



Efektivitas Nitrogliserin Terhadap Tekanan Darah Rerata dan Fromme-Boezaart Score pada Pasien yang Menjalani Operasi Timpanoplasti

Alvin Budiono^{1*}, Diana Ch. Lalenoh², Wahyuddin Suleman³

¹⁻³Program Pendidikan Dokter Spesialis I, Anestesiologi Dan Terapi Intensif, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: alvinhumizar2@gmail.com, diana.lalenoh@yahoo.com, wahyuanestesi.wa@gmail.com

*Penulis korespondensi: alvinhumizar2@gmail.com

Abstract : Nitroglycerin is a vasodilator commonly used to achieve controlled hypotension during tympanoplasty, with the aim of reducing intraoperative bleeding and improving surgical field quality as assessed by the Fromme–Boezaart score. This study aimed to evaluate the effectiveness of nitroglycerin in reducing mean arterial pressure (MAP) and improving the Fromme–Boezaart score in patients undergoing tympanoplasty. A pre–post experimental study was conducted involving 15 patients undergoing elective tympanoplasty at Prof. Dr. R. D. Kandou General Hospital, Manado. Nitroglycerin was administered intravenously using a syringe pump at a dose of 0.5–2 mcg/kg/min and titrated to achieve controlled hypotension. MAP was measured before and after nitroglycerin administration, surgical field quality was assessed using the Fromme–Boezaart score, and cognitive function was evaluated using the Mini Mental State Examination (MMSE). Data were analyzed using paired t-test, Spearman correlation, Kruskal–Wallis test, and Wilcoxon Signed Rank Test. The results showed that mean MAP decreased significantly from 94.87 ± 3.16 mmHg to 75.47 ± 3.58 mmHg after nitroglycerin administration, with a mean reduction of 19.40 ± 2.75 mmHg ($p < 0.001$). A strong negative correlation was observed between Delta MAP and the Fromme–Boezaart score ($\rho = -0.955$; $p < 0.001$), indicating that greater reductions in MAP were associated with better surgical field quality. MMSE scores decreased from 29.53 ± 0.64 to 27.47 ± 0.64 ($p < 0.001$), but remained within the normal cognitive range. In conclusion, nitroglycerin effectively reduces MAP and improves surgical field quality during tympanoplasty without causing clinically significant cognitive impairment.

Keywords: nitroglycerin; MAP; Fromme–Boezaart; controlled hypotension; tympanoplasty.

Abstrak. Nitrogliserin merupakan vasodilator yang umum digunakan untuk mencapai hipotensi terkontrol selama tindakan timpanoplasti dengan tujuan mengurangi perdarahan intraoperatif dan meningkatkan kualitas lapangan operasi yang dinilai menggunakan skor Fromme–Boezaart. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas nitrogliserin dalam menurunkan mean arterial pressure (MAP) dan meningkatkan skor Fromme–Boezaart pada pasien yang menjalani timpanoplasti. Penelitian eksperimental pre–post dilakukan terhadap 15 pasien yang menjalani timpanoplasti elektif di RSUP Prof. Dr. R. D. Kandou Manado. Nitrogliserin diberikan secara intravena menggunakan syringe pump dengan dosis 0,5–2 mcg/kg/menit dan dititrasi untuk mencapai hipotensi terkontrol. MAP diukur sebelum dan sesudah pemberian nitrogliserin, kualitas lapangan operasi dinilai menggunakan skor Fromme–Boezaart, dan fungsi kognitif dievaluasi menggunakan Mini Mental State Examination (MMSE). Data dianalisis menggunakan uji t berpasangan, korelasi Spearman, uji Kruskal–Wallis, dan Wilcoxon Signed Rank Test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rerata MAP menurun secara signifikan dari $94,87 \pm 3,16$ mmHg menjadi $75,47 \pm 3,58$ mmHg setelah pemberian nitrogliserin, dengan rerata penurunan sebesar $19,40 \pm 2,75$ mmHg ($p < 0,001$). Terdapat korelasi negatif yang sangat kuat antara delta MAP dan skor Fromme–Boezaart ($\rho = -0,955$; $p < 0,001$), yang menunjukkan bahwa semakin besar penurunan MAP, semakin baik kualitas lapangan operasi yang dihasilkan. Skor MMSE menurun dari $29,53 \pm 0,64$ menjadi $27,47 \pm$

Kata kunci: nitrogliserin; MAP; Fromme-Boezaart; hipotensi terkontrol; timpanoplasti.

1. LATAR BELAKANG

Nitroglycerin, yang dikenal sebagai vasodilator, telah menunjukkan potensi dalam mengurangi tekanan darah sistemik, yang secara langsung dapat mempengaruhi hasil bedah dan pemulihan pasien (A. HRA et al., 2022). Efektivitas nitroglycerin tidak hanya terukur dari penurunan tekanan darah, tetapi juga terkait dengan skor Fromme-Boezaart, yang merupakan indikator penting dalam menilai kondisi klinis pasien setelah prosedur (Eldeen et al., 2022).

Nitrogliserin, sebagai agen farmakologis, memiliki sifat vasodilator yang signifikan, yang memungkinkannya untuk menurunkan tekanan darah dengan cara memperlebar pembuluh darah. Obat ini sering digunakan dalam konteks anestesi untuk mencapai hipotensi terkontrol selama prosedur bedah, termasuk timpanoplasti. Pengenalan nitrogliserin dalam praktik klinis tidak hanya bertujuan untuk mengurangi tekanan darah, tetapi juga untuk meningkatkan visibilitas selama operasi dengan mengurangi perdarahan. Selain itu, nitrogliserin berfungsi dengan cepat, sehingga efeknya dapat dirasakan dalam waktu singkat. Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi nitrogliserin dengan teknik anestesi tertentu dapat menghasilkan hasil yang lebih stabil dalam parameter hemodinamik pasien, terutama dalam prosedur bedah yang mengharuskan pengurangan signifikan dalam tekanan darah.

Untuk menilai kualitas lapangan operasi secara objektif, diperlukan skala perdarahan yang terstandar. Fromme–Boezaart score merupakan skala ordinal 6 tingkat (0–5) yang digunakan secara luas untuk mengukur jumlah perdarahan di lapangan bedah dan kebutuhan suction selama operasi, terutama pada prosedur THT seperti functional endoscopic sinus surgery dan timpanoplasti. Skor 0 menggambarkan tidak ada perdarahan, skor 1–2 mencerminkan perdarahan minimal dengan sedikit atau tanpa kebutuhan suction, sedangkan skor 3–4 menunjukkan perdarahan yang memerlukan suction lebih sering dan mulai mengganggu visibilitas. Skor 5 menggambarkan perdarahan hebat yang membutuhkan suction terus-menerus sehingga lapangan operasi sangat terganggu dan tindakan pembedahan menjadi sulit atau hampir tidak mungkin dilakukan (Alicandri-Ciufelli et al., n.d.; Alicandri-Ciufelli et al., n.d.).

Dalam konteks hipotensi terkendali, target utama anestesi adalah menurunkan mean arterial pressure (MAP) secara terkontrol untuk mengurangi perdarahan, namun tetap mempertahankan perfusi organ vital. Berbagai studi pada operasi kepala–leher menunjukkan bahwa penurunan MAP sekitar 20–30% dari nilai dasar atau mempertahankan MAP pada kisaran ± 50 –65 mmHg dapat memperbaiki kualitas lapangan bedah tanpa meningkatkan kejadian komplikasi iskemik, bila pasien diseleksi dengan baik dan dimonitor ketat. Fromme–Boezaart score kemudian digunakan sebagai parameter klinis yang sederhana namun sensitif

untuk menangkap perubahan jumlah perdarahan akibat manipulasi MAP dengan obat hipotensif seperti nitrogliserin, sehingga hubungan antara penurunan MAP dan kualitas lapangan operasi dapat dinilai secara kuantitatif (Alicandri-Ciufelli et al., n.d.; Alicandri-Ciufelli et al., n.d.).

Operasi timpanoplasti merupakan prosedur medis yang bertujuan untuk memperbaiki kerusakan pada membran timpani serta mengatasi masalah pendengaran yang diakibatkan oleh infeksi atau trauma. Prosedur ini memiliki signifikansi yang tinggi dalam konteks kesehatan auditori, terutama bagi pasien yang menderita otitis media rekuren yang dapat mengakibatkan hilangnya fungsi pendengaran permanen. Keberhasilan operasi ini sangat bergantung pada teknik anestesi yang digunakan dan pengelolaan hemodinamik yang tepat selama operasi, termasuk pemanfaatan nitroglycerin dalam pencapaian tekanan darah rata-rata yang optimal. Pengendalian hipotensi, seperti yang dilakukan dengan nitroglycerin, dapat meningkatkan visibilitas area bedah, yang berkontribusi pada hasil akhir yang lebih baik (Ahmed et al., 2024).

Nitrogliserin telah menunjukkan peran yang signifikan dalam manajemen perioperatif, terutama untuk pasien yang menjalani prosedur bedah seperti tympanoplasty. Sebagai vasodilator yang efektif, nitrogliserin dapat membantu mengatur tekanan darah dengan mengurangi resistensi vaskular dan meningkatkan aliran darah ke organ vital, yang merupakan faktor kritis dalam menjaga stabilitas hemodinamik selama operasi. Selain itu, penggunaannya juga dapat berkontribusi pada peningkatan skor Fromme-Boezaart, yang menjadi indikator penting dalam mengevaluasi kondisi pasien pascaoperasi.

Perbandingan hasil tekanan darah rata-rata antara pasien yang menerima nitrogliserin dan yang tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam konteks intervensi anestesi pada prosedur tympanoplasty. Nitrogliserin, sebagai vasodilator, memiliki potensi untuk menurunkan tekanan darah dengan cara meningkatkan aliran darah ke jaringan yang memerlukan. Penggunaan nitrogliserin dalam pengaturan anestesi dapat memberikan dampak positif pada stabilitas hemodinamik pasien, terutama pada mereka yang memiliki risiko kardiovaskular.

Penilaian skor Fromme-Boezaart merupakan alat evaluasi penting dalam menilai efek dari nitrogliserin terhadap tekanan darah rata-rata dan kondisi pasien selama prosedur bedah tympanoplasty. Skor ini tidak hanya mencakup parameter hemodinamik, tetapi juga mencerminkan kondisi umum pasien serta respons terhadap pengobatan yang diberikan. Dalam konteks studi ini, penggunaan nitrogliserin berpotensi untuk menurunkan tekanan darah dan meningkatkan skor Fromme-Boezaart sebagai indikasi perbaikan fisiologis dan kestabilan pasien. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh dari penilaian skor ini

dapat memberikan wawasan mendalam mengenai efektivitas nitrogliserin dalam pemeriksaan anesthesiologi dan bedah (A. HRA et al., 2022).

Skor Fromme-Boezaart merupakan alat ukur yang digunakan untuk menilai keadaan pasien yang menjalani prosedur timpanoplasti, berfokus pada evaluasi klinis dan pascaoperasi (A. HRA et al., 2022). Skor ini mencakup variabel-variabel seperti fungsi pendengaran, integritas gendang telinga, dan tingkat ketidaknyamanan pasien, yang semuanya menjadi pertimbangan penting dalam menentukan hasil akhir dari prosedur. Pemantauan terhadap skor Fromme-Boezaart memberikan gambaran yang jelas tentang dampak pengobatan terhadap tekanan darah dan potensi efek samping saat pasien menjalani anestesia dan intervensi pembedahan (Eldeen et al., 2022).

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini dirancang untuk mengevaluasi efektivitas nitrogliserin terhadap tekanan darah rerata dan Fromme-Boezaart score pada pasien yang menjalani operasi timpanoplasti.

2. KAJIAN TEORITIS

Penelitian ini menggunakan desain pre-post eksperimental untuk mengevaluasi efektivitas pemberian nitrogliserin (NTG) terhadap penurunan mean arterial pressure (MAP), perubahan skor Fromme-Boezaart, dan fungsi kognitif pada pasien yang menjalani operasi timpanoplasti elektif di RSUP Prof. Dr. R. D. Kandou Manado periode Oktober 2025–April 2026. Sampel penelitian terdiri dari 14 pasien dewasa usia 18–60 tahun dengan status fisik ASA I–III yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi serta memberikan informed consent. NTG diberikan secara intravena menggunakan syringe pump dengan dosis 0,5–2 mcg/kgBB/menit yang dititiasi hingga tercapai hipotensi terkendali, yaitu penurunan MAP sebesar 20–30% dari nilai dasar atau mencapai 50–65 mmHg. Pengukuran MAP dilakukan menggunakan tensimeter noninvasif, kualitas lapangan operasi dinilai menggunakan skor Fromme-Boezaart, dan fungsi kognitif dievaluasi menggunakan Mini Mental State Examination (MMSE). Data dianalisis secara univariat dan bivariat, dengan uji normalitas Shapiro–Wilk serta uji t berpasangan untuk membandingkan perubahan sebelum dan sesudah intervensi dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komisi Etik RSUP Prof. Dr. R. D. Kandou Manado No.020/EA/KEPK-KANDOU/I/2026 dan dilaksanakan sesuai prinsip Deklarasi Helsinki.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Subjek Penelitian

Penelitian ini melibatkan sebanyak 15 pasien yang menjalani operasi timpanoplasti dan memenuhi kriteria inklusi. Karakteristik subjek penelitian meliputi usia, jenis kelamin, status fisik ASA, dan skor Fromme–Boezaart. Rerata usia subjek adalah $31,80 \pm 13,43$ tahun dengan rentang usia 17 hingga 54 tahun. Berdasarkan jenis kelamin, sebagian besar subjek berjenis kelamin perempuan yaitu 9 orang (60%), sedangkan laki-laki sebanyak 6 orang (40%). Distribusi status fisik berdasarkan klasifikasi ASA menunjukkan sebagian besar pasien termasuk dalam ASA II sebanyak 13 orang (86,7%), sedangkan ASA I sebanyak 2 orang (13,3%). Tidak terdapat pasien dengan klasifikasi ASA III atau lebih. Skor Fromme–Boezaart yang digunakan untuk menilai kualitas lapangan operasi menunjukkan distribusi yang merata pada tiga kategori. Skor 1, skor 2, dan skor 3 masing-masing diperoleh oleh 5 pasien (33,3%) pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Subjek Penelitian.

Variabel	N (15)	Persentase (%)	Mean \pm SD	Min–Max
Usia (tahun)	–	–	$31,80 \pm 13,43$	17–54
Jenis Kelamin				
Laki-laki	6	40,0	–	–
Perempuan	9	60,0	–	–
Status ASA				
ASA I	2	13,3	–	–
ASA II	13	86,7	–	–
Skor Fromme				
Skor 1	5	33,3	–	–
Skor 2	5	33,3	–	–
Skor 3	5	33,3	–	–

Perbandingan efektivitas NTG terhadap MAP pada pasien yang menjalani operasi timpanoplasti

Tekanan darah rerata (*Mean Arterial Pressure*, MAP) diukur sebelum dan sesudah pemberian nitrogliserin pada seluruh subjek penelitian. Hasil analisis menunjukkan bahwa rerata MAP sebelum pemberian nitrogliserin adalah $94,87 \pm 3,16$ mmHg, dengan nilai minimum 90 mmHg dan maksimum 100 mmHg. Setelah pemberian nitrogliserin secara titrasi, rerata MAP menurun menjadi $75,47 \pm 3,58$ mmHg, dengan rentang nilai antara 71 hingga 83 mmHg. Seluruh pasien menunjukkan penurunan MAP setelah intervensi. Selisih antara MAP

sebelum dan sesudah pemberian nitroglicerin (Delta MAP) memiliki rerata sebesar $19,40 \pm 2,75$ mmHg, dengan nilai minimum 15 mmHg dan maksimum 24 mmHg.

Uji normalitas dilakukan terhadap variabel MAP sebelum pemberian nitroglicerin, MAP sesudah pemberian nitroglicerin, dan Delta MAP menggunakan uji Shapiro–Wilk karena jumlah sampel kurang dari 50 subjek. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa nilai MAP sebelum pemberian nitroglicerin memiliki nilai signifikansi (p) sebesar 0,355, MAP sesudah pemberian nitroglicerin sebesar 0,232, dan Delta MAP sebesar 0,311. Seluruh variabel memiliki nilai $p > 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa distribusi data untuk ketiga variabel tersebut mengikuti distribusi normal.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Shapiro-Wilk.

Variabel	Statistik Shapiro–Wilk	p-value
MAP sebelum NTG	0,946	0,355
MAP sesudah NTG	0,925	0,232

Untuk mengetahui efektivitas nitroglicerin dalam menurunkan tekanan darah rerata, dilakukan uji Paired Samples t-test antara MAP sebelum dan sesudah pemberian nitroglicerin. Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara MAP sebelum dan sesudah pemberian nitroglicerin ($p < 0,001$). Rerata MAP sebelum pemberian nitroglicerin adalah $94,87 \pm 3,16$ mmHg, sedangkan rerata MAP sesudah pemberian nitroglicerin adalah $75,47 \pm 3,58$ mmHg. Selisih rerata (mean difference) antara kedua pengukuran adalah $19,40 \pm 2,75$ mmHg, yang menunjukkan bahwa seluruh pasien mengalami penurunan MAP setelah pemberian nitroglicerin ($p < 0,001$).

Tabel 3. Perbandingan efektivitas NTG terhadap MAP pada pasien yang menjalani operasi timpanoplasti.

Variabel	Mean (mmHg)	SD (mmHg)	p-value
MAP sebelum NTG	94,87	3,16	
MAP sesudah NTG	75,47	3,58	<0,001
Delta MAP	19,40	2,75	

Perbandingan efektivitas NTG terhadap skor fromme boezaart pada operasi timpanoplasti

Untuk mengetahui hubungan antara besarnya penurunan tekanan darah rerata (Delta MAP) dan kualitas lapangan operasi yang dinilai menggunakan skor Fromme–Boezaart, dilakukan analisis korelasi menggunakan uji Spearman. Analisis korelasi Spearman menunjukkan hasil dengan nilai koefisien korelasi $\rho = -0,955$ dan nilai signifikansi $p < 0,001$.

Hal ini mengindikasikan adanya hubungan negatif yang kuat dan bermakna secara statistik antara kedua variabel tersebut.

Tabel 4. Hasil Uji Korelasi Delta MAP dan Skor Fromme–Boezaart.

Uji Korelasi	Koefisien Korelasi	p-value
Spearman	-0,955	< 0,001

Selain itu, dilakukan uji Kruskal–Wallis untuk membandingkan nilai Delta MAP berdasarkan kategori skor Fromme–Boezaart. Hasil uji menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna antara kelompok skor Fromme dengan nilai $p = 0,002$. Hasil ini menunjukkan bahwa kelompok dengan skor Fromme yang lebih rendah memiliki nilai Delta MAP yang lebih besar.

Tabel 5. Hasil Uji Kruskal–Wallis Delta MAP Berdasarkan Skor Fromme-Boezaart.

Variabel	Mean Rank Skor 1	Mean Rank Skor 2	Mean Rank Skor 3	H	df	p-value
Delta MAP	13,00	8,00	3,00	12,774	2	0,002*

*Kruskal–Wallis test; signifikan pada $p < 0,05$.

Berdasarkan tabel 5, nilai *mean rank* Delta MAP menunjukkan pola penurunan bertahap seiring dengan meningkatnya skor Fromme–Boezaart. Kelompok dengan skor 1 memiliki *mean rank* tertinggi (13,00), diikuti skor 2 (8,00), dan skor 3 (3,00). Pola ini menunjukkan bahwa pasien dengan kualitas lapangan operasi yang lebih baik (skor Fromme lebih rendah) cenderung memiliki nilai Delta MAP yang lebih tinggi dibandingkan pasien dengan skor lapangan operasi yang lebih buruk.

Penurunan *mean rank* tersebut mengindikasikan adanya hubungan terbalik antara besarnya penurunan tekanan arteri rata-rata (Delta MAP) dengan skor Fromme–Boezaart. Artinya, semakin besar penurunan MAP yang dicapai melalui pemberian nitrogliserin, semakin baik kualitas lapangan operasi yang dihasilkan. Sebaliknya, apabila penurunan MAP lebih kecil, skor Fromme cenderung lebih tinggi, yang mencerminkan visualisasi lapangan operasi yang kurang optimal akibat perdarahan yang lebih banyak.

Secara statistik, perbedaan ini bermakna ($H = 12,774$; $df = 2$; $p = 0,002$), yang menunjukkan bahwa distribusi Delta MAP berbeda secara signifikan antar kelompok skor Fromme. Dengan demikian, hasil ini mendukung hipotesis bahwa kontrol hipotensi yang adekuat berkontribusi terhadap perbaikan kualitas lapangan operasi pada timpanoplasti.

Gambaran MMSE sebelum operasi dan setelah operasi pada pasien yang menjalani operasi timpanoplasti yang mendapatkan NTG

Untuk menilai perubahan fungsi kognitif sebelum dan sesudah operasi, dilakukan analisis terhadap skor Mini Mental State Examination (MMSE) preoperatif dan pascaoperatif.

Hasil analisis menunjukkan bahwa rerata skor MMSE sebelum operasi adalah $29,53 \pm 0,64$, sedangkan rerata skor MMSE setelah operasi adalah $27,47 \pm 0,64$. Rerata selisih (Delta MMSE) sebesar $2,07 \pm 0,26$ pada seluruh pasien. MMSE mengalami penurunan secara kuantitatif, tapi tidak secara kualitatif (masih dalam rentang normal)

Uji normalitas terhadap Delta MMSE menunjukkan distribusi data tidak normal ($p < 0,05$), sehingga analisis perbandingan dilakukan menggunakan uji Wilcoxon Signed Rank Test. Hasil uji Wilcoxon menunjukkan terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara skor MMSE sebelum dan sesudah operasi dengan nilai $p < 0,001$. Seluruh subjek mengalami penurunan skor MMSE pascaoperasi tanpa terdapat nilai yang tetap atau meningkat.

Tabel 7. Gambaran Skor MMSE Sebelum dan Sesudah Operasi pada Pasien yang Mendapatkan NTG.

Variabel	Mean	SD	Z	p-value
MMSE Preoperatif	29,53	0,64		
MMSE Postoperatif	27,47	0,64	-3,771	<0,001
Delta MMSE	2,07	0,26		

PEMBAHASAN

Perbandingan Efektivitas Nitrogliserin terhadap Tekanan Darah Rerata

Berdasarkan karakteristik klinis subjek, seluruh pasien dalam penelitian ini termasuk dalam status fisik ASA I dan ASA II. Pada kelompok ASA II, komorbid yang ditemukan meliputi diabetes melitus terkontrol, leukositosis, asma terkontrol, dan hipokalemia. Tidak terdapat pasien dengan riwayat hipertensi maupun yang diikutsertakan dalam penelitian ini. Karakteristik ini penting untuk disampaikan karena dapat membantu pembaca memahami bahwa populasi penelitian relatif stabil secara hemodinamik, sehingga perubahan tekanan arteri rerata yang diamati lebih mungkin berkaitan dengan efek pemberian nitrogliserin dan tata laksana anestesi intraoperatif dibandingkan dipengaruhi oleh hipertensi sebagai faktor perancu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian nitrogliserin secara titrasi menyebabkan penurunan tekanan darah rerata yang bermakna secara statistik. Rerata MAP sebelum pemberian nitrogliserin adalah $94,87 \pm 3,16$ mmHg dan menurun menjadi $75,47 \pm 3,58$ mmHg setelah pemberian nitrogliserin, dengan selisih rerata sebesar $19,40 \pm 2,75$ mmHg. Hasil ini menunjukkan bahwa nitrogliserin efektif dalam menghasilkan hipotensi terkontrol selama prosedur timpanoplasti.

Selain menunjukkan penurunan MAP yang bermakna, hasil pengamatan intraoperatif juga memperlihatkan bahwa setelah pemberian nitrogliserin dan tercapainya target MAP, tidak ditemukan adanya lonjakan tekanan darah pada periode awal pembedahan. Secara khusus, dalam 15 menit pertama sejak dimulainya insisi, tekanan arteri rerata relatif stabil tanpa memerlukan peningkatan dosis atau titrasi tambahan nitrogliserin. Temuan ini mengindikasikan bahwa efek vasodilatasi nitrogliserin yang diberikan secara titrasi mampu mempertahankan kondisi hipotensi terkontrol secara konsisten pada fase awal stimulasi pembedahan, yang umumnya berisiko memicu respons simpatis berupa peningkatan tekanan darah. Stabilitas hemodinamik pada periode ini memiliki implikasi klinis yang penting, karena fase awal insisi merupakan salah satu momen dengan rangsangan nosiseptif tertinggi yang dapat memicu peningkatan tekanan arteri. Tidak ditemukannya lonjakan tekanan darah menunjukkan bahwa kombinasi titrasi nitrogliserin dan manajemen anestesi yang digunakan dalam penelitian ini cukup efektif dalam menekan respons simpatis intraoperatif, sehingga turut berkontribusi terhadap tercapainya kondisi lapangan operasi yang optimal. Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Eldeen et al. (2022) yang melakukan studi klinis komparatif mengenai penggunaan magnesium sulphate, lidocaine, dan nitrogliserin untuk hipotensi terkontrol pada pasien yang menjalani timpanoplasti. Dalam penelitian tersebut dilaporkan bahwa nitrogliserin mampu menurunkan tekanan arteri secara efektif serta memberikan kondisi hemodinamik yang stabil selama prosedur pembedahan. Hasil ini juga konsisten dengan penelitian komparatif sebelumnya mengenai hipotensi terkontrol pada operasi endoscopic sinus surgery, yang menunjukkan bahwa nitrogliserin dapat digunakan sebagai agen hipotensi untuk menurunkan tekanan darah sistemik sehingga membantu mengoptimalkan kondisi intraoperatif selama pembedahan (A. HRA et al., 2022).

Secara molekuler, nitrogliserin merupakan donor nitric oxide yang mengalami biotransformasi di dalam sel otot polos vaskular melalui aktivasi aldehyde dehydrogenase mitokondria. Nitric oxide yang dilepaskan kemudian mengaktifasi enzim soluble guanylate cyclase, yang meningkatkan produksi cyclic guanosine monophosphate. Peningkatan konsentrasi cGMP akan menginaktivasi myosin light chain kinase melalui mekanisme penurunan konsentrasi kalsium intraseluler dan peningkatan aktivitas myosin light chain phosphatase, sehingga terjadi relaksasi otot polos vaskular. Relaksasi ini terutama dominan pada sistem vena, menyebabkan venodilatasi yang signifikan dan penurunan preload. Pada dosis yang lebih tinggi atau titrasi progresif, efek juga meluas ke arteriol sistemik sehingga menurunkan systemic vascular resistance dan berkontribusi terhadap penurunan tekanan arteri rerata.

Dari sudut pandang hemodinamik makroskopik, MAP ditentukan oleh hasil kali curah jantung dan resistensi vaskular sistemik. Penurunan preload akibat venodilatasi akan mengurangi pengisian ventrikel dan volume sekuncup, sementara penurunan resistensi arteriol menurunkan afterload. Kombinasi kedua mekanisme tersebut menjelaskan penurunan MAP yang konsisten pada seluruh subjek penelitian ini. Besarnya penurunan rerata sebesar sekitar 19 mmHg menunjukkan respons vaskular yang homogen, kemungkinan dipengaruhi oleh karakteristik subjek yang sebagian besar termasuk dalam klasifikasi ASA II dengan cadangan kardiovaskular yang relatif baik.

Dalam konteks anestesi umum, efek nitrogliserin terhadap tekanan arteri tidak terjadi secara terisolasi, melainkan berinteraksi dengan agen anestetik inhalasi maupun intravena yang juga memiliki efek vasodilatasi dan depresan miokard ringan. Agen seperti sevoflurane dan propofol diketahui menurunkan tonus vaskular melalui modulasi kanal kalsium dan aktivitas simpatis, sehingga dapat memperkuat efek penurunan tekanan darah ketika dikombinasikan dengan nitrogliserin. Meskipun detail dosis spesifik dalam penelitian ini tidak dianalisis, pola penurunan MAP yang stabil dan konsisten menunjukkan bahwa titrasi nitrogliserin dalam setting anestesi umum mampu menghasilkan hipotensi terkontrol tanpa fluktuasi ekstrem.

Aspek penting lainnya adalah bahwa rerata MAP pasca intervensi tetap berada pada kisaran 75 mmHg, yang secara fisiologis masih berada dalam batas aman untuk mempertahankan autoregulasi serebral pada individu dewasa tanpa gangguan vaskular berat. Autoregulasi serebral mempertahankan aliran darah otak relatif konstan pada rentang MAP tertentu melalui mekanisme vasodilatasi dan vasokonstriksi arteriol serebral. Dengan mempertahankan MAP di atas ambang kritis perfusi, strategi hipotensi terkontrol memungkinkan optimalisasi lapangan operasi tanpa meningkatkan risiko iskemia serebral pada populasi penelitian ini.

Jika dikaitkan langsung dengan temuan numerik penelitian, penurunan rerata dari 94,87 mmHg menjadi 75,47 mmHg mencerminkan intervensi yang efektif namun tetap dalam rentang fisiologis yang dapat ditoleransi. Tidak ditemukan episode hipotensi ekstrem yang dilaporkan, dan distribusi nilai pasca intervensi relatif sempit, yang menunjukkan kestabilan respons hemodinamik. Temuan ini memperkuat bahwa penggunaan nitrogliserin sebagai agen hipotensi terkontrol pada timpanoplasti dapat menghasilkan penurunan tekanan arteri yang signifikan, konsisten, dan secara fisiologis dapat diterima.

Secara keseluruhan, data penelitian ini mendukung bahwa nitrogliserin melalui mekanisme molekuler nitric oxide-cGMP dan efek hemodinamik sistemiknya mampu

menurunkan MAP secara terkontrol dalam setting anestesi umum, dengan profil penurunan yang stabil dan berada dalam rentang perfusi yang aman pada populasi yang diteliti.

Hubungan antara Delta MAP dan Skor Fromme–Boezaart

Penelitian ini menunjukkan adanya korelasi negatif yang sangat kuat antara besarnya penurunan MAP dan skor Fromme–Boezaart, dengan koefisien korelasi Pearson sebesar -0,967 dan hasil uji nonparametrik yang konsisten. Temuan ini mengindikasikan bahwa semakin besar penurunan tekanan arteri rerata, semakin baik kualitas lapangan operasi yang diperoleh. Hal ini sejalan dengan konsep yang dijelaskan oleh Alicandri-Ciufelli et al. (n.d.) dalam systematic literature review mengenai sistem penilaian perdarahan pada operasi endoskopi, yang menjelaskan bahwa skor Fromme–Boezaart digunakan untuk menilai kualitas lapangan operasi berdasarkan derajat perdarahan dan kebutuhan suction selama prosedur pembedahan. Selain itu, penelitian lain oleh Alicandri-Ciufelli et al. (n.d.) yang mengevaluasi penggunaan Fromme-Boezaart surgical field grading scale juga menunjukkan bahwa skor tersebut merupakan metode yang valid untuk menilai kualitas lapangan operasi selama prosedur THT, terutama pada operasi endoskopi dan operasi telinga tengah.

Selain menunjukkan adanya korelasi negatif yang sangat kuat antara penurunan MAP dan skor Fromme–Boezaart, temuan ini juga memiliki implikasi terhadap efisiensi operatif. Dalam penelitian ini, rerata durasi operasi yang diperoleh adalah sekitar 60 menit. Durasi tersebut berada dalam kisaran waktu yang dilaporkan dalam literatur, di mana prosedur timpanoplasti umumnya berlangsung sekitar 60 hingga 120 menit tergantung kompleksitas kasus dan kondisi lapangan operasi. Hubungan ini dapat dijelaskan secara fisiologis dan operatif. Secara fisiologis, kualitas lapangan operasi sangat dipengaruhi oleh tekanan perfusi kapiler dan gradien tekanan antara sisi arteriol dan venula pada jaringan yang mengalami manipulasi pembedahan. Tekanan arteri sistemik merupakan determinan utama tekanan hidrostatik pada sisi arteriol mikrosirkulasi. Penurunan MAP akan menurunkan tekanan transmural kapiler, sehingga mengurangi filtrasi plasma dan ekstrasvasasi darah ke lapangan operasi. Penurunan MAP yang adekuat akan menurunkan tekanan perfusi kapiler sehingga mengurangi perdarahan mikro dan meningkatkan visibilitas lapangan operasi. Kondisi lapangan operasi yang lebih kering, yang tercermin dari skor Fromme–Boezaart yang lebih rendah, memungkinkan operator bekerja dengan lebih presisi dan efisien tanpa gangguan visual akibat perdarahan. Dengan demikian, kombinasi antara kontrol hipotensi yang optimal melalui pemberian nitrogliserin dan perbaikan kualitas lapangan operasi tidak hanya memberikan keuntungan dari sisi hemodinamik, tetapi juga berdampak pada efisiensi waktu pembedahan.

Pada jaringan mukosa telinga tengah dan mastoid, vaskularisasi berasal dari cabang arteri karotis eksterna yang memiliki suplai arteriol terminal dengan kapasitas vasokonstriksi terbatas. Dalam kondisi tekanan arteri tinggi, tekanan kapiler meningkat sehingga mempermudah perdarahan mikro difus yang dapat mengganggu visibilitas operator. Penurunan MAP secara terkontrol akan menurunkan tekanan perfusi regional tanpa sepenuhnya menghentikan aliran darah, sehingga menghasilkan lapangan operasi yang lebih kering dan stabil. Hubungan kuat yang ditemukan dalam penelitian ini dapat dijelaskan melalui mekanisme bahwa penurunan tekanan arteri sistemik secara proporsional menurunkan tekanan pada sisi arteriol pra-kapiler. Hal ini mengurangi kecepatan aliran darah mikro dan tekanan keluar darah dari pembuluh yang terbuka akibat insisi jaringan. Secara klinis, kondisi tersebut tercermin dalam penurunan skor Fromme yang menunjukkan visibilitas yang lebih baik dan kebutuhan suction yang lebih minimal (Alicandri-Ciufelli et al., n.d.).

Selain tekanan arteri sistemik, faktor lain seperti posisi elevasi kepala dan pemeliharaan normokapnia juga berperan dalam mengoptimalkan kondisi lapangan operasi. Elevasi kepala 15 derajat dapat menurunkan tekanan vena sentral dan tekanan hidrostatis di daerah kepala, sehingga turut berkontribusi terhadap reduksi perdarahan. Pemeliharaan normokapnia mencegah vasodilatasi serebral yang dapat meningkatkan aliran darah regional dan memperburuk perdarahan. Kombinasi faktor-faktor ini bersama hipotensi terkontrol kemungkinan menghasilkan respons yang relatif homogen dalam penelitian ini. Secara keseluruhan, temuan ini mendukung bahwa penurunan MAP melalui mekanisme vasodilatasi sistemik nitrogliserin berkontribusi signifikan terhadap perbaikan kualitas lapangan operasi pada timpanoplasti, melalui modulasi tekanan perfusi kapiler dan dinamika aliran mikro yang memengaruhi perdarahan intraoperatif.

Target MAP dan Keamanan Perfusi Organ

Strategi hipotensi terkontrol dalam anestesi tidak hanya bertujuan menurunkan tekanan arteri sistemik, tetapi juga harus mempertahankan perfusi organ vital dalam batas aman. Dalam penelitian ini, rerata MAP setelah pemberian nitrogliserin adalah $75,47 \pm 3,58$ mmHg, yang masih berada dalam rentang yang secara fisiologis dapat ditoleransi oleh sistem autoregulasi organ, khususnya serebral dan renal. Nilai tersebut menunjukkan bahwa meskipun terjadi penurunan signifikan dibandingkan kondisi awal, tekanan arteri tidak mencapai ambang hipotensi kritis.

Dalam konteks keamanan, penting untuk ditekankan bahwa strategi hipotensi terkontrol yang digunakan dalam penelitian ini tidak hanya efektif dalam menurunkan MAP, tetapi juga tidak disertai dengan komplikasi klinis yang bermakna. Pada seluruh 15 subjek

penelitian, tidak ditemukan kejadian hipotensi persisten pada periode pascaoperatif di ruang pemulihan yang memerlukan intervensi tambahan. Hal ini menunjukkan bahwa efek farmakologis nitrogliserin yang bersifat cepat dan berdurasi pendek memungkinkan kontrol hemodinamik yang baik selama intraoperatif tanpa menimbulkan efek residu yang berkepanjangan.

Selain itu, meskipun terdapat penurunan skor MMSE secara statistik, tidak ditemukan adanya gangguan fungsi kognitif yang bermakna secara klinis pada seluruh subjek penelitian. Nilai MMSE pascaoperasi tetap berada dalam rentang normal, sehingga perubahan yang terjadi lebih mencerminkan fenomena kognitif sementara pascaoperasi dibandingkan dengan disfungsi neurologis yang signifikan. Temuan ini mendukung bahwa penurunan MAP yang dicapai melalui pemberian nitrogliserin masih berada dalam batas aman autoregulasi serebral dan tidak menyebabkan hipoperfusi otak yang bermakna.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hipotensi terkendali menggunakan nitrogliserin pada prosedur timpanoplasti tidak hanya efektif dalam memperbaiki kualitas lapangan operasi, tetapi juga memiliki profil keamanan yang baik pada populasi yang diteliti, tanpa ditemukan komplikasi berupa hipotensi persisten maupun gangguan kognitif pascaoperasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Manquat et al. (2023) mengenai autoregulasi serebral terhadap perubahan MAP selama anestesi umum menunjukkan bahwa sistem autoregulasi serebral mampu mempertahankan aliran darah otak dalam rentang MAP tertentu sehingga perubahan tekanan arteri tidak selalu menyebabkan gangguan perfusi serebral apabila masih berada dalam batas fisiologis. Selain itu, penelitian oleh Mewes et al. (2025) mengenai optimal mean arterial pressure berdasarkan autoregulasi serebral selama pembedahan juga menunjukkan bahwa pemeliharaan MAP dalam rentang yang sesuai dapat membantu mempertahankan perfusi organ vital selama prosedur anestesi.

Secara fisiologis, perfusi jaringan ditentukan oleh perbedaan antara tekanan arteri dan tekanan vena, yang dikenal sebagai perfusion pressure. Pada otak, cerebral perfusion pressure merupakan selisih antara MAP dan tekanan intrakranial atau tekanan vena sentral. Mekanisme autoregulasi serebral memungkinkan aliran darah otak dipertahankan relatif konstan dalam rentang MAP tertentu melalui respons vasokonstriksi dan vasodilatasi arteriol serebral. Mekanisme ini bergantung pada integritas endotel vaskular, respons miogenik otot polos, dan modulasi metabolik lokal.

Pada individu dewasa tanpa gangguan vaskular berat, batas bawah autoregulasi serebral umumnya berada pada kisaran MAP sekitar 60–70 mmHg, meskipun dapat bervariasi antar

individu. Dengan rerata MAP pasca intervensi sekitar 75 mmHg dalam penelitian ini, tekanan perfusi serebral secara teoritis tetap berada dalam zona autoregulasi, sehingga risiko hipoperfusi serebral akut dapat diminimalkan. Temuan ini menjadi penting mengingat prosedur dilakukan dalam anestesi umum, di mana agen anestetik sendiri dapat memodulasi respons vaskular serebral.

Selain otak, ginjal juga merupakan organ yang sensitif terhadap penurunan tekanan arteri sistemik. Perfusi renal bergantung pada autoregulasi arteriol aferen melalui mekanisme tubuloglomerular feedback dan respons miogenik. Penurunan MAP yang terlalu drastis dapat menurunkan laju filtrasi glomerulus dan meningkatkan risiko cedera ginjal akut. Namun demikian, nilai MAP dalam penelitian ini tidak berada pada rentang hipotensi berat, sehingga secara fisiologis masih dalam batas yang relatif aman untuk mempertahankan perfusi ginjal pada populasi tanpa penyakit komorbid berat.

Fokus terhadap hipotensi intraoperatif semakin meningkat karena bukti menunjukkan bahwa episode hipotensi yang berkepanjangan berhubungan dengan cedera organ pascaoperasi, termasuk cedera ginjal dan cedera miokard. Oleh karena itu, konsep hipotensi terkontrol bukan sekadar menurunkan tekanan darah, tetapi menjaga keseimbangan antara optimalisasi lapangan operasi dan proteksi organ vital. Dalam penelitian ini, distribusi nilai MAP pasca intervensi relatif sempit dan tidak menunjukkan fluktuasi ekstrem, yang mengindikasikan stabilitas hemodinamik selama periode observasi.

Jika dikaitkan dengan hasil numerik, penurunan rerata sekitar 19 mmHg menghasilkan kondisi lapangan operasi yang lebih baik tanpa menurunkan MAP ke tingkat yang berpotensi melampaui batas bawah autoregulasi. Kombinasi ini menunjukkan bahwa strategi titrasi nitrogliserin mampu mencapai dua tujuan simultan, yaitu reduksi tekanan perfusi regional untuk mengurangi perdarahan, serta mempertahankan tekanan sistemik dalam batas fisiologis yang aman.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menggambarkan bahwa hipotensi terkontrol yang dicapai berada dalam rentang yang kompatibel dengan mekanisme autoregulasi organ vital, sehingga secara teoritis dapat meminimalkan risiko hipoperfusi akut sambil tetap memberikan keuntungan operatif.

Skor MMSE

Penelitian ini menunjukkan adanya penurunan skor Mini Mental State Examination setelah operasi dengan rerata Delta MMSE sekitar -2 poin dan bermakna secara statistik. Seluruh subjek mengalami penurunan skor tanpa terdapat nilai yang meningkat atau tetap.

Meskipun secara statistik signifikan, interpretasi klinis dari temuan ini tidak menunjukkan adanya penurunan fungsi kognitif secara kualitatif.

Penurunan fungsi kognitif setelah operasi telah banyak dilaporkan dalam literatur sebagai postoperative cognitive dysfunction (POCD). Travica et al. (2023) dalam umbrella review mengenai faktor risiko POCD melaporkan bahwa perubahan kognitif dapat terjadi pada periode awal pascaoperasi akibat berbagai faktor seperti efek anestesi, perubahan hemodinamik intraoperatif, serta respons inflamasi sistemik. Selain itu, Pas et al. (2022) dalam narrative review mengenai skrining gangguan kognitif perioperatif menyatakan bahwa pemeriksaan menggunakan MMSE sering digunakan untuk menilai perubahan fungsi kognitif pada pasien yang menjalani prosedur pembedahan. Penelitian lain oleh Park et al. (2024) juga menunjukkan bahwa perubahan fungsi kognitif ringan dapat terjadi pada periode awal pascaoperasi dan sering bersifat sementara tanpa menyebabkan gangguan kognitif permanen.

Penurunan fungsi kognitif pada periode awal pascaoperasi merupakan fenomena yang telah banyak dilaporkan dalam literatur sebagai early postoperative cognitive change atau bagian dari spektrum postoperative cognitive dysfunction. Perubahan ini sering bersifat sementara dan dipengaruhi oleh kombinasi faktor anestesi, respons inflamasi sistemik, stres bedah, gangguan tidur, serta efek residu obat anestetik terhadap sistem saraf pusat.

Secara neurofisiologis, anestesi umum memengaruhi aktivitas neuronal melalui modulasi reseptor GABA A, NMDA, dan sistem kolinergik sentral. Agen anestetik inhalasi maupun intravena dapat menurunkan aktivitas kortikal global dan mengubah konektivitas jaringan neuronal, terutama pada area hipokampus dan korteks prefrontal yang berperan dalam memori dan fungsi eksekutif. Penurunan sementara fungsi ini dapat tercermin dalam skor MMSE yang lebih rendah pada periode awal pascaoperasi.

Selain efek langsung anestesi, proses inflamasi sistemik akibat trauma bedah juga berperan. Pelepasan sitokin proinflamasi seperti interleukin-6 dan tumor necrosis factor-alpha dapat memengaruhi permeabilitas sawar darah otak dan memodulasi fungsi sinaptik. Mekanisme ini diduga berkontribusi terhadap gangguan kognitif sementara yang sering ditemukan pada periode pascaoperasi awal, terutama dalam 24–72 jam pertama.

Dalam penelitian ini, penurunan rerata sekitar dua poin terjadi pada populasi dengan usia relatif muda dan status ASA dominan II. Tidak terdapat data yang menunjukkan defisit neurologis fokal atau komplikasi hemodinamik berat selama operasi. Selain itu, MAP pasca intervensi berada dalam rentang yang kompatibel dengan autoregulasi serebral (Pas et al., 2022; Park et al., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa penurunan skor MMSE kemungkinan

lebih berkaitan dengan efek anestesi umum dan respons sistemik terhadap pembedahan dibandingkan dengan hipoperfusi serebral akibat hipotensi intraoperatif.

Literatur juga menunjukkan bahwa perubahan kognitif ringan pascaoperasi tidak selalu berlanjut menjadi disfungsi jangka panjang, terutama pada pasien tanpa gangguan kognitif praoperatif (Park et al., 2024). Oleh karena itu, meskipun hasil statistik menunjukkan perbedaan bermakna, temuan ini lebih tepat dipahami sebagai perubahan kognitif sementara pada fase awal pascaoperasi daripada indikasi cedera neurologis permanen. Secara keseluruhan, penurunan skor MMSE dalam penelitian ini mencerminkan fenomena kognitif pascaoperasi yang ringan dan kemungkinan bersifat sementara, tanpa bukti bahwa strategi hipotensi terkontrol yang digunakan menyebabkan gangguan perfusi serebral yang signifikan.

KESIMPULAN

- a. Pemberian nitrogliserin pada pasien yang menjalani operasi timpanoplasti efektif menurunkan tekanan darah rerata (MAP) secara bermakna dibandingkan sebelum pemberian, dengan penurunan yang tetap dalam rentang perfusi organ yang aman.
- b. Terdapat hubungan yang kuat dan bermakna antara besar penurunan MAP (Delta MAP) dan skor Fromme–Boezaart, di mana semakin besar penurunan MAP maka semakin baik kualitas lapangan operasi yang dihasilkan.
- c. Terdapat penurunan skor MMSE pascaoperasi yang bermakna secara statistik dibandingkan sebelum operasi, namun penurunan tersebut bersifat ringan dan masih berada dalam rentang fungsi kognitif normal.
- d. Nitrogliserin efektif mengurangi perdarahan pada operasi timpanoplasti.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan nitrogliserin sebagai agen hipotensi terkontrol dapat menjadi strategi yang efektif dalam meningkatkan kualitas lapangan operasi pada prosedur timpanoplasti. Oleh karena itu, dalam praktik klinis anestesi THT, titrasi nitrogliserin dapat dipertimbangkan sebagai bagian dari protokol manajemen hemodinamik intraoperatif dengan pemantauan tekanan arteri yang ketat dan individualisasi dosis sesuai respons pasien.

Dalam penerapan klinis, penting untuk mempertahankan MAP dalam rentang yang kompatibel dengan mekanisme autoregulasi organ vital, khususnya serebral dan renal, guna mencegah risiko hipoperfusi. Pendekatan hipotensi terkontrol hendaknya tidak hanya berorientasi pada penurunan tekanan darah, tetapi juga pada keseimbangan antara optimalisasi visibilitas lapangan operasi dan keamanan fisiologis pasien.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan studi longitudinal untuk menilai progresivitas dari efektivitas NTG. Penambahan parameter pemantauan perfusi organ seperti saturasi oksigen serebral atau biomarker cedera ginjal akan memberikan evaluasi keamanan yang lebih komprehensif. Selain itu, evaluasi fungsi kognitif jangka panjang dengan tindak lanjut pascaoperasi yang lebih lama diperlukan untuk menilai apakah perubahan kognitif yang ditemukan bersifat sepenuhnya reversibel atau memiliki implikasi klinis jangka panjang. Penelitian lanjutan dengan pendekatan multidisiplin antara anesthesiologi dan bedah THT akan memperkuat pemahaman mengenai strategi hipotensi terkontrol yang optimal dan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- A. H. R. A., M. D. K. S., N. A., M. G., & O. K. K. (2022). Induced hypotension for functional endoscopic sinus surgery: Comparison between dexmedetomidine and nitroglycerine. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 10(11), 2427–2433. <https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20222837>
- Ahmed, R. A., Al-Dabbagh, D. A., & Fadhel, D. R. (2024). Comparison study between sevoflurane/remifentanil with isoflurane/remifentanil to induce hypotension in rhinoplasty operations. *South East European Journal of Public Health*, 631–638. <https://doi.org/10.70135/seejph.vi.1234>
- Alicandri-Ciuffelli, M., Molinari, G., Presutti, L., & Di Saverio, S. (n.d.). *Bleeding evaluation in endoscopic surgery: A systematic literature review of scoring systems*.
- Alicandri-Ciuffelli, M., Pingani, G., Gm, G., & Presutti, L. (n.d.). *The Fromme-Boezaart surgical field grading scale in non-native English speaking context*.
- Cardesín, A., Pontes, C., Rosell, R., et al. (2014). Hypotensive anaesthesia and bleeding during endoscopic sinus surgery: An observational study. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 271(6), 1505–1511. <https://doi.org/10.1007/s00405-013-2700-0>
- de la Torre, J. C. (2016). Cerebral perfusion enhancing interventions: A new strategy for the prevention of Alzheimer dementia. *Brain Pathology*, 26(5), 618. <https://doi.org/10.1111/bpa.12405>
- Eldeen, A. Y. N., Saleh, Z. T., Elattar, H. A. E., & Aamer, R. M. (2022). Magnesium sulphate, lidocaine or nitroglycerin for controlled hypotension and quality of the surgical field in patients undergoing tympanoplasty. *The Egyptian Journal of Hospital Medicine*, 88(1), 2861–2870. <https://doi.org/10.21608/ejhm.2022.242549>
- Elsabeeny, W. Y., Shehab, N. N., Ibrahim, M. A., et al. (2023). Management of incidental uncontrolled elevation of intraoperative blood pressure: A comparative study on nitroglycerine versus dexmedetomidine infusion. *Anesthesiology and Pain Medicine*, 13(2), e135779. <https://doi.org/10.5812/aapm-134806>
- Manquat, E., Ravoux, H., Souilamas, J., et al. (2023). Cerebral autoregulation and cerebral blood flow response to mean arterial pressure challenge following induction of

- general anaesthesia for neuroradiology procedure. *Frontiers in Anesthesiology*, 2, Article 1169961. <https://doi.org/10.3389/fanes.2023.1169961>
- Mewes, C., Wei, P., Yang, Y., et al. (2025). Cerebrovascular autoregulation-based optimal mean arterial pressure during prostate surgery: A secondary analysis of a prospective cohort study. *Therapeutics and Clinical Risk Management*, 21, 757–767. <https://doi.org/10.2147/TCRM.S505676>
- Nilsson, U., Liander, K., Rooyackers, O., & Eriksson, L. I. (2019). Patients' experiences of early postoperative cognition and its relation to cognitive decline and inflammatory responses: A protocol for a mixed-methods study. *BMJ Open*, 9(12), e032650. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-032650>
- Park, S., Kim, J., Ha, Y., Kim, K. N., Yi, S., & Koo, B. N. (2024). Preoperative mild cognitive impairment as a risk factor of postoperative cognitive dysfunction in elderly patients undergoing spine surgery. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1292942>
- Sanicola, H. W., Stewart, C. E., Luther, P., et al. (2023). Pathophysiology, management, and therapeutics in subarachnoid hemorrhage and delayed cerebral ischemia: An overview. *Pathophysiology*, 30(3), 420–442. <https://doi.org/10.3390/pathophysiology30030032>
- Tassorelli, C., Joseph, S. A., Buzzi, M. G., & Nappi, G. (1999). The effects on the central nervous system of nitroglycerin: Putative mechanisms and mediators. *Progress in Neurobiology*, 57(6), 607–624. [https://doi.org/10.1016/S0301-0082\(98\)00071-9](https://doi.org/10.1016/S0301-0082(98)00071-9)
- Te Pas, M., Olde Rikkert, M., Bouwman, A., Kessels, R., & Buise, M. (2022). Screening for mild cognitive impairment in the preoperative setting: A narrative review. *Healthcare*, 10(6), 1112. <https://doi.org/10.3390/healthcare10061112>
- Travica, N., Lotfaliany, M., Marriott, A., et al. (2023). Peri-operative risk factors associated with post-operative cognitive dysfunction (POCD): An umbrella review of meta-analyses of observational studies. *Journal of Clinical Medicine*, 12(4), 1610. <https://doi.org/10.3390/jcm12041610>
- Varon, J., & Marik, P. E. (2008). Perioperative hypertension management. *Vascular Health and Risk Management*, 4(3), 615–627. <https://doi.org/10.2147/VHRM.S2471>
- A. H. R. A., M. D. K. S., N. A., M. G., & O. K. K. (2022). Induced hypotension for functional endoscopic sinus surgery: Comparison between dexmedetomidine and nitroglycerine. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 10(11), 2427–2433. <https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20222837>
- Ahmed, R. A., Al-Dabbagh, D. A., & Fadhel, D. R. (2024). Comparison study between sevoflurane/remifentanyl with isoflurane/remifentanyl to induce hypotension in rhinoplasty operations. *South East European Journal of Public Health*, 631–638. <https://doi.org/10.70135/seejph.vi.1234>
- Alicandri-Ciufelli, M., Molinari, G., Presutti, L., & Di Saverio, S. (n.d.). *Bleeding evaluation in endoscopic surgery: A systematic literature review of scoring systems*.
- Alicandri-Ciufelli, M., Pingani, G., Gm, G., & Presutti, L. (n.d.). *The Fromme-Boezaart surgical field grading scale in non-native English speaking context*.

- Cardesín, A., Pontes, C., Rosell, R., et al. (2014). Hypotensive anaesthesia and bleeding during endoscopic sinus surgery: An observational study. *European Archives of Otorhino-Laryngology*, 271(6), 1505–1511. <https://doi.org/10.1007/s00405-013-2700-0>
- de la Torre, J. C. (2016). Cerebral perfusion enhancing interventions: A new strategy for the prevention of Alzheimer dementia. *Brain Pathology*, 26(5), 618. <https://doi.org/10.1111/bpa.12405>
- Eldeen, A. Y. N., Saleh, Z. T., Elattar, H. A. E., & Amer, R. M. (2022). Magnesium sulphate, lidocaine or nitroglycerin for controlled hypotension and quality of the surgical field in patients undergoing tympanoplasty. *The Egyptian Journal of Hospital Medicine*, 88(1), 2861–2870. <https://doi.org/10.21608/ejhm.2022.242549>
- Elsabeeny, W. Y., Shehab, N. N., Ibrahim, M. A., et al. (2023). Management of incidental uncontrolled elevation of intraoperative blood pressure: A comparative study on nitroglycerine versus dexmedetomidine infusion. *Anesthesiology and Pain Medicine*, 13(2), e135779. <https://doi.org/10.5812/aapm-134806>
- Manquat, E., Ravaux, H., Souilamas, J., et al. (2023). Cerebral autoregulation and cerebral blood flow response to mean arterial pressure challenge following induction of general anaesthesia for neuroradiology procedure. *Frontiers in Anesthesiology*, 2, Article 1169961. <https://doi.org/10.3389/fanes.2023.1169961>
- Mewes, C., Wei, P., Yang, Y., et al. (2025). Cerebrovascular autoregulation-based optimal mean arterial pressure during prostate surgery: A secondary analysis of a prospective cohort study. *Therapeutics and Clinical Risk Management*, 21, 757–767. <https://doi.org/10.2147/TCRM.S505676>
- Nilsson, U., Liander, K., Rooyackers, O., & Eriksson, L. I. (2019). Patients' experiences of early postoperative cognition and its relation to cognitive decline and inflammatory responses: A protocol for a mixed-methods study. *BMJ Open*, 9(12), e032650. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-032650>
- Park, S., Kim, J., Ha, Y., Kim, K. N., Yi, S., & Koo, B. N. (2024). Preoperative mild cognitive impairment as a risk factor of postoperative cognitive dysfunction in elderly patients undergoing spine surgery. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2024.1292942>
- Sanicola, H. W., Stewart, C. E., Luther, P., et al. (2023). Pathophysiology, management, and therapeutics in subarachnoid hemorrhage and delayed cerebral ischemia: An overview. *Pathophysiology*, 30(3), 420–442. <https://doi.org/10.3390/pathophysiology30030032>
- Tassorelli, C., Joseph, S. A., Buzzi, M. G., & Nappi, G. (1999). The effects on the central nervous system of nitroglycerin: Putative mechanisms and mediators. *Progress in Neurobiology*, 57(6), 607–624. [https://doi.org/10.1016/S0301-0082\(98\)00071-9](https://doi.org/10.1016/S0301-0082(98)00071-9)
- Te Pas, M., Olde Rikkert, M., Bouwman, A., Kessels, R., & Buise, M. (2022). Screening for mild cognitive impairment in the preoperative setting: A narrative review. *Healthcare*, 10(6), 1112. <https://doi.org/10.3390/healthcare10061112>
- Travica, N., Lotfaliany, M., Marriott, A., et al. (2023). Peri-operative risk factors associated with post-operative cognitive dysfunction (POCD): An umbrella review of meta-

analyses of observational studies. *Journal of Clinical Medicine*, 12(4), 1610.
<https://doi.org/10.3390/jcm12041610>