

Ultraschallgesteuerte, kontinuierliche thorakale „Erector Spinae Plane“-Blockade bei anterolateralen Thorakotomien in der Herzchirurgie: Eine retrospektive, patientengepaarte Vorher-Nachher-Pilot-Vergleichsstudie

Ultrasound-controlled, continuous thoracic “erector spinae plane” block in cases of anterolateral thoracotomies in cardiac surgery: a retrospective patient-matched comparative before/after pilot study

A. Flo Forner^{1*} · A. Kaplenkov^{2*} · S. Sgouropoulou¹ · L. Friedrich¹ · W.Z.A. Zakhary¹ · J. Ender¹ · M. Meineri¹

► **Zitierweise:** Flo Forner A, Kaplenkov A, Sgouropoulou S, Friedrich L, Zakhary WZA, Ender J et al: Ultraschallgesteuerte, kontinuierliche thorakale „Erector Spinae Plane“-Blockade bei anterolateralen Thorakotomien in der Herzchirurgie: Eine retrospektive, patientengepaarte Vorher-Nachher-Pilot-Vergleichsstudie. *Anästh Intensivmed* 2024;65:104–115. DOI: 10.19224/ai2024.104

Zusammenfassung

Hintergrund

Das Enhanced-Recovery-after-Cardiac-Surgery-Konzept beinhaltet multimodale, opioideinsparende Schmerztherapien. Der „Erector Spinae Plane“-Block (ESB) stellt eine sichere Alternative dar, um den postoperativen Opioidverbrauch in der Herzchirurgie zu reduzieren. Ziel dieser Studie war es, den postoperativen Opioidverbrauch und die Inzidenz mäßig bis schwerer akuter postoperativer Schmerzen (APS) bei Patientinnen und Patienten, die einen kontinuierlichen ESB erhielten, mit einer opioidebasierten Standard-Schmerztherapie zu vergleichen.

Methodik

Wir führten eine 1:1 patientengepaarte, retrospektive Vorher-Nachher-Beobachtungsstudie in einem universitätsaffilierten Herzzentrum von Januar 2020 bis Oktober 2021 an erwachsenen Patientinnen und Patienten durch, die sich einer Herzoperation durch Thorakotomie unterzogen und mit einem Fast-Track-Protokoll behandelt wurden. Der Schmerzmittelbedarf und die Schmerzintensität wurden von der Extubation bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus bei Patientinnen und Patienten verglichen, die einen kontinuierlichen ESB erhielten (ESB-Gruppe) (25/30 ml 0,375 % Ropivacain-Bolus, gefolgt von einer 0,2 %igen Ropivacain-Infusion von 8/10 ml/h (4/5 ml/20 min Bolus bei Bedarf) bis zur Entfernung der Thoraxdrainagen), und einer historischen

Gruppe mit dem gleichen chirurgischen Ansatz, die jedoch mit einer standardmäßigen multimodalen opioidebasierten postoperativen Schmerztherapie behandelt wurden (Kontrollgruppe).

Ergebnisse

Der postoperative Opioidbedarf während des gesamten Krankenhausaufenthalts war in der Kontrollgruppe signifikant höher als in der ESB-Gruppe. Die mediane kumulative Dosis von i. v. Piritramid betrug 37 mg (22–53) vs. 0 mg (0–14) ($p < 0,001$) und p. o. Oxycodon 50 mg (40–80) vs. 20 mg (0–60) ($p < 0,001$). Zu keinem Zeitpunkt gab es einen Unterschied in der Inzidenz von mäßig bis schweren APS zwischen den Gruppen.

Schlussfolgerung

Die Verwendung eines kontinuierlichen ESB in unserer Patientenkohorte reduziert den postoperativen Opioidverbrauch. Es wurde kein Unterschied in der Inzidenz von APS zwischen den Gruppen gefunden.

Summary

Background

The concept of Enhanced recovery after cardiac surgery concept includes multimodal opioid sparing therapies. Erector spinae block (ESB) constitutes a safe alternative to reduce postoperative opioid consumption in cardiac surgery. The objective of this study was to compare the postoperative opioid consumption and the incidence of moderate-to-

- 1 Abteilung für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Herzzentrum Leipzig GmbH, Leipzig (Chefarzt: Prof. Dr. med. J. Ender)
 - 2 Abteilung für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Herzklinik Coswig (Chefarzt: Dr. med. T. Eberle)
- * Der Autor und die Autorin haben gleichermaßen zu dieser Arbeit beigetragen.

Erklärung der Mitwirkung

Die Autorinnen und Autoren haben zu dieser Studie, ihrer Durchführung und der Veröffentlichung der Studienergebnisse wie folgt beigetragen: Konzeption und Design der Studie: Anna Flo Forner, Andrei Kaplenkov, Jörg Ender, Massimiliano Meineri. Datenerfassung: Anna Flo Forner, Andrei Kaplenkov, Sophia Sgouropoulou, Lars Friedrich, Massimiliano Meineri. Statistik: Anna Flo Forner, Waseem Zakhary. Analyse und Interpretation der Daten: Anna Flo Forner, Andrei Kaplenkov, Waseem Zakhary, Massimiliano Meineri, Jörg Ender, Verfassen des Artikels und Überarbeitung desselben hinsichtlich wichtiger intellektueller Inhalte: alle deklarierten Autorinnen und Autoren. Endgültige Genehmigung der zur Einreichung vorgesehenen Version: alle deklarierten Autorinnen und Autoren.

Finanzierung

Institutionelle Förderung von Helios.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Schlüsselwörter

Erector-Spinae-Block – Herzchirurgie – Beschleunigte Genesung – Schmerz – Opioide

Keywords

Erector Spinae Block – Cardiac Surgery – Enhanced Recovery – Pain – Opioids

severe acute post-operative pain (APP) in patients receiving a continuous ESB compared to a standard opioid-based pain treatment.

Methods

We conducted a 1:1 patient-matched, retrospective observational, before-after pilot study in a University-affiliated Cardiac Center from January 2020 to October 2021 in adult patients undergoing cardiac surgery including thoracotomy with a fast track protocol. Pain medication and pain scores from extubation until hospital discharge were compared between 100 patients who received continuous ESB (ESB group) (25/30 ml 0.375 % ropivacaine bolus followed by 0.2 % ropivacaine 8/10 ml/h infusion (4/5 ml/20 min bolus on demand) until removal of chest tubes) and a historical group with the same surgical approach who was managed with a standard multimodal opioid-based postoperative pain regime (control group).

Results

The postoperative opioid requirement during the entire hospital stay was significantly higher in control group compared to ESB group. The median cumulative dose of IV. piritramide was 37 mg (22–53) vs. 0 mg (0–14), ($p < 0.001$) and PO. oxycodone 50 mg (40–80) vs. 20 mg (0–60), ($p < 0.001$). There was no difference in the incidence of moderate-to-severe APP between groups at any time point.

Conclusion

The use of continuous ESB in our cohort of patients reduced postoperative opioid consumption. No difference in the incidence of APP was found between groups.

Einleitung

Die Behandlung akuter postoperativer Schmerzen (APS) bei herzchirurgischen Patientinnen und Patienten bleibt eine

Herausforderung [1,2]. Die postoperative Schmerztherapie mit Opioiden ist suboptimal und mit zahlreichen Nebenwirkungen verbunden [1–3].

Früher war bei Herzoperationen die intraoperative Gabe hoher Dosen langanhaltender Opiode gängig, um die akute sympathische Reaktion zu dämpfen und die hämodynamische Stabilität sicherzustellen, was zu einer verlängerten postoperativen mechanischen Beatmung und Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation (ITS) führte [4]. Fast-Track(FT)-Protokolle wurden entwickelt, um den perioperativen Opioidbedarf zu reduzieren, mit dem Ziel, die Extubation innerhalb von 6 Stunden nach der Operation und eine frühe Entlassung von der ITS zu ermöglichen [4–7]. Seit über einem Jahrzehnt werden FT-Protokolle erfolgreich implementiert ohne einen Anstieg von Komplikationen [4–7]. Dennoch benötigen die meisten Patientinnen und Patienten trotz multimodaler post-

operativer Schmerztherapie weiterhin hohe Dosen von Opioiden zur Kontrolle der APS [1,2].

Im Rahmen von ERAS®(enhanced recovery after surgery)-Programmen zur beschleunigten postoperativen Genesung sollten minimalinvasive chirurgische Ansätze bevorzugt werden, um die Intensität der postoperativen Schmerzen zu reduzieren [8]. Bei Herzoperationen scheinen jedoch alleinige minimalinvasive anterolaterale Thorakotomiezugänge weder die Inzidenz von mäßigen bis schweren APS (Numerische Rating-Skala (NRS) ≥ 4) noch den postoperativen Opioidbedarf zu reduzieren [9].

Bei ERACS(early recovery after cardiac surgery)-Programmen ist es entscheidend, die postoperative Analgesie mit einem multimodalen Ansatz zu optimieren, der regionale Anästhesieverfahren einschließt, um den Bedarf an Opioiden zu reduzieren und somit eine frühe Mobilisierung, Atemtherapie und Nahrungsaufnahme zu erleichtern [10–12].

Neuroaxiale Blöcke werden seit Jahrzehnten bei offenen Operationen in der Thoraxchirurgie eingesetzt und sind zur Kontrolle von APS im Rahmen von ERAS®-Programmen zur Standardversorgung geworden [8].

Die Verwendung traditioneller neuroaxialer Blockaden für herzchirurgische Operationen mit anterolateralem Thorakotomiezugang birgt das Risiko von Blutungskomplikationen aufgrund systemischer Antikoagulation [13,14]. Ultraschallgesteuerte interfasziale Nervenblockaden erweisen sich in diesem Zusammenhang als neue, sichere und wirksame Alternative [14–20].

An unserer Einrichtung werden mehr als die Hälfte der Patientinnen und Patienten, die sich elektiven Herzoperationen unterziehen, mit unserem FT-Protokoll behandelt, das eine frühzeitige Extubation in einem Aufwachraum (AWR) – ohne geplante Aufnahme auf die IST – beinhaltet. Die multimodale Schmerztherapie erfolgt mit einer Kombination aus nichtsteroidalen Antirheumatika und Opioiden. Patienten und Patientinnen mit einer anterolateralen Thorakotomie

erhalten am Ende der Operation zusätzlich einen interkostalen Block durch die Chirurgen [5,9].

Unsere Hypothese ist, dass sich unter Anwendung eines kontinuierlichen „Erector Spinae Plane“-Blocks (ESB) der postoperative Bedarf an Opioiden bei diesen Patienten deutlich reduzieren ließe.

Ziel dieser retrospektiven Studie war der Vergleich des postoperativen Opioidverbrauchs und der Inzidenz von mäßigen bis schweren APS bei Patienten, die sich einer elektiven Herzoperation mit anterolateraler Thorakotomie unterzogen, mit dem FT-Protokoll behandelt wurden und entweder unsere standardmäßige opioidbasierte multimodale Akutschmerztherapie oder eine multimodale Schmerztherapie mit kontinuierlichem ESB erhielten.

Der primäre Endpunkt unserer Studie war der Vergleich des postoperativen Opioidbedarfs bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus zwischen diesen beiden Gruppen. Sekundärer Endpunkt war, die Inzidenz von mäßigen bis schweren APS von der Extubation bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus in den beiden Gruppen zu bewerten.

Weitere Endpunkte waren die Machbarkeit und Sicherheit (Blutungen oder Infektionen im Zusammenhang mit der Punktion oder Katheterinsertion) des ESB.

Methodik

Diese retrospektive Vorher-Nachher-Pilot-Studie wurde in einem universitätsaffilierten Herzzentrum mit Genehmigung der örtlichen Forschungsethikkommission durchgeführt (562/21-ek). Auf eine individuelle Patienteneinwilligung wurde verzichtet. Dieses Manuskript wurde nach den STROBE-Richtlinien verfasst (STROBE = Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology).

Ab März 2021 führten wir bei allen Patientinnen und Patienten, die sich einer Mitralklappen- und/oder Trikuspidalklappenoperation über einen rechtsanterolateralen Thorakotomiezugang oder

einer minimal-invasiven direkten Koronararterien-Bypass-Operation (MIDCAB) über einen links-anterolateralen Thorakotomiezugang unterzogen, postoperativ in den AWR verlegt und mit unserem FT-Protokoll behandelt wurden, einen ESB durch. Um den Beginn der Operation nicht zu verzögern, erhielten die Patientinnen und Patienten den ESB nach der Aufnahme in den AWR und vor der Extubation. Kontraindikationen für den ESB waren: Koagulopathie, definiert als bekannte Blutungsstörung, Allergie gegen Lokalanästhetika oder das Fehlen der Patienteneinwilligung während des Prämedikationsbesuchs.

Ausgeschlossen wurden Patientinnen und Patienten mit chronischen Schmerzen, Verhaltensstörungen, Depressionen, Drogenmissbrauch, chronischem Gebrauch von Schmerzmitteln, Antidepressiva oder Antikonvulsiva. Ebenso wie jene, die das FT-Protokoll nicht erfolgreich durchliefen und unerwartet vom AWR, von der Intermediate-Care-Station (IMC) oder vom Operationssaal auf die chirurgische ITS verlegt wurden [21].

Die ersten 100 aufeinanderfolgenden Patientinnen und Patienten, die einen ESB erhielten und die Studienkriterien erfüllten (ESB-Gruppe), wurden mit einer historischen Gruppe von FT-Patientinnen und Patienten verglichen, die eine standardmäßige opioidbasierte postoperative Schmerzbehandlung erhielten und denselben chirurgischen Zugang hatten (Kontrollgruppe).

Die Einleitung und Aufrechterhaltung der Anästhesie sowie die intraoperative Überwachung erfolgten gemäß den institutionellen Standards [5,9,21,22]. Die Patientinnen und Patienten erhielten keine Prämedikation. Die während der Anästhesie verwendeten Opioiden waren: Fentanyl 200 μg bei der Einleitung und Sufentanil als kontinuierliche Infusion zur Aufrechterhaltung ($1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ bis zur Thorakotomie, $0,5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ bis und während der Herz-Lungen-Maschine (HLM) und $0,25 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ nach Beenden der HLM und bis zum Verschluss der Thorakotomie). Vor Hautnaht erhielten alle Patientinnen und Patienten durch chirurgisches Personal 20 ml einer

0,375 %igen Ropivacainlösung in den hinteren Interkostalraum auf Höhe des Hautschnitts injiziert.

Am Ende der Operation wurden diejenigen, die die FT-Kriterien erfüllten, unter kontinuierlicher Sedierung mit einer Propofol-Infusion von $2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ in den AWR verlegt.

Metamizol 1 g intravenös (oder Paracetamol 1 g i. v. bei Allergie) wurde vor der Extubation verabreicht.

Patientinnen und Patienten in der ESB-Gruppe erhielten einen ultraschallgesteuerten ESB, sobald sie im AWR ankamen. Der Block wurde in Linkseitenlage auf Höhe der 4.–5. Brustwirbel bei Patientinnen und Patienten mit rechtsseitiger Thorakotomie unter sterilen Bedingungen durchgeführt (Abb. 1). Bei Patientinnen und Patienten mit linksseitiger Thorakotomie wurde der Block in Rechtsseitenlage durchgeführt. Ein hochfrequenter 3–12-MHz-Linear-schallkopf (Philips, Handover, MA, USA) wurde längs 2 bis 3 cm seitlich zum Th 5/6-Dornfortsatz platziert, der dem Th 4/5-Querfortsatz entspricht. Nach Identifizierung des posterolateralen Rands des Querfortsatzes und des interfazialen Raums zwischen den transversalen Bändern und dem Musculus (M) erector spinae posterior wurde unter Verwendung der In-Plane-Technik eine 19-G-Nadel (PlexoLong NanoLine® 19 G

x100 mm) (Pajunk, Geisingen, Deutschland) schräg in kranial-kaudaler Richtung eingeführt, bis die Spitze der Nadel in der interfazialen Position sichtbar war (Abb. 1). Die sichtbare bidirektionale Hydrodissektion unterhalb der Muskelschicht nach Injektion von 2–3 ml NaCl-Lösung (0,9 %) bestätigte die korrekte Position der Nadel (Abb. 1). Nach negativer Aspiration von Blut wurde ein 20-ml-Bolus von Ropivacain 0,375 % in diesen Raum injiziert, wodurch der M. erector spinae angehoben wurde und sich vom Querfortsatz und dem M. intercostalis externus abhob. Der Katheter (PlexoLong®, Pajunk, Geisingen, Deutschland) wurde dann 3–5 cm in den interfazialen Raum eingeführt und ein Bolus von 5 ml Lokalanästhetikum (LA) verabreicht (10 ml bei einer Körpergröße des Patienten >185 cm). Eine PCA-Pumpe mit Ropivacain 0,2 % zur patientengesteuerten Analgesie (PCA) wurde mit einer kontinuierlichen Infusion von 8 ml/h angeschlossen (und einem Bolus bei Bedarf von 4 ml alle 20 Minuten) und gestartet (10 ml/h und ein Bolus von 5 ml alle 20 Minuten für Patienten mit einer Körpergröße >185 cm). Die Überprüfung der Katheterinsertionsstelle wurde zweimal täglich von Schmerzpflegekräften (morgens und nachmittags) sowie einmal nachts durch anästhesistisches Fachpersonal durchgeführt. Blutungs- oder Infektionskom-

plikationen im Zusammenhang mit der Punktion oder dem Katheter wurden erfasst. Die Katheter wurden nach Entfernen der Thoraxdrainagen gezogen.

Die Intensität der Brustschmerzen wurde stündlich bei allen operativen Patientinnen und Patienten nach der Extubation bis zur Entlassung aus dem AWR und mindestens zweimal täglich während des gesamten Krankenhausaufenthalts unter Verwendung der NRS (bei der 0 keinen Schmerz und 10 den schlimmsten vorstellbaren Schmerz anzeigt) bewertet [23,24].

Der APS wurde dann als kein Schmerz (NRS 0), leicht (NRS 1–3), mäßig (NRS 4–6) und schwer (NRS ≥ 7) eingestuft [24].

Patienten im Aufwachraum mit einem NRS-Wert ≥ 4 erhielten einen Bolus von Piritramid $0,02$ – $0,03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ i. v. verabreicht.

Bei Patientinnen und Patienten, die einen ESB erhielten und einen NRS ≥ 4 hatten, wurde ein strukturierter Algorithmus befolgt, um die Wirkung des Blocks zu verbessern (Abb. 2). Falls der NRS-Wert immer noch nicht auf weniger als 4 reduziert wurde oder Schmerzen an anderen Stellen als an der Brustwand auftraten, wurde ein Bolus von i. v. Piritramid $0,02$ – $0,03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ verabreicht.

Bei allen Patientinnen und Patienten wurde eine Prophylaxe gegen postoperative Übelkeit und Erbrechen (PONV) mit Dexamethason 4 mg i. v. bei Narkoseeinleitung und Droperidol $1,25 \text{ mg}$ i. v. bei Ankunft im Aufwachraum durchgeführt. Ondansetron 4 mg i. v. wurde bei Anamnese von PONV hinzugefügt [25].

Alle Patientinnen und Patienten wurden mindestens 2 Stunden nach der Extubation überwacht und dann auf die IMC verlegt [22].

Die PCA mit Piritramid wurde bei Patientinnen und Patienten in beiden Gruppen gestartet, die trotz maximaler Analgetikaverabreichung (Piritramid $>30 \text{ mg}$ i. v. innerhalb von 2 Stunden im AWR oder Piritramid $>30 \text{ mg}$ i. v. innerhalb von 6 Stunden auf der IMC) APS mit einem NRS ≥ 4 hatten.

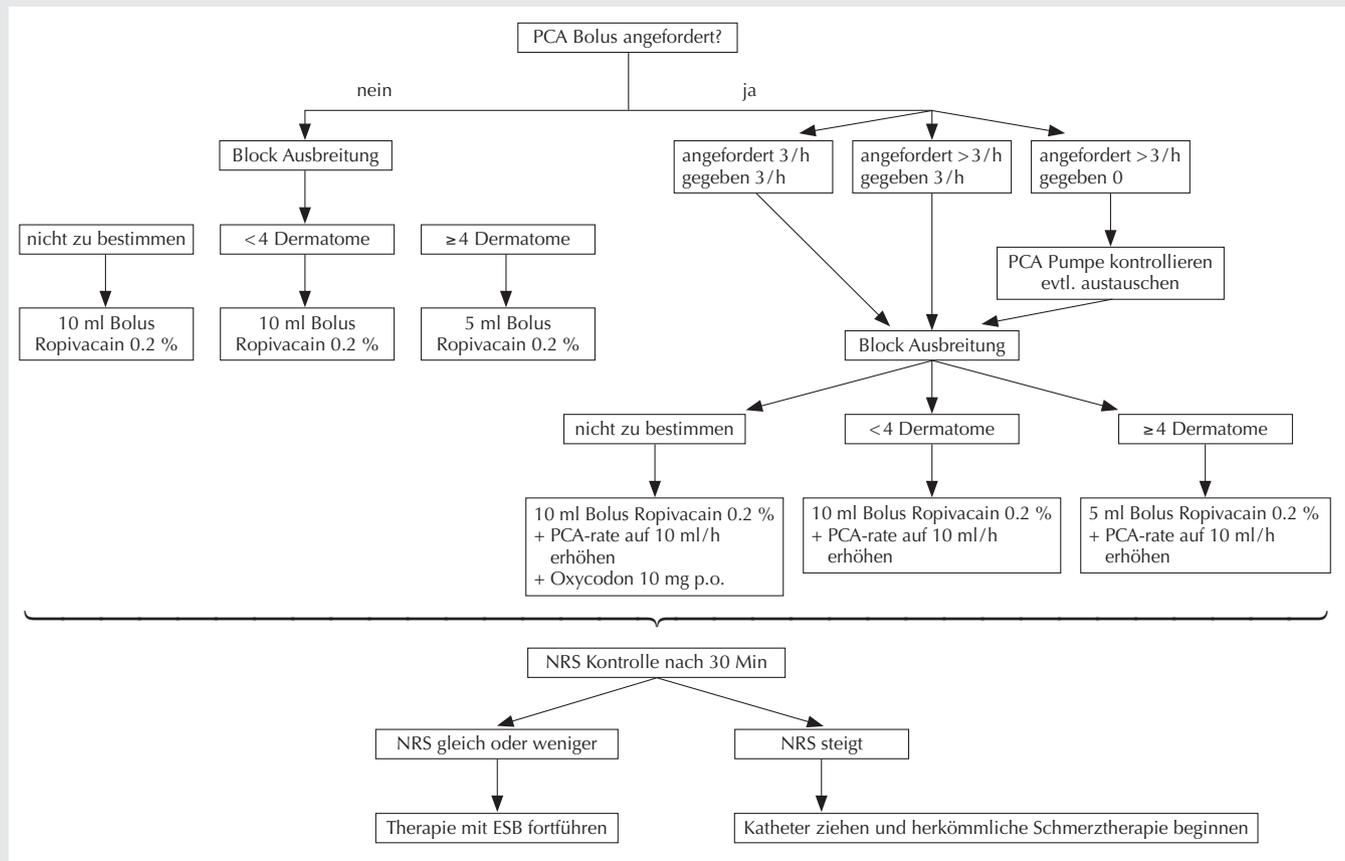
Abbildung 1



A: Bild, das die Position des Patienten, den Schallkopf und die Nadelausrichtung während eines ESB zeigt. **B:** Längssonografischer Schnitt während Hydrodissektion bei Platzierung des EPB. LA wird unterhalb des MES injiziert.

ESB: Erector Spinae Block; **MES:** Musculus Erector Spinae; **MRM:** Musculus Rhomboideus Major; **MT:** Musculus Trapezius; **QF:** Querfortsatz; **LA:** Lokalanästhetika.

Abbildung 2



Algorithmus für Patienten mit ESB und Schmerzbewertung NRS ≥ 4 .

PCA: patientengesteuerte Analgesie; NRS: Numerische Rating Skala; ESB: Erector Spinae Block.

Die Gesamtmenge der Analgetika wurde prospektiv im Krankenhausinformationssystem iMedOne® (Deutsche Telekom Healthcare and Security Solutions GmbH, Bonn, Deutschland) dokumentiert.

Datensammlung und statistische Analyse

Daten im Zusammenhang mit der Anästhesie wurden aus den maschinenlesbaren Anästhesieprotokollen mithilfe des Medlinq®-Systems (Medlinq® Softwaresysteme GmbH, Hamburg, Deutschland) erfasst. Alle anderen Daten wurden aus dem klinischen Informationssystem iMedOne® (Deutsche Telekom Healthcare and Security Solutions GmbH, Bonn, Deutschland) und dem Schmerzbesuchsprogramm (Medlinq® Softwaresysteme GmbH, Hamburg,

Deutschland) abgerufen. Für die statistische Analyse wurden SPSS® (SPSS® Statistics 25.0; Chicago, IL, USA) und StatsDirect® (StatsDirect® Version 3.0, StatsDirect Ltd, Cheshire, UK) zur Datendarstellung und -analyse verwendet.

Um einen Selektionsbias zu minimieren und vergleichbare Gruppen zu erhalten, wurde ein Propensity-Score-Matching durchgeführt. Für jede Patientin und jeden Patienten wurde ein logistisches Regressionsmodell berechnet, das Variablen einschloss, von denen bekannt ist, dass sie die APS beeinflussen: Alter, Geschlecht, Body-Mass-Index, Begleiterkrankungen wie arterielle Hypertonie und Diabetes mellitus, linksventrikuläre Ejektionsfraktion, Art und Dauer der Operation, Verwendung der HLM und HLM- sowie Aortenklemmzeiten.

Paare wurden im Verhältnis 1:1 mit ihrem nächsten Nachbarn entsprechend des nächsten Propensity-Scores von jeder Patientin und jedem Patienten abgeglichen. Basierend auf der vorherigen Spannweite der Unterschiede bei den Ausgangsvariablen vor dem Matching wurde die maximale Kaliberbreite für das Paar-Matching auf 0,125 der gepoolten Logit-Score-Standardabweichung festgelegt.

Kategorische Daten sind als Prozent angegeben und wurden mit dem χ^2 -Test oder dem exakten Fisher-Test verglichen. Kontinuierliche Variablen wurden auf Normalverteilung mit dem Shapiro-Wilk-Test überprüft. Normalverteilte Daten sind als Mittelwert (\pm Standardabweichung (SD)) angegeben und wurden mit dem Student-t-Test verglichen. Nichtnormalverteilte Daten sind als Me-

dian mit Interquartilabstand angegeben und mit dem Mann-Whitney-U-Test verglichen. Ein p-Wert <0,05 wurde als statistisch signifikant angesehen.

Ergebnisse

Insgesamt wurden 100 Patientinnen und Patienten in die Studie aufgenommen, die einen ESB erhielten. Die Kontrollgruppe war eine historische Patientengruppe mit den gleichen Charakteristika, an denen im Jahr 2020 elektive Herzoperationen im gleichen Herzzentrum durchgeführt wurden und die mit dem gleichen perioperativen FT-Protokoll behandelt wurden. Wir identifizierten 324 Patientinnen und Patienten, von denen nach dem 1:1-Propensity-Score-Matching 100 eingeschlossen wurden, was zu zwei gleich großen Gruppen führte.

Patientencharakteristika und operative Daten sind in Tabelle 1 dargestellt.

Der Bedarf an postoperativen Opioidanalgetika (Piritramid) während des Aufenthalts im AWR und auf der IMC war in der Kontrollgruppe signifikant höher als in der ESB-Gruppe (Tab. 2).

Die orale Opioid-Einnahme von Oxycodon auf der Normalstation war ebenfalls signifikant höher in der Kontrollgruppe. Die Verwendung von Morphinsulfat als Rescue-Medikation unterschied sich nicht zwischen den Gruppen (Tab. 2).

In den ersten 24 Stunden berichteten 44,1 % der Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe und 26,9 % in der ESB-Gruppe von mäßig bis schweren Schmerzen in Ruhe ($p = 0,064$). Am Abend des ersten postoperativen Tages (postoperative day, POD) berichteten nur 20,7 % in der Kontrollgruppe und 17,2 % in der ESB-Gruppe von mäßig bis schweren Schmerzen in Ruhe ($p = 0,542$). Ab POD 2 bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus nahm die Inzidenz von mäßig bis schweren Schmerzen im Laufe der Zeit ab (bei der Entlassung 3 % und 1 % ($p = 0,621$) in der Kontroll- bzw. ESB-Gruppe).

Die Inzidenz von mäßig bis schweren Schmerzen war in beiden Gruppen bei

Tabelle 1

Patientencharakteristika, intra- und postoperative Daten der Studienpopulation (n = 200).

	Kontrollgruppe (n = 100)	ESB-Gruppe (n = 100)	p
Geschlecht (m/w)	75/25	75/25	1,000
Alter (Jahre)	60,13 ± 10,83	59,47 ± 12,69	0,693
Größe (cm)	175,70 ± 8,74	175,68 ± 10,22	0,988
Gewicht (Kg)	81,37 ± 15,14	81,63 ± 14,17	0,900
Body-Mass-Index (kg.m ⁻²)	26,28 ± 4,12	26,53 ± 4,85	0,695
arterielle Hypertonie (N und %)	70	64	0,365
Diabetes mellitus (N und %)	8	10	0,630
ASA II / III / IV (N und %)	4/85/11	16/72/11	
LV Ejektionsfraktion (%)	60,00 ± 11,07	61,82 ± 9,84	0,224
OP: MIDCAB (N und %)	27	27	1,000
OP: MKR (N und %)	73	73	
HLM Zeit (Min)	116 (99,50–143,50)	120 (97–146)	0,797
Aortenklemmzeit (Min)	72 (58–84,5)	73 (58,5–93)	0,733
Operationszeit (Min)	167,5 (131,25–205)	170 (131,25–210)	0,542
Anästhesiezeit (Min)	262,5 (220–295)	270 (225–320)	0,430
Extubationszeit im AWR (Min)	87,5 (60–128,75)	117,5 (93,75–161,25)	<0,001
PONV AWR (N und %)	9	6	0,420
AWR VWD (Min)	235 (195–278,75)	267,5 (220–330)	0,008
IMC VWD (Tage)	1 (1–2)	1 (1–3)	0,305
PONV erste Nacht (N und %)	24	10	0,010
PONV POD 1 (N und %)	15	10	0,316
PONV POD 2 (N und %)	2	3	0,759
Entfernung Thoraxdrainage (Tage)	3 (2–4)	3 (3–4)	0,304
Krankenhaus VWD (Tage)	7 (7–11)	7 (6–9)	0,218

Werte als Mittelwert (Standardabweichung), Median (Interquartilsabstand von 25 % bis 75 %) oder Anzahl der Patienten (N und %).

LV: linker Ventrikel; MIDCAB: minimal-invasive direkte Koronararterien-Bypass-Operation; MKR: Mitralklappenrekonstruktion/-ersatz; HLM: Herz-Lungen-Maschine; VWD: Verweildauer; AWR: Aufwachraum; IMC: Intermediate Care Unit (Überwachungsstation).

Tabelle 2

Postoperativer Opioidverbrauch (n = 200).

	Kontrollgruppe (n = 100)	ESB-Gruppe (n = 100)	p
Piritramid (mg) AWR	0 (0–8)	0 (0–0)	<0,001
Clonidin AWR (N)	26	31	0,433
Dolantin AWR (N)	1	1	1,000
Piritramid (mg) IMC	31 (18,25–43)	0 (0–10)	<0,001
PCA-Piritramid (n und %)	20	8	0,024
PCA-Piritramid (mg)	21 (10–53)	46 (25–62)	0,160
Piritramid (mg) insgesamt	37 (21,75–53,25)	0 (0–14)	<0,001
Oxycodon (mg) IMC	10 (10–30)	10 (0–20)	0,004
Oxycodon (mg) Station	40 (20–60)	0 (0–40)	<0,001
Morphinsulfat (mg)	21	15	0,228

Werte als Median (Interquartilbereich von 25 bis 75 %) oder Anzahl der Patienten.

AWR: Aufwachraum; IMC: Intermediate Care Unit; PCA: patientengesteuerte Analgesie.

Belastung höher als in Ruhe. Mäßig bis schwere Schmerzen bei Belastung blieben in den ersten 36 Stunden nach der Operation in beiden Gruppen hoch (bis zu 58,8 % in der Kontrollgruppe vs. 57,7 % ($p = 0,599$) in der ESB-Gruppe) und fielen nicht unter 20 % (18,8 % und 14,3 % ($p = 0,408$) Kontroll- bzw. ESB-Gruppe), bis die Thoraxdrainagen im Median nach 3 Tagen entfernt wurden.

Die Inzidenz von mäßig bis schweren APS unterschied sich zwischen den beiden Gruppen weder in Ruhe noch bei Belastung zu keinem Zeitpunkt von der Extubation bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus (Abb. 2 und 3).

In 9 Fällen war der ESB-Block überhaupt nicht erfolgreich. Die Patientinnen und Patienten berichteten über Schmerzen an der Operationsstelle, die durch zusätzliche Bolusgaben von Lokalanästhetikum nicht reduziert wurden und daher nicht zu einer Taubheit der Haut führten. Die Schmerzen wurden daher

mit einem opioidbasierten postoperativen Standard-Schmerzprotokoll behandelt und der Katheter sofort entfernt. In dieser Gruppe war der Opioidbedarf in der Kontrollgruppe und der ESB-Gruppe gleich: Piritramid 60 vs. 37 mg ($p = 0,213$) und Oxycodon 65 vs. 50 mg ($p = 0,688$).

Bei 15 Fällen war nur der anfängliche Bolus des Lokalanästhetikums erfolgreich (in 4 Fällen konnte der Katheter nicht platziert werden, in 3 wurde er versehentlich entfernt, in einem Fall war er abgeknickt und bei 7 Fällen waren die Bolusgaben von Lokalanästhetikum durch den Katheter nicht wirksam, um die Schmerzen zu lindern). In dieser Untergruppe war der Bedarf an Opioiden im AWR nicht anders als bei Patientinnen und Patienten mit einem wirksamen Block, aber der Opioidbedarf auf der IMC und auf der Station ähnlich wie in der Kontrollgruppe (Piritramid (37 vs. 47 mg ($p = 0,556$) und Oxycodon 50 vs. 50 mg ($p = 0,754$) in der ESB- bzw. Kontrollgruppe).

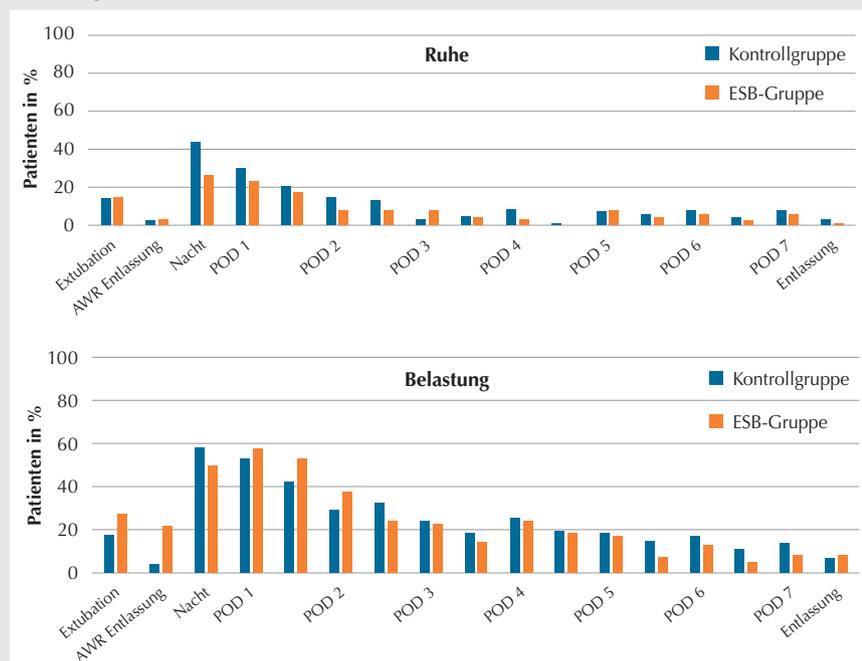
Es wurde über keine Blutungen oder Hämatome nach der Punktion berichtet. In 2 Fällen wurde eine oberflächliche Rötung und Schwellung um den Katheter herum beobachtet, jedoch ohne Blutung. Bei 1 Fall beobachteten wir prodromale Symptome einer systemischen toxischen Wirkung von Lokalanästhetika (local anesthetic systemic toxicity, LAST) mit perioraler Anästhesie und metallischem Geschmack nach der Injektion eines zusätzlichen Rettungsbolus von Lokalanästhetikum. Die Infusion des Lokalanästhetikums wurde sofort gestoppt und der Katheter gezogen, ohne weitere klinische Folgen.

Der ESB-Katheter verblieb bei allen Patientinnen und Patienten im Median 3 Tage (Interquartile Range (IQR) 2–4).

Die Beatmungsdauer (d. h. die Zeit von der Ankunft im AWR bis zur Extubation) und die Verweildauer im AWR war bei ESB-Patienten im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant länger, während die Verweildauer auf der IMC und im Krankenhaus zwischen den Gruppen keinen Unterschied zeigte (Tab. 1).

Die Inzidenz von PONV im AWR war in beiden Gruppen gering: 6 % vs. 9 % ($p=0,420$) in der ESB- bzw. Kontrollgruppe. Der Bedarf an Antiemetika war in der ESB-Gruppe in der ersten Nacht geringer (10 % vs. 24 % ($p = 0,010$) in der ESB- und Kontrollgruppe), am POD 1 und POD 2 wurden keine Unterschiede festgestellt (10 % vs. 15 % und 3 % vs. 2 % in der ESB- bzw. Kontrollgruppe) (Tab. 1).

Abbildung 3



Inzidenz von mäßigen bis schweren akuten postoperativen Schmerzen (NRS ≥ 4) in Ruhe und bei Belastung von der Extubation bis zur Krankenhausaufentlassung.

Werte sind in Prozent angegeben. **ESB:** Erector Spinae Block; **NRS:** Numerische Rating Skala; **AWR:** Aufwachraum; **POD:** Postoperativer Tag.

Diskussion

Unsere Studie zeigt, dass der Einsatz eines ultraschallgeführten kontinuierlichen ESB im Rahmen eines FT-Protokolls den postoperativen Opioidverbrauch während des gesamten Krankenhausaufenthalts verringert. Wir konnten jedoch keinen Unterschied in der Inzidenz von mäßig bis schweren APS bei ESB-Patienten im Vergleich zur Kontrollgruppe beobachten.

Frühere Studien an herzchirurgischen Patientinnen und Patienten nach Sternotomie berichteten über die Wirksam-

keit bilateraler ESB bei der Reduzierung des perioperativen Opioidverbrauchs, der Intubationszeit und der Verweildauer auf der Intensivstation [26–31].

Nur wenige unterschiedlich gestaltete Studien untersuchen die Wirksamkeit von ESB bei herzchirurgischen Patientinnen und Patienten mit Thorakotomie [32–35].

In einer retrospektiven Beobachtungsstudie fanden Moll et al. [33] keine Unterschiede im Opioidbedarf, als sie verschiedene regionale Blöcke (erector spinae, serratus anterior oder paravertebral) mit einer Nicht-Block-Gruppe nach roboterassistierter MIDCAB verglichen. Ähnliche Ergebnisse wurden von Statzer et al. [35] in einer retrospektiven Fall-Kontroll-Studie mit präoperativem ESB im Vergleich zu einer Nicht-Block-Gruppe gefunden, wobei der mediane Bedarf an Morphinmilligrammäquivalenten (MME) für ESB (23 Fälle) 70 mg gegenüber 123 mg für die Nicht-Block-Gruppe (38 Fälle) betrug. Statzer et al. verwendeten einen Anfangsbolus von 30 ml 5 % Ropivacain, gefolgt von programmgesteuerten intermittierenden Bolusgaben von 10 ml 2 % Ropivacain alle 30 Minuten.

In einer retrospektiven, propensity-score-matched (1:2) Kohortenstudie verglichen Sun et al. [34] die Wirksamkeit eines ESB-Katheters (93 Fälle), der vor der Extubation eingesetzt wurde, mit einer konventionellen, opioidbasierten i. v.-Behandlung (174 Fälle). Der ESB führte zu einer Verringerung des postoperativen oralen MME-Verbrauchs im Vergleich zur Kontrollgruppe (Durchschnitt 226 ± 126 mg vs. 346 ± 105 mg, $p < 0,01$) und zu einer Verringerung des Bedarfs an Antiemetika (30 % vs. 42 %, $p = 0,04$). In dieser Studie wurde das ESB-Management mit einem anfänglichen Bolus von 15–30 ml Ropivacain (0,375–0,75 %) und intermittierenden Bolusgaben alle 8–12 Stunden durchgeführt. Eine konstante Sufentanil-PCA wurde bei allen Patientinnen und Patienten in der Kontrollgruppe und bei jenen mit einem VAS-Wert > 4 (Visuelle Analogskala) in der ESB-Gruppe verwendet.

Trotz des theoretischen Vorteils einer größeren Ausbreitung wurden die Vorteile von intermittierenden Bolusgaben von Lokalanästhetika (LA) im Vergleich zur kontinuierlichen Infusion in peripheren Blöcken bisher nicht nachgewiesen [36]. In unserer Studie mit kontinuierlicher Infusion von LA berichten wir über einen deutlich geringeren postoperativen oralen MME-Verbrauch im Vergleich zu den Studien von Statzer [35] und Sun [34] mit intermittierenden Bolusgaben (Median 18 mg vs. 70 mg vs. 226 mg).

Der Bedarf an Antiemetika in unserer Studie war ebenfalls signifikant niedriger in der ESB-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe (10 % vs. 24 %, $p = 0,01$) und auch niedriger als die von Sun [34] in beiden Gruppen berichteten Daten (30 % vs. 42 %). Dies unterstreicht den Nutzen von opioidsparenden Strategien.

In einer prospektiven Beobachtungskohortenstudie berichteten Borys et al. [32] von 19 Fällen nach einem präoperativ durchgeführten Einmalbolus-ESB (0,2 ml/kg 0,375 % Ropivacain) und einer intraoperativen Remifentanil-Infusion, die im Median nach 36 Minuten (24–66) extubiert wurden. Der durchschnittliche Verbrauch von postoperativem Oxycodon betrug am ersten Tag nach der Operation 18 mg (95 %-KI 15,55–20,98 mg).

Die Patienten in unserer ESB-Gruppe erhielten nach der Operation einen kontinuierlichen Block und wurden im Median nach 118 Minuten extubiert. Der postoperative Opioidbedarf war geringer als in der ESB-Gruppe von Borys et al. (Median von 0 mg (95 %-KI 0–11 mg) Piritramid und 10 mg (95 %-KI 0–20 mg) Oxycodon für die ersten 24 Stunden). Eine mögliche Erklärung hierfür könnte in der Wahl von Sufentanil anstelle von Remifentanil als intraoperativem Opioid liegen. Die längere Extubationszeit für unsere ESB-Gruppe kann durch die Zeit zur Durchführung des ESB postoperativ im AWR bedingt sein. Die statistisch signifikanten Unterschiede in der Extubationszeit und der Verweildauer im AWR zwischen unseren beiden Gruppen scheinen jedoch keine Auswirkungen auf die Verweildauer auf der IMC und im Krankenhaus zu haben.

Die Frage nach der klinischen Wirksamkeit von kontinuierlichem ESB mit Katheterplatzierung wird kaum behandelt.

Pirsaharkhiz et al. [37] berichteten in einer retrospektiven Studie (42 Fälle) über eine Inzidenz von vollständigem Blockversagen in 7 % der Fälle und katheterbedingten Problemen in 9,5 %. Sun et al. [34] berichteten über eine Inzidenz von katheterbedingten Problemen von 5,4 % bei 93 Studienteilnehmenden und erwähnten keine Blockversagen. In unserer Kohorte mit 100 ESB-Patientinnen und Patienten beobachteten wir in 9 Fällen (9 %) ein vollständiges Blockversagen, bei denen keine Schmerzlinderung durch ESB erreicht wurde. Bei 15 Fällen (15 %) wurde nur für die ersten 8–12 Stunden ein zufriedenstellender Block erreicht, aber danach waren Opioid zur Schmerzlinderung erforderlich, wobei bei 8 Fällen dies auf katheterbedingte Probleme zurückzuführen war (der Katheter konnte nicht platziert werden, war verstopft oder wurde versehentlich verschoben).

Es ist auch wichtig zu erwähnen, dass der Wirkmechanismus des ESB nicht vollständig verstanden ist [38–41]. Der wahrscheinlichste Hauptmechanismus ist die direkte Wirkung der LA-Ausbreitung auf neuronale Strukturen in der Faszie und benachbarten Gewebefächern, die konsequent die dorsalen Rami versorgen. Studien an Leichen [42–45] und Freiwilligen [46,47] berichteten von einer Ausbreitung nach vorne zu den ventralen Rami, den Spinalnervenwurzeln und in gewissem Maße sogar zum paravertebralen und epiduralen Raum.

Daher kann das Versagen des ESB darauf zurückzuführen sein, dass sich das LA im Muskel ausbreitet, kann aber auch eine Folge einer unzureichenden ventralen Ausbreitung des LA aufgrund anatomischer Variabilität und variabler kutaner Innervation sein, selbst wenn sich das LA in der richtigen Ebene ausbreitet [38]. Ein wichtiger Aspekt bei der Durchführung von regionalen Blöcken in der Herzchirurgie ist die katheterbedingte Blutung bei Patienten unter Plättchenaggregationshemmern und Antikoagulation [13,14].

Die Leitlinien der European Society of Anaesthesiology and Intensive Care und der European Society of Regional Anaesthesia empfehlen, keine neuroaxialen oder tiefen und nicht komprimierbaren peripheren Nervenblöcke bei antikoagulierten Patientinnen und Patienten mit höherem Blutungsrisiko durchzuführen, selbst nicht unter Ultraschall-Führung. Obwohl es keine Hinweise darauf gibt, dass die Ultraschall-Führung die Rate der vaskulären Punktion reduziert, deuten die Leitlinien darauf hin, dass Faszienblöcke in diesen Fällen möglicherweise eine sicherere Alternative zu neuroaxialen Blöcken darstellen [14].

De Cassai et al. [48] führten eine systematische Übersicht über uni- und bilaterale thorakale ESB durch (182 Artikel wurden untersucht). Keine der eingeschlossenen Studien berichtete über blockbedingte Komplikationen. In unserer Kohorte, in der der ESB-Katheter median 3 Tage verblieb, fanden wir keine Blutungskomplikationen, beobachteten aber in 2 Fällen eine oberflächliche Rötung und Schwellung um den Katheter herum, ohne Blutung.

Ein weiterer Aspekt bei der Durchführung von Faszienblöcken ist die Injektion relativ großer Volumina von LA (25–30 ml), um eine umfangreiche Ausbreitung des Medikaments zu gewährleisten. Die Anwendung hoher LA-Dosen birgt das potenzielle Risiko einer LAST, die Arrhythmien, Hypotonie, Verwirrung, Schläfrigkeit und Krampfanfälle verur-

sachen kann [49]. Die in unserer Studie verabreichten Dosen betragen durchschnittlich 60 % der maximal empfohlenen Tagesdosis von Ropivacain und wurden bereits in kürzlich veröffentlichten Studien ohne Nebenwirkungen verwendet [32–34,50].

Trotz der niedrigen LA-Dosis und der einseitigen Natur des Blocks beobachteten wir bei einem Patienten prodromale LAST-Symptome nach der Injektion eines zusätzlichen Bolus von LA ohne vorherige Aspiration aus dem Katheter.

Limitationen

Unsere Studie hat einige Limitationen. Erstens handelt es sich um eine Single-Center-Studie ohne Randomisierung und mit retrospektivem Charakter. Zweitens haben wir uns aufgrund der begrenzten Veröffentlichungen zur Verwendung von kontinuierlichem ESB in der Herzchirurgie (mit Thorakotomie) entschlossen, unsere ersten 100 Patientinnen und Patienten zu bewerten, ohne eine Power-Analyse und eine Stichprobengrößenberechnung durchzuführen. Drittens waren die Pflegekräfte, die die Schmerzen bewerteten, nicht blind für die postoperative Analgesietechnik. Da die Block-Patientinnen und -Patienten mit historischen Kontrollen abgeglichen wurden, kann eine Selektionsverzerrung nicht vollständig ausgeschlossen werden. Die Einbeziehung der gescheiterten Blöcke hat die Menge an Opioidverbrauch in der Blockgruppe erhöht und die Effektstärke reduziert.

Schlussfolgerung

Unsere Studie legt nahe, dass die Verwendung eines kontinuierlichen ESB im Rahmen eines FT-Protokolls den postoperativen Opioidverbrauch im Vergleich zur alleinigen i.v.-opioidbasierten Therapie signifikant reduziert. Der verringerte Opioidverbrauch senkt auch die Inzidenz von PONV.

Wir konnten jedoch keinen Unterschied in der Inzidenz von mäßig bis schweren APS zwischen beiden Gruppen beobachten.

Die Verwendung eines kontinuierlichen postoperativen ESB in der Herzchirurgie scheint eine sichere und wirksame Option zur Behandlung von APS zu sein und einen wertvollen Beitrag zur Umsetzung eines ERACS-Programms zu leisten.

Die Auswirkungen von ESB auf die Inzidenz von anhaltenden postoperativen Schmerzen müssen noch untersucht werden.

Literatur

1. Mazzeffi M, Khelemsky Y: Poststernotomy pain: a clinical review. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2011;25: 1163–1178. DOI: 10.1053/j.jvca.2011.08.001
2. Zubrzycki M, Liebold A, Skrabal C, Reinelt H, Ziegler M, Perdas E, et al: Assessment and pathophysiology of pain in cardiac surgery. *Journal of Pain Research* 2018;11:1599–1611. DOI: 10.2147/JPR.S162067

Original Articles

Clinical Anaesthesia

3. Niraj G, Kelkar A, Kaushik V, Tang Y, Fleet D, Tait F, et al: Audit of postoperative pain management after open thoracotomy and the incidence of chronic postthoracotomy pain in more than 500 patients at a tertiary center. *J Clin Anesth* 2017;36:174–177. DOI: 10.1016/j.jclinane.2016.10.011
4. MacLeod JB, D'Souza K, Aguiar C, Brown CD, Pozeg Z, White C, et al: Fast tracking in cardiac surgery: is it safe? *J Cardiothorac Surg* 2022;17:69. DOI: 10.1186/s13019-022-01815-9
5. Ender J, Borger MA, Scholz M, Funkat AK, Anwar N, Sommer M, et al: Cardiac Surgery Fast-track Treatment in a Postanesthetic Care Unit: Six-month Results of the Leipzig Fast-track Concept. *Anesthesiology: The Journal of the American Society of Anesthesiologists* 2008;109:61–66. DOI: 10.1097/ALN.0b013e31817881b3
6. Hantschel D, Fassl J, Scholz M, Sommer M, Funkat AK, Wittmann M, et al: Leipzig fast-track protocol for cardio-anesthesia. Effective, safe and economical. *Anaesthesist* 2009;58:379–386. DOI: 10.1007/s00101-009-1508-1
7. Zakhary WZA, Turton EW, Ender JK: Post-operative patient care and hospital implications of fast track. *European Heart Journal Supplements* 2017;19:A18–A22. DOI: 10.1093/eurheartj/suw055
8. Batchelor TJP, Rasburn NJ, Abdelnour-Berchtold E, Brunelli A, Cerfolio RJ, Gonzalez M, et al: Guidelines for enhanced recovery after lung surgery: recommendations of the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society and the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS). *Eur J Cardiothorac Surg* 2019;55:91–115. DOI: 10.1093/ejcts/ezy301
9. Korsik E, Meineri M, Zakhary WZA, Balga I, Jawad K, Ender J, et al: Persistent and acute postoperative pain after cardiac surgery with anterolateral thoracotomy or median sternotomy: A prospective observational study. *J Clin Anesth* 2021;77:110577. DOI: 10.1016/j.jclinane.2021.110577
10. Balan C, Bubenek-Turconi SI, Tomescu DR, Valeanu L: Ultrasound-Guided Regional Anesthesia-Current Strategies for Enhanced Recovery after Cardiac Surgery. *Medicina (Kaunas)* 2021;57. DOI: 10.3390/medicina57040312
11. Borys M, Zurek S, Kurowicki A, Horeczy B, Bielina B, Sejboth J, et al: Implementation of Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) protocol in off-pump coronary artery bypass graft surgery. A prospective cohort feasibility study. *Anaesthesiol Intensive Ther* 2020;52:10–14. DOI: 10.5114/ait.2020.93160
12. Engelman DT, Ben Ali W, Williams JB, Perrault LP, Reddy VS, Arora RC, et al: Guidelines for Perioperative Care in Cardiac Surgery: Enhanced Recovery After Surgery Society Recommendations. *JAMA Surg* 2019;154:755–766. DOI: 10.1001/jamasurg.2019.1153
13. Tsui BCH, Kirkham K, Kwofie MK, Tran Q, Wong P, Chin KJ, et al: Practice advisory on the bleeding risks for peripheral nerve and interfascial plane blockade: evidence review and expert consensus. *Can J Anaesth* 2019;66:1356–1384. DOI: 10.1007/s12630-019-01466-w
14. Kietabl S, Ferrandis R, Godier A, Llau J, Lobo C, Macfarlane AJ, et al: Regional anaesthesia in patients on antithrombotic drugs: Joint ESAIC/ESRA guidelines. *Eur J Anaesthesiol* 2022;39:100–132. DOI: 10.1097/EJA.0000000000001600
15. Chin KJ: Thoracic wall blocks: From paravertebral to retrolaminar to serratus to erector spinae and back again – A review of evidence. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2019;33:67–77. DOI: 10.1016/j.bpa.2019.02.003
16. Liu H, Emelife PI, Prabhakar A, Moll V, Kendrick JB, Parr AT, et al: Regional anesthesia considerations for cardiac surgery. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2019;33:387–406. DOI: 10.1016/j.bpa.2019.07.008
17. Mitnacht AJC, Shariat A, Weiner MM, Malhotra A, Miller MA, Mahajan A, et al: Regional Techniques for Cardiac and Cardiac-Related Procedures. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2019;33:532–546. DOI: 10.1053/j.jvca.2018.09.017
18. Smith LM, Barrington MJ, St Vincent's Hospital M: Ultrasound-guided blocks for cardiovascular surgery: which block for which patient? *Curr Opin Anaesthesiol* 2020;33:64–70. DOI: 10.1097/ACO.0000000000000818
19. Sondekoppam RV, Tsui BCH: „Minimally invasive“ regional anesthesia and the expanding use of interfascial plane blocks: the need for more systematic evaluation. *Can J Anaesth* 2019;66:855–863. DOI: 10.1007/s12630-019-01400-0
20. Yu S, Valencia MB, Roques V, Aljure OD: Regional analgesia for minimally invasive cardiac surgery. *J Card Surg* 2019;34:1289–1296. DOI: 10.1111/jocs.14177
21. Waseem Z, Lindner J, Sgouropoulou S, Eibel S, Probst S, Scholz M, et al: Independent Risk Factors for Fast-Track Failure Using a Predefined Fast-Track Protocol in Preselected Cardiac Surgery Patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2015;29:1461–1465. DOI: 10.1053/j.jvca.2015.05.193
22. Zakhary WZA, Turton EW, Flo Forner A, von Aspern K, Borger MA, Ender JK: A comparison of sufentanil vs. remifentanyl in fast-track cardiac surgery patients. *Anaesthesia* 2019;74:602–608. DOI: 10.1111/anae.14572
23. Hjernstad MJ, Fayes PM, Haugen DF, Caraceni A, Hanks GW, Loge JH, et al: Studies comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for assessment of pain intensity in adults: a systematic literature review. *J Pain Symptom Manage* 2011;41:1073–1093. DOI: 10.1016/j.jpainsymman.2010.08.016
24. Karcioglu O, Topacoglu H, Dikme O, Dikme O: A systematic review of the pain scales in adults: Which to use? *Am J Emerg Med* 2018;36:707–714. DOI: 10.1016/j.ajem.2018.01.008
25. Hasheminejad E FFA, Meineri M, Ender J, Zakhary WZA: Postoperative Nausea and Vomiting Prophylaxis in Fast-Track Cardiac Anesthesia: A Patient Matched Retrospective before and after Study. *Int J Anesth Pain Med* 2022;8:78. DOI: 10.35841/2471-982X.8.5.78
26. Athar M, Parveen S, Yadav M, Siddiqui OA, Nasreen F, Ali S, et al: A Randomized Double-Blind Controlled Trial to Assess the Efficacy of Ultrasound-Guided Erector Spinae Plane Block in Cardiac Surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2021;35:3574–3480. DOI: 10.1053/j.jvca.2021.03.009
27. Krishna SN, Chauhan S, Bhoi D, Kaushal B, Hasija S, Sangdup T, et al: Bilateral Erector Spinae Plane Block for Acute Post-Surgical Pain in Adult Cardiac Surgical Patients: A Randomized Controlled Trial. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2019;33:368–375. DOI: 10.1053/j.jvca.2018.05.050
28. Kurowicki A, Borys M, Zurek S, Horeczy B, Gaweda B, Belina B, et al: Remifentanyl and sevoflurane based anesthesia combined with bilateral erector spinae plane block in patients undergoing off-pump coronary artery bypass graft surgery. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne* 2020;15:346–350. DOI: 10.5114/wiitm.2019.88748
29. Macaire P, Ho N, Nguyen T, Nguyen B, Vu V, Quach C, et al: Ultrasound-Guided Continuous Thoracic Erector Spinae Plane Block Within an Enhanced Recovery Program Is Associated with

- Decreased Opioid Consumption and Improved Patient Postoperative Rehabilitation After Open Cardiac Surgery-A Patient-Matched, Controlled Before-and-After Study. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2019;33:1659–1667. DOI: 10.1053/j.jvca.2018.11.021
30. Nagaraja PS, Ragavendran S, Singh NG, Asai O, Bhavya G, Manjunath N, et al: Comparison of continuous thoracic epidural analgesia with bilateral erector spinae plane block for perioperative pain management in cardiac surgery. *Ann Card Anaesth* 2018;21:323–327. DOI: 10.4103/aca.ACA_16_18
31. Vaughan BN, Bartone CL, McCarthy CM, Answini GA, Hurford WE: Ultrasound-Guided Continuous Bilateral Erector Spinae Plane Blocks Are Associated with Reduced Opioid Consumption and Length of Stay for Open Cardiac Surgery: A Retrospective Cohort Study. *Journal of clinical medicine* 2021;10. DOI: 10.3390/jcm10215022
32. Borys M, Gaweda B, Horeczy B, Kolowca M, Olszowka P, Czuczwar M, et al: Erector spinae-plane block as an analgesic alternative in patients undergoing mitral and/or tricuspid valve repair through a right mini-thoracotomy – an observational cohort study. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne* 2020;15:208–214. DOI: 10.5114/wit.2019.85396
33. Moll V, Ward CT, Jabaley CS, O'Reilly-Shah VN, Boorman DW, McKenzie-Brown AM, et al: Erector Spinae Regional Anesthesia for Robotic Coronary Artery Bypass Surgery Is Not Associated With Reduced Postoperative Opioid Use: A Retrospective Observational Study. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2021;35:2034–2042. DOI: 10.1053/j.jvca.2020.09.112
34. Sun Y, Luo X, Yang X, Zhu X, Yang C, Pan T, et al: Benefits and risks of intermittent bolus erector spinae plane block through a catheter for patients after cardiac surgery through a lateral mini-thoracotomy: A propensity score matched retrospective cohort study. *J Clin Anesth* 2021;75:110489. DOI: 10.1016/j.jclinane.2021.110489
35. Statzer NJ, Plackis AC, Woolard AA, Allen BFS, Siegrist KK, Shi Y, et al: Erector Spinae Plane Catheter Analgesia in Minimally Invasive Mitral Valve Surgery: A Retrospective Case-Control Study for Inclusion in an Enhanced Recovery Program. *Seminars in cardiothoracic and vascular anesthesia* 2022;26:266–273. DOI: 10.1177/10892532221104420
36. Jagannathan R, Niesen AD, D'Souza RS, Johnson R: Intermittent bolus versus continuous infusion techniques for local anesthetic delivery in peripheral and truncal nerve analgesia: the current state of evidence. *Reg Anesth Pain Med* 2019;44:447–451. DOI: 10.1136/rapm-2018-100082
37. Pirsaharkhiz N, Comolli K, Fujiwara W, Stasiewicz S, Boyer JM, Begin EV, et al: Utility of erector spinae plane block in thoracic surgery. *J Cardiothorac Surg* 2020;15:91. DOI: 10.1186/s13019-020-01118-x
38. Chin KJ, El-Boghdadly K: Mechanisms of action of the erector spinae plane (ESP) block: a narrative review. *Can J Anaesth* 2021;68:387–408. DOI: 10.1007/s12630-020-01875-2
39. De Cassai A, Bonvicini D, Correale C, Sandei L, Tulgar S, Tonetti T: Erector spinae plane block: a systematic qualitative review. *Minerva Anestesiol* 2019;85:308–319. DOI: 10.23736/S0375-9393.18.13341-4
40. Gadsden J: The erector spinae plane block: the case of the elusive mechanism of action. *Can J Anaesth* 2021;68:288–292. DOI: 10.1007/s12630-020-01876-1
41. Saadawi M, Layera S, Aliste J, Bravo D, Leurcharusmee P, Tran Q: Erector spinae plane block: A narrative review with systematic analysis of the evidence pertaining to clinical indications and alternative truncal blocks. *J Clin Anesth* 2021;68:110063. DOI: 10.1016/j.jclinane.2020.110063
42. Aponte A, Sala-Blanch X, Prats-Galino A, Masdeu J, Moreno LA, Sermeus LA: Anatomical evaluation of the extent of spread in the erector spinae plane block: a cadaveric study. *Can J Anaesth* 2019;66:886–893. DOI: 10.1007/s12630-019-01399-4
43. Dautzenberg KHW, Zegers MJ, Bleeker CP, Tan E, Vissers KCP, van Geffen GJ, et al: Unpredictable Injectate Spread of the Erector Spinae Plane Block in Human Cadavers. *Anesth Analg* 2019;129:e163–e166. DOI: 10.1213/ANE.0000000000004187
44. Ivanusic J, Konishi Y, Barrington MJ: A Cadaveric Study Investigating the Mechanism of Action of Erector Spinae Blockade. *Reg Anesth Pain Med* 2018;43:567–571. DOI: 10.1097/aap.0000000000000789
45. Vidal E, Gimenez H, Forero M, Fajardo M: Erector spinae plane block: A cadaver study to determine its mechanism of action. *Rev Esp Anestesiol Reanim* 2018;65:514–519. DOI: 10.1016/j.redar.2018.07.004
46. Forero M, Adhikary SD, Lopez H, Tsui C, Chin KJ: The Erector Spinae Plane Block: A Novel Analgesic Technique in Thoracic Neuropathic Pain. *Reg Anesth Pain Med* 2016;41:621–627. DOI: 10.1097/aap.0000000000000451
47. Schwartzmann A, Peng P, Maciel MA, Alcarraz P, Gonzalez X, Forero M: A magnetic resonance imaging study of local anesthetic spread in patients receiving an erector spinae plane block. *Can J Anaesth* 2020;67:942–948. DOI: 10.1007/s12630-020-01613-8
48. De Cassai A, Geraldini F, Carere A, Sergi M, Munari M: Complications Rate Estimation After Thoracic Erector Spinae Plane Block. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2021;35:3142–3143. DOI: 10.1053/j.jvca.2021.02.043
49. Macfarlane AJR, Gitman M, Bornstein KJ, El-Boghdadly K, Weinberg G: Updates in our understanding of local anaesthetic systemic toxicity: a narrative review. *Anaesthesia* 2021;76 Suppl 1:27–39. DOI: 10.1111/anae.15282
50. Toscano A, Capuano P, Galata M, Tazzi I, Rinaldi M, Brazzi L: Safety of Ultrasound-Guided Serratus Anterior and Erector Spinae Fascial Plane Blocks: A Retrospective Analysis in Patients Undergoing Cardiac Surgery While Receiving Anticoagulant and Antiplatelet Drugs. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2022;36:483–488. DOI: 10.1053/j.jvca.2021.05.037.

Korrespondenz- adresse



**Dr. med.
Anna Flo Forner**

Abteilung für Anästhesiologie und
Intensivmedizin, Herzzentrum
Leipzig GmbH,
Strümpellstraße 39
04289 Leipzig, Deutschland
Tel.: 0341 865254021
E-Mail:
Anna.FloForner@helios-gesundheit.de
ORCID-ID: 0000-0002-3240-2763