

Hämodynamisches Management einer Patientin mit einem Phäochromozytom mittels transpulmonaler Thermodilution – ein Fallbericht

Haemodynamic management of a female patient with phaeochromocytoma by applying transpulmonary thermodilution – a case report

S. Mense¹ · S. Ziegler² · S.G. Sakka²

► **Zitierweise:** Mense S, Ziegler S, Sakka SG: Hämodynamisches Management einer Patientin mit einem Phäochromozytom mittels transpulmonaler Thermodilution – ein Fallbericht. *Anästh Intensivmed* 2023;64:296–302. DOI: 10.19224/ai2023.296

Zusammenfassung

Phäochromozytome sind sehr selten auftretende Katecholamin-produzierende Tumore des sympathoadrenalen Systems. Die einzig kurative Therapie ist die chirurgische Resektion. Der Tumor kann auch als Inzidentalom im Rahmen anderer chirurgischer Eingriffe in Erscheinung treten und den Anästhesisten vor erhebliche Probleme stellen. Infolge der endogen erhöhten Katecholaminspiegel liegen eine arterielle Hypertonie und oftmals eine Tachykardie vor. Gleichzeitig besteht vielfach eine Hypovolämie mit einer Hämokonzentration. Abhängig von Dauer und Ausprägung hoher Katecholaminspiegel können die Patienten Organschäden an Herz, Nieren und Gefäßen aufweisen. Im Rahmen der Operationsvorbereitung sollen mittels α -Rezeptorblockade das Gefäßbett erweitert und damit der Blutdruck reguliert, der Volumenstatus normalisiert und das Risiko perioperativer Blutdruckexzesse reduziert werden.

Wir berichten über eine Patientin, welche sich zur Resektion eines Phäochromozytoms vorstellte, bei der wegen hämodynamischer Instabilität nach Narkoseeinleitung ein erweitertes hämodynamisches Monitoring mittels transpulmonaler Thermodilution etabliert wurde. In diesem Zusammenhang wurden vor Operationsbeginn und im weiteren Verlauf deutlich erniedrigte intrathorakale Blutvolumina ohne wesentliche Änderung im zeitlichen Verlauf bei gleichzeitig normwertigen dynamischen Vorlastparametern gemessen.

Nach unserer Kenntnis wurde in der Literatur die Evaluierung von Volumenstatus und erweiterter Hämodynamik mittels transpulmonaler Thermodilution beim Phäochromozytom bisher nicht diskutiert. Für eine eingehendere Bewertung ist die systematische Untersuchung bei einer größeren Anzahl von Patienten notwendig.

Summary

Phaeochromocytomas are rare catecholamine-producing tumours originating from the sympathico-adrenal system. The curative therapy is surgical resection. The tumour can also occur as an incidentaloma and confront the anaesthetist with severe challenges. The high catecholamine levels cause arterial hypertension and often tachycardia. In parallel, the patient develops hypovolaemia with haemoconcentration. Depending on the duration of exposure, the patient may develop end-organ damage mainly on heart, kidneys, and vessels. Preoperative optimisation focusses on optimisation of organ function, vasodilation with an α -receptor blockade for blood pressure control, correction of the hypovolaemia and blunting of intraoperative blood pressure excesses.

We report of a patient undergoing adrenalectomy due to phaeochromocytoma in whom advanced haemodynamic monitoring was established because of profound haemodynamic instability after induction of anaesthesia. By applying the method of transpulmonary thermodilution we could detect significantly

- 1 Department of Anaesthesia and Intensive Care Medicine [Kirurgisk Service Klinik], Haukeland University Hospital Bergen, Norway (Ärztliche Leiterin: E. Bjørnestad, PhD)
- 2 Klinik für Intensivmedizin, Gemeinschaftsklinikum Mittelrhein, Akademisches Lehrkrankenhaus der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, Standort Evangelisches Stift St. Martin, Koblenz (Chefarzt: Prof. Dr. S.G. Sakka)

Ethische Aspekte

Es liegen keine ethisch verwerflichen Aspekte vor. Die Autoren verfügen über eine schriftliche Zusage der Patientin zur Veröffentlichung der Daten nach Depersonalisierung.

Interessenkonflikt

Prof. Dr. Samir Sakka ist Mitglied des Medical Advisory Boards der Firma Pulsion, Maquet Getinge Group. Bei den anderen Autoren liegt kein Interessenkonflikt vor.

Finanzierung

Die Arbeit wurde ohne finanzielle Unterstützung durchgeführt.

Schlüsselwörter

Phäochromozytom – Herz-Kreislaufüberwachung – Transpulmonale Thermodilution – Pulskonturanalyse

Keywords

Phaeochromocytoma – Haemodynamic Monitoring – Transpulmonary Thermodilution – Pulse Contour Analysis

52. BAT

29. – 30.
September
2023

Kongress am Park, Augsburg



ANÄSTHESIE – INTENSIVMEDIZIN NOTFALLMEDIZIN – SCHMERZTHERAPIE

SPITZENMEDIZIN: MITREDEN · MITMACHEN · MITGESTALTEN
PRÄOPERATIVE RISIKOERFASSUNG UND AUFKLÄRUNG · NOTFALLMEDIZIN UPDATE ·
SCHLAGLICHTER I & II · INTENSIVMEDIZIN AKTUELL · AKUTSCHMERZTHERAPIE –
NUR NOCH EINE FRAGE DER UMSETZUNG? · FALLVORSTELLUNGEN · AMBULANTES
OPERIEREN · INTERPROFESSIONELLES UPDATE · PROGRAMM FÜR WEITERBILDUNGS-
ASSISTENTEN · PRO/CON SITZUNG · CURRICULUM KARDIOANÄSTHESIE

Wissenschaftlicher Träger:

Berufsverband Deutscher Anästhesistinnen und Anästhesisten BDA
Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin DGAI

Wissenschaftliche Leitung:

PD Dr. med. Michael Dinkel, MBA, Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin,
Rhön-Klinikum Campus Bad Neustadt, Von-Guttenberg-Str. 11,
97616 Bad Neustadt/Saale

Prof. Dr. med. Bernhard Graf, MSc., Klinik für Anästhesiologie,
Universitätsklinikum Regensburg, Franz-Josef-Strauß-Allee 11, 93053 Regensburg

Veranstalter, Teilnahmeregistrierung und Organisation der Industrieausstellung:

MCN Medizinische Congress-
organisation Nürnberg GmbH
Neuwieder Str. 9
90411 Nürnberg

☎ 0911/39 31 617
☎ 0911/39 31 620
✉ info-bat@mcn-nuernberg.de
🌐 www.regionaltagungen.de

reduced intrathoracic blood volumes with dynamic preload parameters in the normal range. This constellation did not change significantly during the procedure.

To our knowledge, evaluation of the haemodynamic status with transpulmonary thermodilution in this patient group has not yet been reported in the literature. More patients need to be investigated before we can draw any further conclusions.

Einleitung

Katecholamin-produzierende Tumore aus den chromaffinen Zellen des sympathoadrenergen Systems sind mit einer Inzidenz von ca. 0,2/100.000 selten [1]. Phäochromozytome mit ihrer Lokalisation in den Nebennieren stellen 80–90 % der Fälle dar, Paragangliome mit extradrenalem Ursprung die übrigen [2]. In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich um Noradrenalin-, seltener Adrenalin- oder Dopamin-freisetzende Tumore, die klinische Symptomatik kann entsprechend variieren [3]. Eine arterielle Hypertension ist in 90 % der Fälle vorhanden und kann sich sowohl als chronisch erhöhter Blutdruck als auch in anfallsartig auftretenden hypertensiven Krisen äußern [4]. Zentrale Effekte sind eine Konstriktion des Gefäßbettes mit Hämokonzentration, Hyperglykämie sowie – abhängig von der Dauer – Organschäden an Herz, Nieren und Gefäßsystem. Die Ziele der präoperativen Vorbereitung sind Blutdruckkontrolle und Blockierung von adrenergen Rezeptoren zur Dämpfung der Effekte einer massiven perioperativen Katecholaminausschüttung, welche eine Venodilatation beinhaltet und in Kombination mit natriumreicher Ernährung zur Normalisierung des Volumenstatus führen soll. Es sollte daher ca. 2 Wochen vor dem Operationstermin eine α -Rezeptorblockade in aufsteigend titrierter Dosierung erfolgen. Am meisten effektiv und deshalb am häufigsten angewandt ist der nichtselektive, nichtkompetitive und irreversibel wirkende α -Rezeptorblocker Phenoxybenzamin. Sofern sämtliche α -Rezeptoren besetzt sind, lässt sich der α -anta-

gonistische Effekt an den blockierten Rezeptoren nicht mithilfe eines α -Mimetikums übersteuern [5]. In der Praxis verbleibt oft eine, wenngleich deutlich reduzierte, Antwort bestehen. Alternativ werden kompetitive selektive α_1 -Antagonisten wie Doxazosin eingesetzt, welche die Rezeptoren reversibel blockieren. Diese Blockade ist weniger effektiv, sie lässt sich mittels exogener α -Agonisten übersteuern. Abhängig vom vorherrschenden Katecholamin oder bei Phenoxybenzamin-induzierter Reflextachykardie kann additiv eine β -Rezeptorblockade nötig sein. Wichtig ist, dass die β -Rezeptorblockade nicht begonnen werden darf, ehe das Gefäßbett mittels α -Blocker dilatiert und somit die ventrikuläre Nachlast gesenkt wurde. Als adäquat vorbereitet gilt ein Patient, wenn der Blutdruck bei einer leichten Orthostase-Symptomatik normalisiert ist, keine relevanten Rhythmusstörungen vorliegen, das EKG frei von Ischämiezeichen ist und keine Hämokonzentration vorliegt [4]. Mit Etablierung dieser Strategie konnte die perioperative Sterblichkeit von bis zu 45 % auf 0–3 % gesenkt werden [1,3,6]. Allerdings ist unklar, in welchem Maß dies der Präkonditionierung oder der über die Jahre verbesserten operativen Technik und/oder anästhesiologischen Praxis zuzuschreiben ist [7]. Insbesondere das hämodynamische Management stellt perioperativ eine besondere Herausforderung dar.

Im Folgenden berichten wir über den klinisch indizierten Einsatz der transpulmonalen Thermodilution mit integrierter Pulsokturanalyse bei einer Patientin mit Resektion eines Phäochromozytoms. Messwerte aus einer derartigen Konstellation sind bis dato nicht in der Literatur verfügbar, sie können möglicherweise einen Beitrag zu einer differenzierten Interpretation und Therapie liefern.

Fallbericht

Eine 23-jährige Patientin (62 kg, BMI 21,5 kg/m²) mit einem MEN2b-Syndrom und ohne kardio-pulmonale Vorerkrankungen stellte sich zur geplanten bilateralen Resektion bei einem Phäo-

chromozytom-Rezidiv vor. Aufgrund eines Schilddrüsenkarzinoms war 10 Jahre zuvor eine Thyreoidektomie erfolgt. Unter Substitution mit T4 100 μ g/d an 4 bzw. 125 μ g/d an 3 Tagen der Woche war die Patientin euthyreot. Nachdem vor 3 Jahren eine linksseitige subtotale Adrenalektomie notwendig wurde, fielen im Rahmen der Nachsorge steigende Metanephrin-Werte auf, sodass die Indikation zur Reoperation im Sinne einer linksseitigen Adrenalektomie und rechtsseitigen subtotalen Nebennierenresektion gestellt wurde. Als Symptome gab die Patientin Palpitationen und Flushepisoden an. Der Blutdruck war unter Gabe von 80 mg/d Phenoxybenzamin mit Werten um 130/80 mmHg adäquat reguliert. Die Herzfrequenz betrug 80/min, sodass auf eine β -Blockade verzichtet wurde. Die Patientin wies keine Orthostase-Symptome auf. Die Labordiagnostik erbrachte: P-Metanephrin 0,98 (Referenz <0,65) mmol/l, P-Normetanephrin 0,91 (Referenz <0,63) mmol/l, P-Renin 57,1 (Referenz 4,4–46,1) mmol/l und P-Aldosteron 832 (Referenz 20–620) pmol/l. Blutbild und klinische Chemie waren im Normbereich.

Am primär geplanten Operationsdatum entwickelte die Patientin nach Einleitung der Allgemeinanästhesie mit Fentanyl, Propofol und Vecuronium einen katecholaminrefraktären Blutdruckabfall. Obwohl der Blutdruck mit Hilfe von Argipressin (Empressin, Fa. Amomed, Deutschland) stabilisiert werden konnte, wurde der Eingriff zunächst verschoben, um eine Umstellung der Alphablockade auf einen kompetitiven α -Rezeptorblocker zu diskutieren. In der darauffolgenden Konferenz mit den behandelnden Endokrinologen wurde dies abgelehnt. Die zweite Anästhesie wurde nach Etablierung des Standardmonitorings inklusive invasiver Blutdruckmessung mit 1 mg Midazolam, 0,25 mg Fentanyl, 250 mg Thiopental und 6 mg Vecuronium unter Ausnutzung synergistischer Effekte von Thiopental und Midazolam eingeleitet [8,9]. Nach Atemwegssicherung wurde ein ZVK (V. jugularis interna dextra) platziert. Bei einem nun langsam eintretenden Blutdruckabfall auf 80/45 mmHg und erneut unzureichendem Effekt auf

Volumengabe, Trendelenburg-Lagerung, 3 Dosen á 0,1 mg Phenylephrin und Noradrenalin wurde zeitnah die Therapie mit 1,2 U/h Argipressin (Empressin, Fa. Amomed, Deutschland) begonnen, worunter sich der Blutdruck stabilisierte. Eine orientierende transthorakale Echokardiographie zeigte gut gefüllte Ventrikel mit normaler Funktion und ohne Hinweise auf eine Hypertrophie. Es bestanden eine offenstehende V. cava inferior ohne respirationsabhängige Durchmesseränderungen, normale Klappenfunktionen und keine Anzeichen einer pulmonalen Hypertension. Mit Sevofluran mit einer Dosis im Bereich von 0,3–0,5 MAC und 2 weiteren Boli à 1 mg Midazolam wurde die Narkosetiefe gemäß BIS-Monitoring (BIS-Index zwischen 40 und 60) titriert. Aufgrund des unzureichenden Katecholamineffektes und der geringen Anästhetikatoleranz wurde ein erweitertes hämodynamisches Monitoring mittels PiCCO®-System (5F Katheter, A. femoralis, Pulsion Maquet Getinge Group, Feldkirchen) etabliert. Nach Anlage des Kapnoperitoneums (intra-abdomineller Druck, IAP, 12 mmHg) stabilisierte sich der Blutdruck und die Vasopressingabe konnte sukzessive beendet werden. Es kam während der Tumorresektionen zu keinen ausgeprägten Blutdruckanstiegen oder kardialen Arrhythmien. Während der Anästhetikabedarf initial sehr gering war, konnte die Sevoflurankonzentration im zweiten Operationsabschnitt zur kontralateralen Resektion deutlich erhöht werden. Die Opioidgabe wurde nach einer Gesamtmenge von 0,45 mg Fentanyl auf Remifentanyl (TCI-gesteuert) umgestellt. Bis zum Operationsbeginn wurden bereits 3,0 Liter Ringer-Azetat verabreicht, über den gesamten OP-Zeitraum wurden weitere 3,5 Liter infundiert. Die Diurese betrug im Mittel 30–70 ml/h. Die Werte für die volumetrischen Parameter (ITBV, GEDV) – gemessen in den Perioden ohne Kapnoperitoneum – waren durchweg niedrig, hingegen lagen die dynamischen Vorlastparameter im oberen Referenzbereich oder leicht darüber. Die Patientin wies bei niedrigem Serumlaktat und warmen Extremitäten keine klini-

schen Zeichen einer Perfusionsstörung auf, die Volumetherapie wurde anhand der dynamischen Vorlastparameter ausgerichtet. Unter dem Kapnoperitoneum stiegen die dynamischen Parameter erwartungsgemäß an [10]. Das Herzzeitvolumen nahm nach Resektion des Tumors zu. Der postoperative Verlauf war unkompliziert, insbesondere bestand kein Bedarf für eine spezifische hämodynamische Therapie. Das Serumlaktat war mit 0,6 mmol/l normwertig. Die Patientin verblieb geplant über Nacht auf der postoperativen Überwachungseinheit und wurde ca. 18 h nach Operationsende auf die chirurgische Normalstation verlegt. Die intraoperativ gemessenen hämodynamischen Daten sind in Tabelle 1 zusammengetragen.

Diskussion

Der hier beschriebene klinische Fall handelt von einer Patientin mit Phäochromozytom unter Vorbehandlung mit dem Alphablocker Phenoxybenzamin, welche nach Narkoseeinleitung eine

Katecholamin-refraktäre Hypotension entwickelte. Der Blutdruck wurde mittels Argipressin stabilisiert. Zur Stütze bei der Einschätzung des hämodynamischen Status wurde das hämodynamische Monitoring mittels transpulmonaler Thermo-dilution in Form eines PiCCO®-Systems erweitert. Die initialen Messungen zeigten eine erhaltene Makrohämodynamik trotz geringer Höhe der volumetrischen Vorlastparameter an. Zur Überprüfung der Messwerte des PiCCO®-Verfahrens diente u. a. die Echokardiographie. Im Gegensatz zu den dynamischen Parametern (SVV, PPV) und der Echokardiographie, welche – nur einmalig transthorakal unmittelbar vor Operationsbeginn durchgeführt – auf einen ausgeglichenen Volumenstatus hinwiesen, waren die volumetrischen Parameter (ITBV, GEDV) durchweg sehr niedrig. Die volumetrischen Parameter änderten sich im Rahmen des gesamten Verlaufs trotz einer Volumengabe von insgesamt 6,5 Litern kristalloider Lösung nur wenig, während die dynamischen Parameter zu Beginn niedrig waren, im Verlauf jedoch eine

Tabelle 1

Intraoperativ – u. a. mittels PiCCO®-Verfahren – erhobene Messwerte der Hämodynamik.

Parameter (Referenzbereich)	9:32 Uhr	10:08 Uhr	11:38 Uhr	13:38 Uhr
HF [1/min]	71	69	87	92
HZV [l/min]	5,10	6,46	4,96	8,27
HI [2,5–5,0 l/min/m ²]	2,96	3,80	2,90	4,80
SVV/PPV [<13 %]	13/10	17/13	14/12	–
SV [47–99 ml]	67	82	65	89
SVRI [1.700–2.400 dyn*s*cm ⁻⁵ *m ²]	1218	929	1099	976
ITBVI [850–1.000 ml/m ²]	533	–	543	571
GEDVI [680–800 ml/m ²]	426	–	435	457
EVLWI [3,0–7,0 ml/kg]	6,3	–	6,7	7,5
CFI [4,5–6,5 l/min]	6,5	–	6,8	10,5
NADR [µg/kg/min]	–	–	0,02	0,01
Argipressin [U/h]	1,2	1,2	–	–

Messwerte während des operativen Eingriffes zu den Zeitpunkten der Kalibrierung des PiCCO®-Systems. An allen Messpunkten bestand kein Kapnoperitoneum. Unter dem Kapnoperitoneum (10:20–11:10 Uhr und 11:55–13:10 Uhr, jeweils IAP 12 mmHg) erfolgte keine Kalibrierung des Systems.

–: keine Messwerte aufgezeichnet; **HF**: Herzfrequenz; **HZV**: Herzzeitvolumen; **HI**: Herzindex; **SVV**: Schlagvolumenvariation; **PPV**: Blutdruckamplitudenvariation; **SV**: Schlagvolumen; **SVRI**: systemisch-vaskulärer Widerstandsindex; **ITBVI**: intrathorakaler Blutvolumenindex; **GEDVI**: global-enddiastolischer Blutvolumenindex; **EVLWI**: extravaskulärer Lungenwasserindex; **CFI**: kardialer Funktionsindex; **NADR**: Noradrenalin.

„fluid responsiveness“ anzeigten. Das Herzzeitvolumen stieg nach der Tumorresektion an.

Der Einsatz eines erweiterten hämodynamischen Monitorings mittels transpulmonaler Thermodilution und integrierter Pulskonturanalyse (PiCCO®) kann bei der Interpretation des hämodynamischen Status hilfreich sein und die therapeutischen Entscheidungen im Rahmen komplexer operativer Eingriffe stützen [11]. Im Rahmen der Resektion eines Phäochromozytoms bei einem Kind mit gleichzeitig bestehendem komplexem kongenitalem Herzfehler mit Fontan-Zirkulation wurde die Anwendung dieses Verfahrens beschrieben [12]. Bei Patienten mit einem Phäochromozytom und normaler Anatomie des Kreislaufsystems wurden die hämodynamischen Verhältnisse mittels dieses Verfahrens unseres Wissens nach bisher nicht charakterisiert.

Es liegen klinische Daten zum PiCCO®-Verfahren u. a. bei operativen Eingriffen in sitzender Position [13], bei Einsatz eines Kapnoperitoneums [14,15] oder im Rahmen einer akuten Änderung der kardialen Nachlast vor [16]. Durch die jeweiligen Interventionen konnten entsprechende, reversible Veränderungen der volumetrischen Parameter (ITBV, GEDV) aufgezeigt werden. Das Aufrichten der Körperposition geht mit einer Abnahme der zentralen Blutvolumina einher, eine akute Zunahme des systemischen Gefäßwiderstands infolge Vasopressortherapie mit einer Zunahme [14,16]. Während ein Kapnoperitoneum in liegender Position keinen Effekt auf ITBV, PBV und HI aufzuweisen scheint, nimmt das ITBV in Anti-Trendelenburg-Position während der CO₂-Insufflation ab. Die Deflation des Abdomens konnte mit einem Anstieg des ITBV in Verbindung gebracht werden [14]. Andere Daten legen nahe, dass das ITBV in allen Körperpositionen mit Induktion eines Kapnoperitoneums zunimmt (liegend (+6 %), Kopfhochlage (+16 %) und Kopftieflage (+14 %). Bei unveränderter Herzfrequenz war der Herzindex nur bei einer Kopftieflage signifikant geringer (-11 %), der SVRI nahm jeweils zu (+6 %, +16 % und +14 %) [15]. Im Rahmen der Eta-

blierung eines Kapnoperitoneums konnte eine Zunahme der Vasopressin-Plasmakonzentration gezeigt werden [17].

Vos et al. [18] haben bei anästhesierten, spontanatmenden Hunden die hämodynamischen Parameter bei Hyper- und Hypovolämie untersucht und fanden bei ersterer eine Erhöhung und bei zweiterer eine Erniedrigung der zentralen (ITBV) und zirkulierenden (Vd_{circ}) Blutvolumina. Das Verhältnis zwischen ITBV und Vd_{circ} blieb relativ unverändert. Es wurden moderate Änderungen des zentralen Venendrucks (ZVD) gemessen, dynamische Parameter wurden wegen der erhaltenen Eigenatmung nicht erhoben. Diese Daten legen nahe, dass unter Narkose bei Hypovolämie eine Teilkompensation mit langsamem Abfall der Vorlast bestand. Berkenstadt et al. [21] hatten bereits zuvor im Tiermodell im Rahmen einer Hämorrhagie die sukzessive und reversible Abnahme des GEDV, welche mit den Änderungen von PPV und SVV korrelierte, beschrieben. Im Vergleich dazu waren bei unserer Patientin mit Phäochromozytom-assoziiierter Hypovolämie die volumetrischen und dynamischen Parameter zu Beginn dissoziiert. Echokardiographisch wurde ein adäquater Volumenstatus beschrieben. Es sei generell angemerkt, dass ein geringes ITBV bzw. GEDV nicht zwingend mit einer Organperfusionsstörung verbunden sein muss [19].

Entsprechend des von Gyton beschriebenen Zusammenhanges von HZV und venösem Rückfluss reguliert das sympathische System anhand des metabolischen Bedarfes durch Modulation des venösen Gefäßtonus im Kapazitätsbett das Verhältnis zwischen dem „stressed“ und „unstressed“ Blutvolumen [20]. Der daraus resultierende mittlere zirkulatorische Füllungsdruck (engl. mean circulatory filling pressure, MCFP) und die Druckdifferenz von diesem zum rechten Vorhofdruck bestimmen neben dem Gefäßwiderstand den venösen Rückfluss zum Herzen. Praktisch bedeutet dies, dass bei körperlicher Arbeit oder sportlicher Aktivität via Venokonstriktion der Rückfluss zum Herzen erhöht und bei körperlicher Ruhe reduziert ist. Bei einer

Hypovolämie wird Blut via Venokonstriktion aus dem Kapazitätsgebiet rekrutiert, um einen ausreichenden MCFP in der Zirkulation aufrechtzuhalten. Dieser Mechanismus wirkt, solange Blut aus dem Kapazitätsgebiet rekrutiert werden kann, und führt dazu, dass zusammen mit einer Erhöhung der Herzfrequenz und arterieller Vasokonstriktion die Zirkulation bei sukzessiver Abnahme des HZV aufrechterhalten werden kann. Im Falle der entkoppelten endogenen Katecholaminausschüttung beim Phäochromozytom führt der erhöhte Katecholaminspiegel zur Vasokonstriktion. Gemäß des von Gyton beschriebenen physiologischen Konzeptes sollte dies zu einem erhöhten Blutangebot an das Herz führen. Da vom metabolischen Bedarf abgekoppelt, suggeriert dies dem Körper eine Hypovolämie, welche dieser zu korrigieren bestrebt. Das Ergebnis ist eine absolute Hypovolämie mit Vasokonstriktion und Aufrechterhaltung der Vorlastparameter. Im Rahmen der Vorbehandlung mittels α -Rezeptorblockade und salzreicher Diät sollte dies zumindest partiell korrigiert werden.

Bei der hier beschriebenen Patientin wiesen nach Narkoseeinleitung der Füllungsstatus der V. cava inferior und die PPV auf eine fehlende sog. „fluid responsiveness“ hin, während GEDV und ITBV deutlich erniedrigt waren. Dies wäre vereinbar mit einer absoluten Hypovolämie bei gleichzeitiger Konstriktion des Kapazitätsbettes bis zum vollständigen Erhalt der Vorlast. GEDV und ITBV änderten sich überraschenderweise nur wenig unter der Volumengabe. PPV und SVV stiegen im Verlauf zeitweise über den Grenzwert zur Fluid Responsiveness, was durch einen abfallenden Spiegel endogener Katecholamine bedingt sein könnte. Bei Abwesenheit klinischer und laborchemischer Zeichen einer Perfusionsstörung orientierte sich die Volumentherapie an der Entwicklung der dynamischen und weniger an der der volumetrischen Parameter. PPV und SVV nahmen erwartungsgemäß mit erhöhtem IAP zu, ein konkreter Grenzwert für diese Situation ist jedoch nicht validiert

[10,22]. Das PiCCO®-System wurde im Verlauf mehrmals kalibriert, allerdings nicht während des Kapnoperitoneums (IAP 12 mmHg). Der Einfluss von Vasopressin auf den venösen Rückfluss wurde bis dato nicht beschrieben und ist Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen (Prof. Monnet, Paris, mündliche Mitteilung). Noradrenalin verfügt über ausgeprägte α -mimetische Effekte (arteriell, venös). Diese Rezeptoren waren mit einem nicht-kompetitiven Antagonisten irreversibel blockiert. Es verfügt allerdings auch über β_1 -medierte kardiale und β_2 -medierte Effekte in der Splanchnikusdurchblutung, welche zu Volumenrekrutierung aus diesem Kompartiment beitragen können [24]. In unserem Falle konnte die Gabe des Vasopressinanalogs nach Etablierung des Kapnoperitoneums beendet werden. Der Zusammenhang zwischen einem passageren Anstieg des ADH während erhöhtem IAP im Rahmen eines Pneumoperitoneums ist in der Literatur beschrieben und könnte möglicherweise zur Stabilisierung beigetragen haben [17]. Eine Bestimmung des totalen Blutvolumens oder des zirkulierenden Blutvolumens ($V_{d_{circ}}$) ist mit Hilfe des gewählten Monitoringverfahrens nicht möglich, sodass keine Aussage dazu getroffen werden kann, inwieweit GEDV bzw. ITBV mit diesen Größen korrelierten. Die oben erläuterten physiologischen Effekte des Phäochromozytoms infolge erhöhter Katecholaminspiegel mit Auswirkungen auf das intravasale Volumen und damit verbundener Hämokonzentration [3] lassen einen Zusammenhang schlüssig erscheinen, würden aber eine sukzessive Zunahme der volumetrischen Parameter unter Volumengabe erwarten lassen. Als Erklärung für das nach Tumorresektion steigende Herzzeitvolumen könnte eine Abnahme der endogenen Katecholaminspiegel dienen. Diese wurden jedoch nicht erfasst. Als Korrelat lässt sich allerdings anhand der PiCCO®-Messungen eine Abnahme des Gefäßwiderstands aufzeigen.

Anhand dieses Einzelfalles lassen sich bezüglich der erhobenen hämodynamischen Daten keine generellen Schlussfol-

gerungen ziehen. Zur Verifizierung einer Korrelation des totalen Blutvolumens mit den gemessenen volumetrischen Parametern bedarf es einer gleichzeitigen Messung [25], im Idealfall prospektiv in einem größeren Kollektiv. Als Ursache für den mangelnden Effekt exogener Katecholamine kann die nicht-kompetitive und irreversible Blockade der α -Rezeptoren mit Phenoxybenzamin angenommen werden, wobei das Präparat bei Fehlen orthostatischer Symptome nicht überdosiert gewesen zu sein schien. Wie oben erwähnt sind alternative Strategien zur Präkonditionierung und deren Folgen für das intraoperative Management in der Literatur beschrieben und werden in einschlägigen Abteilungen angewandt.

Fazit

Die bei dieser Patientin mit einem Phäochromozytom mittels transpulmonaler Thermodilution erhobenen Messwerte waren geprägt von einem niedrigen intrathorakalen Blutvolumen, während die präoperativ echokardiographisch anhand des Durchmessers der V. cava inferior und mittels PPV/SVV abgeschätzte Fluid Responsiveness im Normbereich war. Im Verlauf der Operation blieb unter Gabe größerer Volumengen das intrathorakale Blutvolumen konstant, während die dynamischen Vorlastparameter leicht anstiegen. Nach der Resektion des Tumors zeigte sich ein deutlich angestiegener kardialer Funktionsindex. Für eine abschließende Bewertung der erhobenen Daten sind eine größere Patientenzahl und ein validiertes Referenzverfahren zur Messung intravasaler Volumina notwendig.

Literatur

1. Connor D, Boumphrey S: Perioperative care of phaeochromocytoma. Br J Anaesth Education 2016;16:153–158
2. Goldstein RE, O'Neill JA, Holcomb GW, et al: Clinical experience over 48 years with pheochromocytoma. Ann Surg 1999;229:755–766
3. Sasidharan P, Johnston I: Phaeochromocytoma: Perioperative Management. Anaesthesia Tutorial of the week 151, WFSA Sept 2009

4. Naranjo J, Dodd S, Martin Y: Perioperative management of pheochromocytoma. J Cardiothoracic Vasc Anesth 2017;31:1427–1439
5. Das S, Kumar P, Kiran U, Airan B: Alpha blockers: A relook at phenoxybenzamine. J Pract Cardiovasc Sci 2017;3:11–17
6. Haase M, Dringenberg T, Allelein S, Willenberg HS, Schott M: Excessive catecholamine secretion and the activation of the renin-angiotensin-aldosterone-system in patients with pheochromocytoma: A single center experience and overview of the literature. Horm Metab Res 2017;49:748–754
7. Lentschener C, Gaujoux S, Tesniere A, Dousset B: Point of controversy: perioperative care of patients undergoing pheochromocytoma removal-time for a reappraisal? Eur J Endocrinology 2011;165:365–373
8. Kissin I, Vinik HR, Bradley EL Jr: Midazolam potentiates thiopental sodium anesthetic induction in patients. J Clin Anesth 1991;3:67–70
9. Tverskoy M, Fleischman G, Bradley E, Kissin I: Midazolam-thiopental anesthetic interaction in patients. Anesth Analg 1988;67:342–345
10. Teboul J-L, Monnet X, Chemla D, Michard F: Arterial pulse pressure variation with mechanical ventilation. Am J Respi Crit Care Med 2019;199:22–31
11. Sakka SG, Grensemann J, Harte M, Defosse JM, Wappler F, Heiss MM et al: Hämodynamisches Monitoring mittels transpulmonaler Thermodilution bei Patienten mit zytoreduktiver Chirurgie und hyperthermer intraperitonealer Chemotherapie. Anästhesiologie 2021;62:101–110
12. Cherqaoui I, Raux O, Dehour L, Rochette A, Dadure C, Capdevila X: Transpulmonary thermodilution hemodynamic monitoring for pheochromocytoma surgery in a child with complex congenital heart disease. Paediatr Anaesth 2006;16:1277–1280
13. Buhre W, Bendyk K, Weyland A, Kazmaier S, Schmidt M, Mursch K, Sonntag H: Assessment of intrathoracic blood volume. Thermo-dye dilution technique vs single-thermodilution technique. Anaesthesist 1998;47:51–53
14. Hachenberg T, Ebel C, Czorny M, Thomas H, Wendt M: Intrathoracic and pulmonary blood volume during CO₂-pneumoperitoneum in humans. Acta Anaesthesiol Scand 1998;42:794–798
15. Hofer CK, Zalunardo MP, Klaghofer R, Spahr T, Pasch T, Zollinger A: Changes in intrathoracic blood volume

- associated with pneumoperitoneum and positioning. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002;46:303–308
16. Kozieras J, Thuemer O, Sakka SG: Influence of an acute increase in systemic vascular resistance on transpulmonary thermodilution-derived parameters in critically ill patients. *Intensive Care Med* 2007;33:1619–1623
 17. Viinamki O, Punnonen R: Vasopressin release during laparoscopy: role of increased intra-abdominal pressure. *Lancet* 1982;1:175–176
 18. Vos JJ, Scheeren TWL, Loer SA, Hoefl A, Wietasch JKG: Does intravascular hypo- and hypervolaemia result in changes in central blood volumes? *Br J Anaesth* 2016;1:46–53
 19. Sánchez M, García-de-Lorenzo A, Herrero E, Lopez T, Galvan B, Asensio M, et al: A protocol for resuscitation of severe burn patients guided by transpulmonary thermodilution and lactate levels: a 3-year prospective cohort study. *Crit Care* 2013;17:R176
 20. Magder S: Volume and its relationship to cardiac output and venous return. *Crit Care* 2016;20:271
 21. Berkenstadt H, Friedman Z, Preisman S, Keidan I, Livingstone D, Perel A: Pulse pressure and stroke volume variations during severe haemorrhage in ventilated dogs. *Br J Anaesth* 2005;94:721–726
 22. Jacques D, Bendjelid K, Duperret S, Colling J, Piriou V, Viale JP: Pulse pressure variation and stroke volume variation during increased intra-abdominal pressure: an experimental study. *Crit Care* 2011;15:R33
 23. Hernández G, Teboul JL, Bakker J: Norepinephrine in septic shock. *Intensive Care Med* 2019;45:687–689
 24. Gelman S: Using small doses of norepinephrine during the perioperative period. *Eur J Anaesthesiol* 2022;39: 571–573
 25. Ertl AC, Diedrich A, Raj SR: Techniques used for the determination of blood volume. *Am J Med Sci* 2007;334:32–36.

Korrespondenz- adresse



**Dr. med.
Steffen Ziegler**

Klinik für Intensivmedizin
Gemeinschaftsklinikum Mittelrhein
Akademisches Lehrkrankenhaus der
Johannes-Gutenberg-Universität
Mainz, Standort Evangelisches Stift
St. Martin
Johannes Müller-Straße 7–9
56068 Koblenz, Deutschland
Tel.: 0261 137-7135
Fax: 0261 137-1258
E-Mail: steffen.ziegler@gk.de
ORCID-ID: 0000-0001-8721-1780