripsikan dengan nilai median dan *interquartile range* (IQR). Variabel yang berskala kategorikal akan dideskripsikan dalam frekuensi relatif. Hasil analisis statistik deskriptif disajikan menggunakan tabel distribusi tunggal pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik subjek penelitian

Variabel	Nilai (N = 72)
Usia (tahun), median (IQR)	53 (20)
Jenis Kelamin, n (%)	
Laki-laki	54 (75%)
Perempuan	18 (25%)
IMT (kg/m ²), median (IQR)	23,4 (4,5)
MAP, median (IQR)	61 (4,8)
AKI pascaoperasi, n (%)	
Ya	32 (44,4%)
Tidak	40 (55,6%)
Serum kreatinin pascaoperasi, median (IQR)	0,75 (0,23)
Produksi urin pascaoperasi, median (IQR)	0,6 (0,2)
RRI pascaoperasi, median (IQR)	0,7 (0,04)

Korelasi MAP dengan RRI

Kemaknaan secara statistik dinilai menggunakan nilai p pada batas kemaknaan ($\alpha = 0,05$). Nilai koefisien korelasi (r) antara rerata MAP dan nilai RRI adalah -0,625 dengan nilai p <0,001. Hasil ini menunjukkan adanya korelasi negatif kuat antara rerata MAP dan RRI, di mana semakin rendah rerata MAP maka semakin tinggi nilai RRI, dan demikian pula sebaliknya.

Nilai koefisien korelasi (r) antara MAP terendah dan nilai RRI adalah -0,633 dengan nilai p <0,001. Hasil ini menunjukkan adanya korelasi negatif kuat antara MAP terendah dan RRI, di mana semakin rendah MAP maka semakin tinggi pula nilai RRI, dan demikian sebaliknya. Gambaran

korelasi kedua variabel ditampilkan dalam Tabel 2 di bawah. Kuat dan arah korelasi dinilai dengan menggunakan koefisien korelasi (*correlation coefficient* = r).

Korelasi MAP dengan serum kreatinin

Kemaknaan secara statistik dinilai menggunakan nilai p pada batas kemaknaan ($\alpha = 0,05$). Nilai koefisien korelasi (r) antara rerata MAP dan serum kreatinin adalah -0,130 dengan nilai p 0,275. Hasil ini menunjukkan secara statistik tidak adanya korelasi antara rerata MAP dengan serum kreatinin. Nilai koefisien korelasi (r) antara MAP terendah dan serum kreatinin adalah -0,243 dengan nilai p 0,040. Hasil ini

Tabel 2. Korelasi antara rerata MAP dan MAP terendah dengan rerata RRI

Variabel	Koefisien Korelasi (r)	Nilai p (CI 95%)
Rerata MAP RRI	-0,625	<0,001
MAP terendah RRI	-0,633	<0,001

menunjukkan adanya korelasi negatif rendah antara MAP terendah dan serum kreatinin, di mana semakin rendah MAP maka semakin

tinggi serum kreatinin, dan demikian sebaliknya. Gambaran korelasi (kuat dan arah) kedua variabel ditampilkan dalam Tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Korelasi antara rerata MAP dan MAP terendah dengan rerata serum kreatinin

Variabel	Koefisien Korelasi (r)	Nilai p (CI 95%)
Rerata MAP Serum kreatinin	-0,130	0,275
MAP terendah Serum kreatinin	-0,243	0,040

Korelasi MAP dengan produksi urin

Kemaknaan secara statistik dinilai menggunakan nilai p pada batas kemaknaan ($\alpha = 0,05$). Nilai r antara rerata MAP dan produksi urin adalah 0,433 dengan nilai p <0,001. Hasil ini menunjukkan adanya korelasi positif sedang antara rerata MAP dan produksi urin, di mana semakin rendah rerata MAP maka semakin rendah produksi urin.

Nilai r antara MAP terendah dan produksi urin adalah 0,294 dengan nilai p 0,012. Hasil ini menunjukkan adanya korelasi positif rendah antara MAP terendah dan produksi urin, di mana semakin rendah MAP maka semakin rendah produksi urin, dan demikian pula sebaliknya. Gambaran korelasi (kuat dan arah) kedua variabel ditampilkan dalam Tabel 4 di bawah.

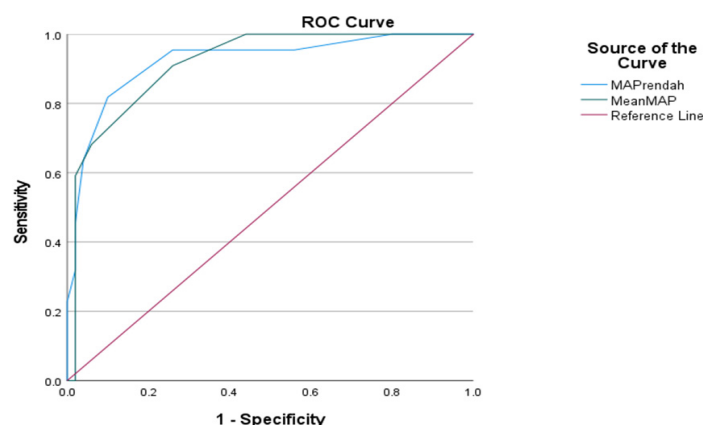
Tabel 4. Korelasi antara rerata MAP dan MAP terendah dengan rerata produksi urin

Variabel	Koefisien Korelasi (r)	Nilai p (CI 95%)
Rerata MAP Produksi urin	0,433	<0,001
MAP terendah Produksi urin	0,294	0,012

Nilai cut-off MAP sebagai prediktor tingginya RRI

Pada penelitian ini ditentukan juga nilai *cut-off point* dari MAP yang dapat memprediksi tingginya nilai RRI. Berdasarkan kurva ROC didapatkan nilai AUC 0,916 yang menunjukkan MAP memiliki akurasi yang baik dalam memprediksi terjadinya peningkatan RRI pada pasien operasi tulang

belakang. *Cut-off point* MAP terendah yang paling optimal dalam mempertahankan RRI dalam batas normal ditentukan menggunakan metode Youden Index, yaitu titik pada kurva ROC yang memaksimalkan nilai (sensitivitas + spesifisitas - 1). Berdasarkan metode ini, diperoleh nilai *cut-off* MAP $\geq 52,5$ mmHg, dengan sensitivitas 0,955 dan 1-spesifisitas sebesar 0,560).



Gambar 1. Kurva ROC

PEMBAHASAN

Menjaga perfusi ke sirkulasi mikro menjadi tantangan sendiri bagi seorang ahli anestesi, termasuk sirkulasi mikro organ renalis.^{2,9} Diperlukan tekanan dan aliran yang cukup ke pembuluh darah ginjal untuk mempertahankan laju filtrasi glomerulus.¹⁰ Teknik hipotensi terkendali pada operasi tulang belakang digunakan untuk mengurangi perdarahan dan membersihkan lapangan operasi.^{11,12} Pada penelitian ini, didapatkan 32 pasien mengalami AKI pascaoperasi dari total 72 pasien (44,4%) dengan “derajat 1” sesuai kriteria *Acute Kidney Injury Network* (AKIN) atau “stadium Risk” sesuai kriteria *Risk, Injury, Failure, Loss, dan End-stage kidney disease* (RIFLE), di mana pada semua kasus reversible pada 24 jam pertama pascaoperasi.

RRI adalah pengukuran Doppler ultrasonografis dari kecepatan aliran darah di arteri ginjal intraparenkimal.^{4,13} Nilai normal sekitar 0,60 dengan 0,70 dianggap sebagai ambang batas normal atas pada orang dewasa.⁵ Pada penelitian ini, digunakan nilai *cut-off* 0,70 sebagai prediktor terjadinya AKI. Dikategorikan nilai RRI menjadi 2 yaitu: nilai RRI tinggi yaitu $\geq 0,70$, serta nilai RRI normal yaitu $< 0,70$, kemudian data yang didapat dianalisis menggunakan kurva ROC.^{7,14}

Hasil analisis korelasi pada penelitian ini menunjukkan korelasi negatif yang signifikan secara statistik antara rerata MAP dengan nilai RRI. Terdapat korelasi antara rerata MAP dan MAP terendah dengan nilai RRI dengan hasil koefisien korelasi pada studi ini berturut-turut -0,625 dan -0,633 ($p < 0,001$) yang menunjukkan adanya korelasi negatif kuat (*high correlation*) antara rerata MAP dengan nilai RRI di mana semakin rendah rerata MAP maka semakin tinggi nilai RRI, dan demikian pula sebaliknya. Berdasarkan hasil studi ini dapat disimpulkan bahwa MAP juga dapat dipakai pada populasi dewasa sebagai prediktor adanya peningkatan nilai RRI saat dilakukan operasi tulang belakang. Secara patofisiologis, hal ini dapat dijelaskan melalui mekanisme autoregulasi ginjal. Ginjal memiliki sistem autoregulasi aliran darah yang bertujuan untuk menjaga perfusi glomerulus tetap stabil meskipun terjadi fluktuasi tekanan darah sistemik. Namun, ketika tekanan perfusi

sistemik (MAP) turun melewati ambang batas kemampuan autoregulasi, maka aliran darah ginjal akan menurun. Penurunan perfusi ini menyebabkan vasokonstriksi arteriol aferen relatif terhadap eferen, yang akan meningkatkan resistensi aliran intrarenal dan tercermin dalam peningkatan nilai RRI.

Terdapat korelasi positif sedang antara rerata MAP dengan produksi urin, serta korelasi positif rendah antara MAP terendah dengan produksi urin dengan hasil koefisien korelasi pada studi ini berturut-turut 0,433 dan 0,294. Pada studi ini juga menunjukkan secara statistik tidak adanya korelasi antara rerata MAP dengan serum kreatinin. Kreatinin, suatu molekul yang secara intensif digunakan baik untuk diagnosis gagal ginjal maupun untuk memantau fungsi ginjal, namun tidak dapat dijadikan marker yang akurat terhadap kerusakan akut dari ginjal, dimana nilai kreatinin plasma meningkat, hanya jika GFR menurun hingga 30-40%.^{3,15,16}

Pada penelitian ini juga dianalisis nilai *cut-off point* dari MAP yang dapat memprediksi tingginya nilai RRI. Berdasarkan kurva ROC didapatkan nilai AUC (*area under curve*) sebesar 0,916. Hasil ini menunjukkan MAP memiliki akurasi yang baik dalam memprediksi terjadinya peningkatan RRI. Berdasarkan kurva ini juga didapatkan kesimpulan bahwa dengan sensitivitas dan spesifisitas yang paling optimal (puncak kurva ROC), didapatkan bahwa nilai *cut-off* terbaik untuk mempertahankan RRI normal adalah 52,5 mmHg. Hal ini berarti dengan menjaga MAP diatas 52,5 mmHg dapat mempertahankan nilai RRI normal. Nilai ini berbeda dengan penelitian sebelumnya dari Ma *et al.* pada tahun 2020 di mana nilai *cut-off point* MAP ≥ 50 mmHg untuk mempertahankan nilai RRI normal.¹⁷

Diperlukan MAP yang cukup untuk memberikan aliran darah ke ginjal dan mempertahankan laju filtrasi glomerulus. Penelitian ini merupakan penelitian yang relatif baru, karena belum ada penelitian yang menilai *cutt-off* MAP yang dapat mempertahankan aliran darah ginjal normal pada pasien operasi tulang belakang yang dilakukan pembiusan umum dengan teknik hipotensi terkendali. Pemeriksaan RRI juga merupakan pemeriksaan non invasif yang bisa digunakan sebagai deteksi dini terjadinya AKI, dibandingkan dengan pemeriksaan invasif dan relatif mahal

seperti NGAL dan Cystatin C.^{5,7} Dalam penelitian ini terlihat bahwa MAP berkorelasi negatif kuat (*high correlation*) dengan nilai RRI. Oleh karena itu, peneliti menyimpulkan bahwa MAP juga dapat bermanfaat sebagai prediktor peningkatan RRI, dan secara tidak langsung memprediksi terjadinya AKI pascaoperasi.

SIMPULAN

Pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat korelasi negatif kuat (*high correlation*) yang signifikan secara statistik antara *mean arterial pressure* (MAP) dengan nilai *renal resistive index* (RRI), terdapat korelasi negatif rendah (*low correlation*) yang signifikan secara statistik antara MAP terendah dengan serum kreatinin, dan terdapat korelasi positif sedang (*moderate correlation*) yang signifikan secara statistik antara rerata MAP dengan produksi urin pada pasien yang menjalani operasi tulang belakang yang dilakukan pembiusan umum dengan teknik hipotensi terkendali.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Park S, Lee HC, Jung CW, Choi Y, Yoon HJ, Kim S, et al. Intraoperative Arterial Pressure Variability and Postoperative Acute Kidney Injury. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2020 Jan 7;15(1):35-46. doi: 10.2215/CJN.06620619.
2. Kobayashi Y, Yamaoka K. Analysis of intraoperative modifiable factors to prevent acute kidney injury after elective noncardiac surgery: intraoperative hypotension and crystalloid administration related to acute kidney injury. *JA Clin Rep*. 2021 Mar 24;7(1):27. doi: 10.1186/s40981-021-00429-9.
3. Zhi HJ, Zhao J, Nie S, Ma YJ, Cui XY, Zhang M, et al. Prediction of acute kidney injury: the ratio of renal resistive index to semiquantitative power Doppler ultrasound score-a better predictor?: A prospective observational study. *Medicine (Baltimore)*. 2019 May;98(21):e15465. doi: 10.1097/MD.00000000000015465.
4. Haitsma Mulier JLG, Rozemeijer S, Röttgering JG, Spoelstra-de Man AME, Elbers PWG, Tuinman PR, et al. Renal resistive index as an early predictor and discriminator of acute kidney injury in critically ill patients; A prospective observational cohort study. *PLoS One*. 2018 Jun 11;13(6):e0197967. doi: 10.1371/journal.pone.0197967.
5. Regolisti G, Maggiore U, Cademartiri C, Belli L, Gherli T, Cabassi A, Morabito S, Castellano G, Gesualdo L, Fiaccadori E. Renal resistive index by transesophageal and transparietal echo-doppler imaging for the prediction of acute kidney injury in patients undergoing major heart surgery. *J Nephrol*. 2017 Apr;30(2):243-253. doi: 10.1007/s40620-016-0289-2.
6. Giustiniano E, Procopio F, Morengi E, Gollo Y, Rocchi L, Ruggieri N, et al. Renal resistive index as a predictor of postoperative complications in liver resection surgery. *Observational study. J Clin Monit Comput*. 2021 Aug;35(4):731-740. doi: 10.1007/s10877-020-00529-4.
7. Renberg M, Jonmarker O, Kilhamn N, Rimes-Stigare C, Bell M, Hertzberg D, et al. Renal Restrictive Index (RRI) Versus Urinary Neutrophil Gelatinase-Associated Lipocalin (uNGAL) for early prediction of acute kidney injury (AKI) in adults undergoing elective cardiac surgeries with cardiopulmonary bypass: A prospective randomized observa. *Egypt J Anaesth*. 2021;38(1):166-73. doi: TEJA-2022-0029.
8. Dahlan S. Besar sampel dan cara pengambilan sampel. Jakarta: Salemba Medika; 2016.
9. Niculae A, Peride I, Tiglis M, Sharkov E, Neagu TP, Lascar I, et al. Burn-Induced Acute Kidney Injury-Two-Lane Road: From Molecular to Clinical Aspects. *Int J Mol Sci*. 2022 Aug 5;23(15):8712. doi: 10.3390/ijms23158712.
10. Candan Y, Akinci M, Eraslan O, Yilmaz KB, Karabacak H, Dural HI, et al. The Correlation of Intraabdominal Pressure With Renal Resistive Index. *J Surg Res*. 2020 Aug;252:240-6. doi: 10.1016/j.jss.2020.03.024.
11. Bao FP, Zhang HG, Zhu SM. Anesthetic considerations for patients with acute cervical spinal cord injury. *Neural Regen Res*. 2017 Mar;12(3):499-504. doi: 10.4103/1673-5374.202916.

12. Fehlings MG, Tetreault LA, Wilson JR, Kwon BK, Burns AS, Martin AR, et al. A Clinical Practice Guideline for the Management of Acute Spinal Cord Injury: Introduction, Rationale, and Scope. *Global Spine J.* 2017 Sep;7(3 Suppl):84S-94S. doi: 10.1177/2192568217703387.
13. Calabia J, Torguet P, Garcia I, Martin N, Mate G, Marin A, et al. The relationship between renal resistive index, arterial stiffness, and atherosclerotic burden: The link between macrocirculation and microcirculation. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2014 Mar;16(3):186-91. doi: 10.1111/jch.12248.
14. Marty P, Szatjnic S, Ferre F, Conil JM, Mayeur N, Fourcade O, et al. Doppler renal resistive index for early detection of acute kidney injury after major orthopaedic surgery: A prospective observational study. *Eur J Anaesthesiol.* 2015 Jan;32(1):37-43. doi: 10.1097/EJA.000000000000120.
15. Gaurav K, Yalavarthy U, Chamberlain N, Pugh S, Panda M. Correlation between renal resistive index and estimated glomerular filtration rate in patients with hypertension. *J Vasc Ultrasound.* 2008;32(2):82-4. doi:10.1177/154431670803200204.
16. Bossard G, Bourgoin P, Corbeau JJ, Huntzinger J, Beydon L. Early detection of postoperative acute kidney injury by Doppler renal resistive index in cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Br J Anaesth.* 2011 Dec;107(6):891-8. doi: 10.1093/bja/aer289.
17. Ma X, Wang Y, Lv S, Li Q, Xian H, Jiang Z. Effects of dexmedetomidine combined with sevoflurane for controlled hypotension on the renal function in craniocerebral operation. *Int J Clin Exp Med.* 2020;13(7):5312-8.